

Α. Ασημακόπουλος

Κ. Διακουμάκος

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ



Γ' ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Συγκολλήσεις

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Αντώνης Ασημακόπουλος, Τεχνολόγος Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος, πτυχιούχος Πανεπιστημίου Bradford,
Επίτιμος Σχολικός Σύμβουλος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
Κωνσταντίνος Διακουμάκος, Μηχανολόγος-Ηλεκτρολόγος Ε.Μ.Π.

ΚΡΙΤΕΣ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Αθανάσιος Κονταξής, Σχολικός Σύμβουλος κλάδου ΠΕ12, Μηχανολόγος Μηχανικός
Αθανάσιος Νικητάκης, Τεχνολόγος Μηχανολόγος κλάδου ΠΕ17
Ροζάκος Νικόλαος, Μηχανολόγος Μηχανικός

Μανίκας Θωμάς, Τεχνολόγος Μηχανολόγος κλάδου ΠΕ17, υπεύθυνος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

ΓΛΩΣΣΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΑ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ

Ναστούλης Κωνσταντίνος, Φιλολόγος

Εξώφυλλο: Ηλεκτροσυγκόλληση TIG

ΑΤΕΛΙΕ:
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΕΣ ΕΠΕ

Ενέργεια 2.3.2. «Ανάπτυξη των Τ.Ε.Ε. και Σ.Ε.Κ.»

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Μιχάλης Αγ. Παπαδόπουλος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ.

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Έργο: «Εκπόνηση βιβλίων, ντοσιέ και τετραδίων εργασίας και προγραμμάτων σπουδών της Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης Τ.Ε.Ε.»

– Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου

Σωτήριος Γκλαβάς

Αντιπρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

– Υπεύθυνος του Μηχανολογικού Τομέα

Ολύμπιος Ε. Δαφέρμος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Συντονιστική Επιτροπή του Έργου:

- **Βούτσινος Γεώργιος**, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Επιστημονικός Υπεύθυνος του έργου έως 21/4/2004
- **Γκιζελή Βίκα**, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Γκλαβάς Σωτήριος**, Αντιπρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Καφετζόπουλος Κωνσταντίνος**, Πάρεδρος με θητεία Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Στάπα Ματίνα**, Πάρεδρος με θητεία Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- **Καβαλάρη Παναγιώτα**, Εκπ/κος Α/θμιας Εκπ/σης, αποσπ. στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
- **Μεργκούνη Καλλιόπη**, Εκπ/κος Β/θμιας Εκπ/σης, αποσπ. στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας
Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Α. Ασημακόπουλος, Κ. Διακουμάκος

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Συγκολλήσεις

Γ΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

**Ειδικότητα: Τεχνικός Μηχανολογικών
Εγκαταστάσεων και Κατασκευών**

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 0-1. Γενικά, 15
- 0-2. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις, 15
- 0-3. Το αυτοκίνητο και οι συγκολλήσεις, 17
- 0-4. Η ασφάλεια στην εργασία, 19

1. ΜΕΤΑΛΛΑ – ΚΡΑΜΑΤΑ

- 1-1. Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων, 22
- 1-2. Η δομή των μετάλλων, 23
- 1-3. Ο μεταλλικός δεσμός, 23
- 1-4. Η κοκκώδης δομή των μετάλλων, 23
- 1-5. Η επίδραση της κοκκώδους δομής στις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων, 25
- 1-6. Η επίδραση της συγκόλλησης στην κοκκώδη δομή των μετάλλων και στην αλλαγή των μηχανικών ιδιοτήτων τους, 25
- 1-7. Η σημασία των προσμίξεων, 27
- 1-8. Τα μέταλλα, 27
- 1-9. Ο σίδηρος και οι χάλυβες, 28
- 1-10. Οι ανθρακούχοι χάλυβες, 29
- 1-11. Η συγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων, 30
- 1-12. Η δημιουργία φουσαλίδων κατά τη συγκόλληση, 31
- 1-13. Η γήρανση των ανθρακούχων χαλύβων, 32
- 1-14. Οι κραματούχοι χάλυβες, 32
- 1-15. Η συγκόλληση των κραματούχων χαλύβων, 34
- 1-16. Οι χυτοσίδηροι, 35
- 1-17. Η συγκόλληση των χυτοσιδήρων, 36
- 1-18. Μη σιδηρούχα κράματα, 36
- 1-19. Οι ονομασίες και η τυποποίηση των χαλύβων, 37
- 1-20. Οι ονομασίες των κραμάτων αλουμινίου και χαλκού, 39

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 41

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 42

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 43

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 44

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 45

ΑΣΚΗΣΗ 1-1, 45

Αναγνώριση διαφόρων μετάλλων και χρήση των καταλόγων

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

- 2-1. Γενικά, 50
- 2-2. Είδη συγκολλήσεων, 52
- 2-3. Αυτογενείς συγκολλήσεις, 55

- 2-4. Ετερογενείς συγκολλήσεις, 57
- 2-5. Συγκολλήσεις πίεσης, 58
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 60
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 61
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΗΣ, 61
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 62
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 62
- ΑΣΚΗΣΗ 2-1, 62

Αναγνώριση των διαφόρων ειδών συγκολλήσεως

3. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΚΡΩΝ

- 3-1. Γενικά για την προετοιμασία των άκρων που θα συγκολληθούν, 66
- 3-2. Οι εσωραφές ή βυθισμένες ραφές, 68
- 3-3. Οι εξωραφές ή γωνιακές ραφές, 71
- 3-4. Μετωπικές ή παράλληλες συναρμογές άκρων, 73
- 3-5. Συναρμογές με επικάλυψη των άκρων, 74
- 3-6. Συναρμογές μορφής, 74
- 3-7. Συναρμογές ειδικών περιπτώσεων, 76
- 3-8. Κριτήρια επιλογής του είδους της συγκόλλησης, 77
- 3-9. Ο συμβολισμός των συγκολλήσεων, 80
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 86
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 87
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 88
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 89
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 89
- ΑΣΚΗΣΗ 3-1, 89

Τεχνικά χαρακτηριστικά συγκολλήσεων

4. ΜΑΛΑΚΕΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

- 4-1. Γενικά για τις ετερογενείς συγκολλήσεις, 92
- 4-2. Μαλακές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων, 93
- 4-3. Υλικά καθαρισμού των μαλακών συγκολλήσεων, 96
- 4-4. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις, 98
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 100
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ, 101
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 101
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 102
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 103
- ΑΣΚΗΣΗ 4-1, 103

Συγκόλληση ελασμάτων με κασσιτεροκόλληση

ΑΣΚΗΣΗ 4-2, 106

Μαλακή συγκόλληση χαλκοσωλήνων με κασσιτεροκόλληση

ΑΣΚΗΣΗ 4-3, 108

Επισκευή πόρτας αυτοκινήτου με χρήση κασσιτεροκόλλησης

5. ΣΚΛΗΡΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- 5-1. Γενικά, 112
- 5-2. Υλικά καθαρισμού των σκληρών συγκολλήσεων, 114
- 5-3. Η συσκευή οξυγονοασετιλίνης, 116
- 5-4. Εργαλεία και εξοπλισμός εργασίας του οξυγονοκολλητή, 124
- 5-5. Προβλήματα κατά τη χρήση της συσκευής O-A, 124
- 5-6. Μερικές αξιοσημείωτες παρατηρήσεις για τις οξυγονοσυγκολλήσεις και τις εφαρμογές τους, 125
- 5-7. Ελαττώματα οξυγονοκολλήσεων, 127
- 5-8. Κοπή με φλόγα οξυγονοασετιλίνης, 128
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 133
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ, 135
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 135
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 137
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 138
- ΑΣΚΗΣΗ 5-1, 138
 - Το άναμμα και το σβήσιμο της συσκευής O-A*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-2, 142
 - Δημιουργία γραμμών τήξης σε μεταλλική επιφάνεια με τη χρήση φλόγας O-A*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-3, 144
 - Επίστρωση συγκολλητικού υλικού (κόλλησης) σε μεταλλικό τεμάχιο*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-4, 147
 - Αυτογενής σκληρή συγκόλληση δυο μεταλλικών τεμαχίων με ραφή τύπου (I)*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-5, 150
 - Σύνδεση τεμαχίων σε θέση (T) με εξωραφή*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-6, 152
 - Σύνδεση δυο τεμαχίων με εξωραφή (γωνιακή) σε οριζόντια θέση*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-7, 154
 - Σύνδεση μεταλλικών τεμαχίων με επικάλυψη των άκρων τους και χρήση μπρουντζοκόλλησης*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-8, 157
 - Επισκευή τρυπημένου από διάβρωση μικρού τμήματος λαμαρίνας αυτοκινήτου*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-9, 159
 - Αντικατάσταση του μπροστινού φτερού ενός αυτοκινήτου*
- ΑΣΚΗΣΗ 5-10, 162
 - Οξυγονοκοπή με οξυγονοκόφτη χειρός*

6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ

- 6-1. Βασικές αρχές της συγκόλλησης τόξου, 166
- 6-2. Η προσθήκη υλικού στο σημείο συγκόλλησης, 167
- 6-3. Η προστασία της ηλεκτροσυγκόλλησης από την ατμόσφαιρα, 168
- 6-4. Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου, 170
- 6-5. MMA - Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια, 171
- 6-6. MIG/MAG - Συγκόλληση με συμπαγές σύρμα, 173
- 6-7. FCAW - Συγκόλληση με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα, 175

- 6-8. TIG – Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο, 176
- 6-9. SAW - Συγκόλληση βυθισμένου τόξου, 178
- 6-10. PAW – Ηλεκτροσυγκόλληση πλάσματος, 179
- 6-11. Οι χρησιμοποιούμενες μορφές του ηλεκτρικού ρεύματος, 180
- 6-12. Πότε χρησιμοποιείται η κάθε μορφή ηλεκτρικού ρεύματος, 181
- 6-13. Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, 182
- 6-14. Η σύνδεση με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης, 187
- 6-15. Τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση, 189
- 6-16. Οι κίνδυνοι και τα μέτρα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή, 189
- 6-17. Η προστασία της όρασης και του προσώπου με τη μάσκα, 192
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 198
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 199
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 200
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 201
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 202
- ΑΣΚΗΣΗ 6-1, 202
- Αναγνώριση του είδους των συγκολλήσεων*
- ΑΣΚΗΣΗ 6-2, 205
- Εξοικείωση με τον εξοπλισμό των ηλεκτροσυγκολλήσεων*
- ΑΣΚΗΣΗ 6-3, 208
- Η χρήση του εξοπλισμού προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή*

7. ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- 7-1. Η προετοιμασία των άκρων των τεμαχίων, 212
- 7-2. Οι τεχνικές έναυσης και διατήρησης του τόξου, 213
- 7-3. Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης, 214
- 7-4. Τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, 216
- 7-5. Το φύσημα του τόξου, 216
- 7-6. Θερμικές παραμορφώσεις, 220
- 7-7. Οι ρηγματώσεις, 224
- 7-8. Η αντιμετώπιση ρηγματώσεων που δεν οφείλονται στο υδρογόνο, 225
- 7-9. Ο ρόλος του υδρογόνου στις ρηγματώσεις, 225
- 7-10. Η πρόληψη των ρηγματώσεων εξ αιτίας του υδρογόνου, 226
- 7-11. Η παρουσία πόρων και λοιπών ελαττωμάτων, 227
- 7-12. Η προθέρμανση, 228
- 7-13. Ο ποιοτικός έλεγχος της ηλεκτροσυγκόλλησης, 228
- 7-14. Η αποδοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης μετά από τον έλεγχο, 229
- 7-15. Η οπτική επιθεώρηση, 229
- 7-16. Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές, 230
- 7-17. Οι καταστρεπτικές δοκιμές, 231
- 7-18. Το φύλλο του ποιοτικού ελέγχου, 233
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 233
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 234
- ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 234
- ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 236

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 237

ΑΣΚΗΣΗ 7-1, 237

Έναυση και διατήρηση του τόξου

ΑΣΚΗΣΗ 7-2, 239

Εξοικείωση με τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης

ΑΣΚΗΣΗ 7-3, 241

Αλλαγή σε περισσότερες από μία παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης

ΑΣΚΗΣΗ 7-4, 243

Αντιμετώπιση μαγνητικού φυσήματος τόξου

ΑΣΚΗΣΗ 7-5, 245

Εκτέλεση συγκόλλησης και ποιοτικός έλεγχος

8. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΜΑ

8-1. Οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης, 248

8-2. Η προετοιμασία των άκρων, 251

8-3. Οι τρόποι κοπής και προετοιμασίας των προς συγκόλληση άκρων, 253

8-4. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επενδυμένων ηλεκτροδίων, 259

8-5. Τι σημαίνει ο όρος τυποποίηση – Τι είναι τα πρότυπα, 259

8-6. Τι προβλέπεται για την τυποποίηση των ηλεκτροδίων, 260

8-7. Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων των ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων, 261

8-8. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-B, 262

8-9. Ας κάνουμε τα πράγματα πιο απλά, 264

8-10. Παραδείγματα επιλογής κατάλληλου ηλεκτροδίου, 266

8-11. Ηλεκτρόδια ελαφρά κραματικού χάλυβα κατά ISO-2560-B, 268

8-12. Ένα πλήρες παράδειγμα της τυποποίησης κατά ISO-2560-B, 269

8-13. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-A, 269

8-14. Ανοξείδωτα ηλεκτρόδια, 271

8-15. Ηλεκτρόδια αλουμινίου, 273

8-16. Ηλεκτρόδια χυτοσιδήρου, 273

8-17. Η εκτέλεση καλών συγκολλήσεων με επενδυμένα ηλεκτρόδια, 274

8-18. Συγκολλήσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης ή ρουτιλίου, 276

8-19. Οι συγκολλήσεις με βασικά ηλεκτρόδια, 279

8-20. Η διατήρηση των ηλεκτροδίων, 280

8-21. Η συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων, 282

8-22. Οι συγκολλήσεις αλουμινίου, 283

8-23. Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου, 284

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 287

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 288

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 289

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 290

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 291

ΑΣΚΗΣΗ 8-1, 291

Κοπή και γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα

ΑΣΚΗΣΗ 8-2, 293

Η χρήση των ηλεκτροδίων κυτταρίνης

ΑΣΚΗΣΗ 8-3, 295

Συγκόλληση με προετοιμασία των άκρων και εξάσκηση με το ηλεκτρόδιο 4311

ΑΣΚΗΣΗ 8-4, 297

Εκτέλεση συγκόλλησης με βασικά ηλεκτρόδια

ΑΣΚΗΣΗ 8-5, 299

Εκτέλεση συγκόλλησης με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

ΑΣΚΗΣΗ 8-6, 301

Εκτέλεση συγκόλλησης με ηλεκτρόδια αλουμινίου

ΑΣΚΗΣΗ 8-7, 303

Εκτέλεση κατασκευής από ελάσματα που θα συνδεθούν με πονταρίσματα

ΑΣΚΗΣΗ 8-8, 306

Ηλεκτροσυγκόλληση σε διάφορες θέσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και βασικά

ΑΣΚΗΣΗ 8-9, 308

Επισκευή τεμαχίου μετά από ποιοτικό έλεγχο

ΑΣΚΗΣΗ 8-10, 310

Συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα με προετοιμασία των άκρων με συσκευή πλάσματος

9. ΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΕΡΙΩΝ

9-1. Τα προστατευτικά αέρια, 314

9-2. Η επίδραση του CO₂ και του οξυγόνου, 316

9-3. Ο συμβολισμός και οι εφαρμογές των προστατευτικών αερίων, 317

9-4. Τα σύρματα και οι ράβδοι ηλεκτροσυγκόλλησης, 318

9-5. Τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου, 320

9-6. Γενικά για την ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG, 321

9-7. Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης στην MIG/MAG, 322

9-8. Τα είδη του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης κατά την MIG/MAG, 324

9-9. Η μεταφορά του υλικού από το σύρμα στο μέταλλο βάσης με ρεύμα DC+, 324

9-10. Η ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG με παλμορεύματα, 327

9-11. Πρακτικές οδηγίες για την επιτυχία των ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG, 329

9-12. Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων με MIG/MAG, 330

9-13. Η ηλεκτροσυγκόλληση του αλουμινίου με MIG, 331

9-14. Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG, 333

9-15. Η τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων με TIG, 335

9-16. Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG, 337

9-17. Η τυποποίηση των συμπαγών συρμάτων και των ράβδων κατά AWS, 341

9-18. Η τυποποίηση των συμπαγών συρμάτων και των ράβδων κατά ISO και κατά EN, 344

9-19. Η ηλεκτροσυγκόλληση FCAW, 347

9-20. Τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων της FCAW κατά AWS, 349

9-21. Η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων κατά EN, 351

9-22. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι τύποι συρμάτων και ράβδων στις συνήθεις εφαρμογές, 353

9-23. Η χρήση των μηχανών-ρομπότ στην ηλεκτροσυγκόλληση, 354
ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 357
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 358
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 359
ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 360
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 361
ΑΣΚΗΣΗ 9-1, 362
Αλλαγή σύρματος σε μηχανή MIG
ΑΣΚΗΣΗ 9-2, 364
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου
ΑΣΚΗΣΗ 9-3, 366
Ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης με MIG/MAG και FCAW
ΑΣΚΗΣΗ 9-4, 368
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG λαμαρινών πάχους $\geq 1 \text{ mm}$
ΑΣΚΗΣΗ 9-5, 370
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG λαμαρινών πάχους $< 1 \text{ mm}$
ΑΣΚΗΣΗ 9-6, 372
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG σε διάφορες θέσεις
ΑΣΚΗΣΗ 9-7, 374
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG σε διάφορες τάσεις
ΑΣΚΗΣΗ 9-8, 376
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG ανοξείδωτου χάλυβα
ΑΣΚΗΣΗ 9-9, 378
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG σε αλουμίνιο
ΑΣΚΗΣΗ 9-10, 380
Εξάσκηση στην ηλεκτροσυγκόλληση TIG

10. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ - ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

10-1. Αρχές λειτουργίας, 384
10-2. Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία, 385
10-3. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής, 387
10-4. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα, 390
10-5. Άλλες μέθοδοι συγκόλλησης, 391
ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 395
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 396
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 396
ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 397
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 397
ΑΣΚΗΣΗ 10-1, 397
Συγκόλληση ελασμάτων με μηχανή αντίστασης κατά σημεία (ηλεκτροπόντα)
ΑΣΚΗΣΗ 10-2, 399
Συγκόλληση ελασμάτων αμαξώματος αυτοκινήτου με ηλεκτροπόντα.

11. ΑΝΑΓΟΜΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥ

11-1. Γενικά για τις αναγομώσεις μεταλλικών επιφανειών, 402

11-2. Μέθοδοι αναγόμωσης, 403

11-3. Αναγόμωση με χρήση σκληρών κολλήσεων, 403

11-4. Αναγόμωση φθαρμένων εξαρτημάτων με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης, 404

11-5. Μέθοδος αναγόμωσης με ηλεκτρόδιο και σύρματα, 406

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, 408

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, 409

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, 409

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, 410

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ, 411

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α», Πίνακες τεχνικών άρθρων από τις σελίδες του internet, 413

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β», Πίνακες προτύπων ISO και EN, 415

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ ΠΟΥ ΧΟΡΗΓΗΣΑΝ ΑΔΕΙΕΣ ΑΝΑΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ, ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΤΛ., 418

ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Προσοχή στην ασφάλεια. Το ατύχημα παραμονεύει παντού, ακόμη και σε χώρους που εργάζονται έμπειροι τεχνικοί. Ο χώρος ενός εργαστηρίου είναι πρόσφορος για ατυχήματα, ιδίως μάλιστα αν λάβουμε υπ' όψη και την έλλειψη πρακτικής πείρας από τη μεριά των μαθητών. Θα πρέπει ο καθηγητής και οι μαθητές να είναι πολύ προσεκτικοί και να μη διακινδυνεύουν καθόλου την ασφάλεια των μαθητών.

Προτιμήστε να εφοδιαστείτε με λιγότερο εξοπλισμό άσκησης αλλά με περισσότερο εξοπλισμό ασφαλείας. Επίσης, θα πρέπει να γίνεται βίωμα στους μαθητές ότι η ασφάλεια είναι πάνω από όλα. Κάθε υλική ζημιά αποκαθίσταται, η βλάβη όμως που θα γίνει σε άνθρωπο είναι επώδυνη και μπορεί να μην αποκαθίσταται.

Μερικά από τα στοιχειώδη μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται είναι:

- Να υπάρχουν προφυλακτήρες στα κινούμενα μέρη των μηχανημάτων.
- Να φοράνε οι μαθητές γάντια προστασίας, όταν εκτελούνται εργασίες με λαμαρίνες ή με άλλα κοφτερά αντικείμενα.
- Να υπάρχουν τα ειδικά γυαλιά για προστασία των ματιών από γρέζια, σκόνη κτλ..
- Οι φιάλες αερίων (οξυγόνου, προπανίου, ασετιλίνης) να είναι εφοδιασμένες με βαλβίδες προστασίας έναντι φλογεπιστροφής.
- Να γίνεται τακτικός καθαρισμός των δαπέδων από λάδια, γράσα κτλ., ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να γλιστρήσει κάποιος.
- Να είναι στεγνά τα δάπεδα για τον περιορισμό του κινδύνου ηλεκτροπληξίας.
- Να υπάρχει ρελέ διαφυγής (αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης) στον ηλεκτρικό πίνακα του εργαστηρίου.
- Να υπάρχει καλή γείωση στον ηλεκτρικό πίνακα και όλες οι πρίζες να είναι σούκο με γείωση.
- Να ελέγχεται η αντίσταση της γείωσης τουλάχιστον μία φορά το χρόνο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0-1. Γενικά

Σκοπός του σχολικού αυτού βιβλίου είναι να δώσει στους μαθητές τις απαραίτητες θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις σχετικά με τις συγκολλήσεις των μετάλλων και να τους εξοικειώσει με τα διάφορα είδη συγκολλήσεων.

Το βιβλίο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε ασχολείται με τις συγκολλήσεις και όχι μόνο από τους τεχνίτες αμαξωμάτων.

Η προσαρμογή σ' αυτή την ειδικότητα συνίσταται κυρίως στο ότι προστέθηκαν και εργαστηριακές ασκήσεις, προσαρμοσμένες στα αμαξώματα. Κατά τα λοιπά παρέχει τις ίδιες βασικές τεχνικές γνώσεις που θα χρειαζόταν και ένας συγκολλητής.

0-2. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις

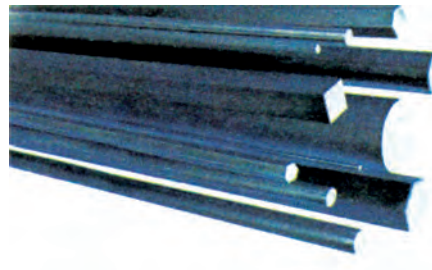
Τα είδη των υλικών που συναντώνται στην τεχνολογία των συγκολλήσεων είναι ελάχιστα και κυρίως εντάσσονται σε μία από τα εξής τρεις κατηγορίες:

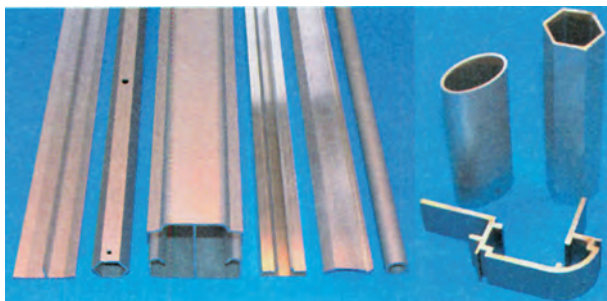
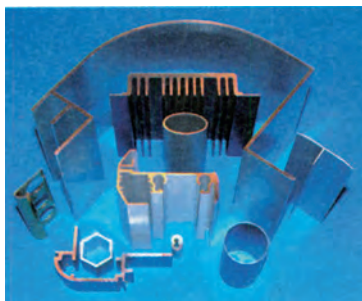
- Ο σίδηρος και τα προϊόντα του (χάλυβες, χυτοσίδηρος)
- Το αλουμίνιο και τα κράματά του
- Ο χαλκός και τα κράματά του

Τα υλικά αυτά τα συναντάμε, ως πρώτη ύλη για τις κατασκευές, με τη μορφή λαμαρινών (σε διάφορα πάχη) και με τη μορφή προφίλ. Στις επόμενες εικόνες φαίνονται προφίλ που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές για κάθε μία από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες. Συγκεκριμένα στο (0.1) φαίνονται διάφορες μορφές προφίλ από σίδηρο (μορφοσίδηρος), στο (0.2) από αλουμίνιο και στο (0.3) από χαλκό.



Σχήμα (0.1): Προφίλ από σίδηρο (μορφοσίδηρος)





Σχήμα (0.2): Προφίλ αλουμινίου

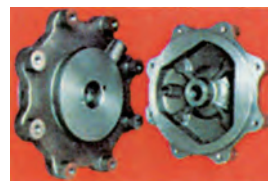


Σχήμα (0.3): Χάλκινοι σωλήνες, ράβδοι και προφίλ

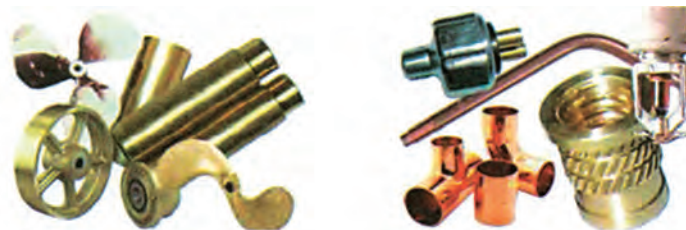
Επίσης, τα παραπάνω υλικά, χρησιμοποιούνται και για την κατασκευή χυτών ή πρεσσαριστών αντικειμένων, τα οποία στη συνέχεια, υφίστανται, συνήθως και κάποια μηχανουργική κατεργασία. Στις εικόνες (0.4), (0.5) και (0.6), φαίνονται αντικείμενα κατασκευασμένα από τα παραπάνω υλικά.



Σχήμα (0.4): Χαλύβδινα χυτά αντικείμενα (από χυτοχάλυβα)

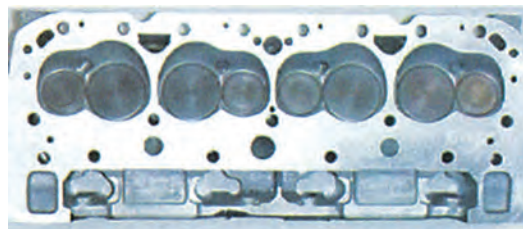
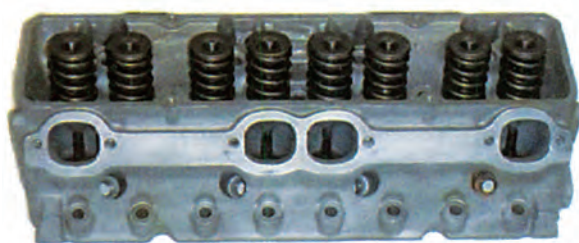


Σχήμα (0.5): Αντικείμενα από χυτοσίδηρο (μαντέμι)



Σχήμα (0.6): Αντικείμενα από χαλκό και από μπρούντζο

Στο χώρο της τεχνολογίας των αυτοκινήτων, χρησιμοποιούνται κυρίως τα προϊόντα του σιδήρου και του αλουμινίου. Αρκετά όμως μικρά εξαρτήματα στο αυτοκίνητο είναι από χαλκό ή από τα κράματα του. Οι λαμαρίνες είναι από χάλυβα, με τάση να αντικατασταθούν σταδιακά από λαμαρίνες αλουμινίου. Στη φωτογραφίες (0.7) και (0.8), βλέπουμε την κεφαλή των κυλίνδρων εμβολοφόρου κινητήρα, κατασκευασμένου αντίστοιχα από αλουμίνιο και από χυτοσίδηρο.



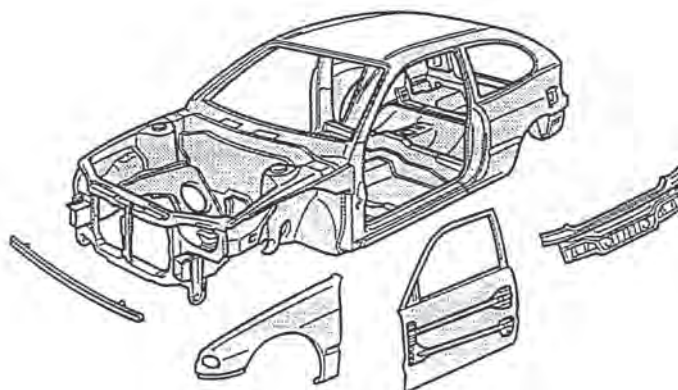
Σχήμα (0.7): Κεφαλή κυλίνδρων κινητήρα αυτοκινήτου, από αλουμίνιο



Σχήμα (0.8): Κεφαλή κυλίνδρων κινητήρα αυτοκινήτου, από χυτοσίδηρο

0-3. Το αυτοκίνητο και οι συγκολλήσεις

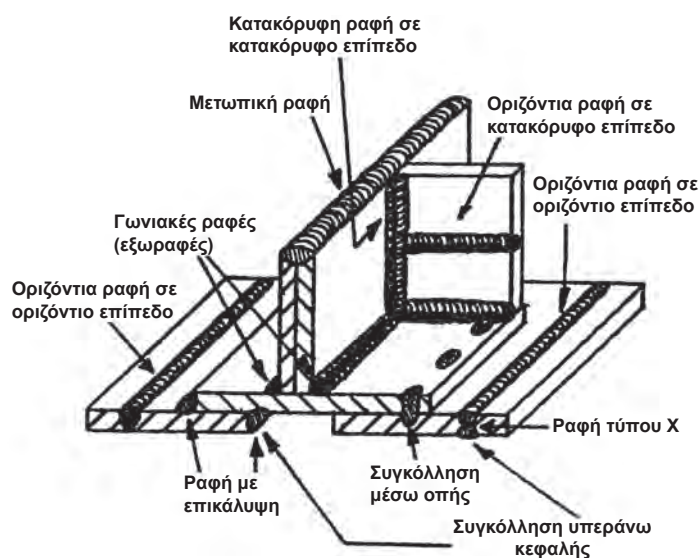
Στην κατασκευή των αμαξωμάτων συναντούμε σχεδόν όλων των τύπων τις συγκολλήσεις (εσωραφές, γωνιακές ραφές, οριζόντιες, κάθετες, ουρανού κτλ.) και επομένως ο τεχνίτης αμαξωμάτων θα πρέπει να εξοικειωθεί με όλες τις μεθόδους και τους τρόπους συγκόλλησης (μαλακές, οξυγονοκολλήσεις, ηλεκτροσυγκολλήσεις με επενδυμένα ηλεκτρόδια, MIG/MAG, TIG κτλ.).



Σχήμα (0.9): Αμάξωμα αυτοκινήτου του οποίου τα περισσότερα εξαρτήματα είναι συγκολλητά

Έχει γίνει προσπάθεια να καλυφθούν, κατά το δυνατόν, τα θέματα που αναφέρονται σε συγκολλήσεις πάνω στο αυτοκίνητο, για να μπορούν οι μελλοντικοί επισκευαστές αμαξωμάτων να προσαρμοστούν σύντομα στις ανάγκες του συνεργείου που θα εργαστούν.

Το κάθε μοντέλο αυτοκινήτου αποτελείται από δεκάδες τεμάχια που έχουν διαμορφωθεί με τέτοια ακρίβεια, ώστε να ταιριάζουν απόλυτα μεταξύ τους. Η συναρμογή των περισσότερων τεμαχίων που αποτελούν το αμάξωμα πραγματοποιείται με συγκόλληση, επειδή η συγκόλληση ως μέσο συναρμογής μεταλλικών τεμαχίων περιορίζει αισθητά το κόστος της κατασκευής. Η εργοστασιακή παραγωγή των αμαξωμάτων γίνεται κυρίως με ρομποτικό τρόπο, που διακρίνεται από ακρίβεια και ελεγχόμενη ποιότητα.



Σχήμα (0.10): Τα είδη των συγκολλήσεων

Στις επισκευές των αμαξωμάτων αυτοκινήτων οι συγκολλήσεις των μεταλλικών τμημάτων, που χρειάζονται επισκευή ή αντικατάσταση, γίνονται με το χέρι, με διάφορες συγκολλητικές μεθόδους. Θα συναντήσουμε σ' αυτές όλων των ειδών τις συγκολλήσεις, από τις απλές κασσιτεροκολλήσεις που χρησιμοποιούνται στα γεμίσματα σκουριασμένων τμημάτων, μέχρι συγκολλήσεις που εκτελούνται σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίων (MIG/MAG, TIG κτλ.).

0-4. Η ασφάλεια στην εργασία

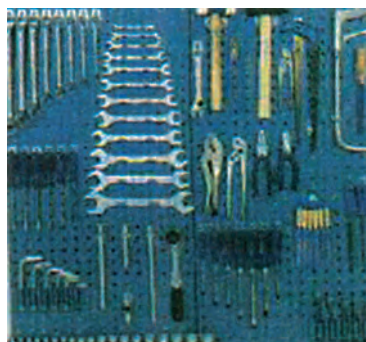
Το επάγγελμα του συγκολλητή είναι από τα πλέον εκτεθειμένα στον κίνδυνο των εργατικών ατυχημάτων. Και οι τεχνίτες αμαξωμάτων που ασχολούνται με τις συγκολλήσεις δεν είναι παρά εξειδικευμένοι συγκολλητές στον τομέα των αυτοκινήτων και υπόκεινται στους ίδιους κινδύνους.

Ο τεχνίτης πρέπει να εργάζεται σε ένα χώρο που να του εμπνέει ασφάλεια και σεβασμό. Η έλλειψη καθαριότητας, τα πεταμένα εργαλεία ή τα άχρηστα εξαρτήματα στο δάπεδο, σε συνδυασμό με την ακατάστατη τοποθέτηση των υπό επισκευή αυτοκινήτων στο χώρο ενός συνεργείου, αυξάνουν τις πιθανότητες ενός ατυχήματος και ανεβάζουν το κόστος της εργασίας.



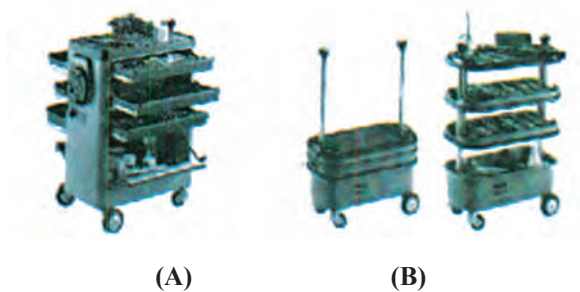
Σχήμα (0.11): Ο εσωτερικός και ο εξωτερικός χώρος ενός καλά οργανωμένου συνεργείου αυτοκινήτων

Ειδικότερα, στους χώρους που γίνονται συγκολλήσεις, η τάξη και η καθαριότητα παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ασφαλή χρήση των συσκευών συγκόλλησης. Η αταξία στους χώρους συγκόλλησης έγινε πολλές φορές αιτία σοβαρών ατυχημάτων και πυρκαγιών.



Σχήμα (0.12): Η τακτοποίηση και ο έλεγχος των εργαλείων μετά τη χρήση τους αποτελούν στοιχειώδη φροντίδα κάθε τεχνικού

Ποτέ μη διακινδυνεύετε την ασφάλειά σας και την υγεία σας, ενεργώντας επικίνδυνα ή αποφεύγοντας να εφαρμόζετε τα μέτρα ασφαλείας που απαιτεί η χρήση των συσκευών συγκόλλησης. Φοράτε πάντα τα μέσα ατομικής προστασίας του συγκολλητή (μάσκες, γυαλιά ποδιά κτλ.).



Σχήμα (0.13): Δύο διαφορετικοί τύποι κινητών εργαλειοφόρων για συνεργείο αυτοκινήτων

Να έχετε υπόψη σας ότι πάνω από το 85% των εργατικών ατυχημάτων οφείλεται σε περιφρόνηση ή παράλειψη των μέτρων ασφαλείας που απαιτεί η εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας. Γι' αυτό και στις ασκήσεις που περιλαμβάνονται στο τέλος του κάθε κεφαλαίου αναφέρονται πάντοτε τα μέτρα ασφαλείας που θα πρέπει να εφαρμόζονται.

ΜΕΤΑΛΛΑ - ΧΑΛΥΒΕΣ

- Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων
- Δομή των μετάλλων
- Ανθρακούχοι χάλυβες
- Κραματούχοι χάλυβες
- Χυτοσίδηρος
- Μη σιδηρούχα κράματα
- Τυποποίηση και ονομασία

1. ΜΕΤΑΛΛΑ - ΚΡΑΜΑΤΑ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αναφέρουν οι μαθητές τις φυσικές ιδιότητες των μετάλλων.
- Να κατανοήσουν πώς είναι κατασκευασμένα τα μέταλλα και να μπορούν να περιγράψουν τη δομή τους.
- Να αναγνωρίζουν τα είδη των χαλύβων και να είναι σε θέση να περιγράψουν τα βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Να διαβάζουν τους συμβολισμούς των κυριοτέρων μετάλλων και κραμάτων και από το συμβολισμό τους να περιγράψουν τα πλέον βασικά χαρακτηριστικά τους.

1-1. Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων

Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες. Αυτές είναι:

- Η μεταλλική λάμψη
- Η στερεά κατάσταση στις συνθήκες περιβάλλοντος πλην του υδραργύρου
- Το μεγάλο ειδικό βάρος
- Η υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα
- Η καλή μηχανική αντοχή

Επίσης:

- Μπορούν να πάρουν τη μορφή σύρματος ή ράβδου, δηλαδή είναι **όλκιμα** υλικά.
- Μπορούν να πάρουν τη μορφή ελασμάτων, δηλαδή είναι **ελατά** υλικά.
- Επηρεάζουν το μαγνητικό πεδίο. Η επιρροή στο μαγνητικό πεδίο είναι πολύ έντονη στο **σίδηρο**, στο **νικέλιο** και στο **κοβάλτιο**.

Οι παραπάνω ιδιότητες, μεμονωμένες, δεν αρκούν για να χαρακτηρίσουμε κάποιο υλικό ότι είναι μέταλλο. Π.χ.:

- Μεταλλική λάμψη παρουσιάζουν και αρκετά αμέταλλα (π.χ. αντιμόνιο).
- Καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορούμε να συναντήσουμε και σε πολλά ακόμη υλικά (π.χ. άνθρακας).

Κατά συνέπεια, για να χαρακτηρίσουμε κάποιο υλικό ως μέταλλο, θα πρέπει να δούμε αν έχει **όλες μαζί** τις ιδιότητες που προαναφέραμε.

Ο βαθμός που παρουσιάζει ένα μέταλλο την κάθε ιδιότητά του ποικίλλει. Π.χ.:

- Το αλουμίνιο μπορεί να λάβει μορφή λεπτών αλλά ανθεκτικών ελασμάτων, όπως είναι το γνωστό σε όλους αλουμινόχαρτο. Τα περισσότερα από τα άλλα μέταλλα δε διαμορφώνονται σε ελάσματα πάχους μικρότερου από 0,1 mm.
- Ο χαλκός παρουσιάζει 6,5 φορές μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα και 6 φορές μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από το σίδηρο.
- Το τιτάνιο παρουσιάζει τριπλάσια μηχανική αντοχή από το σίδηρο.

1-2. Η δομή των μετάλλων

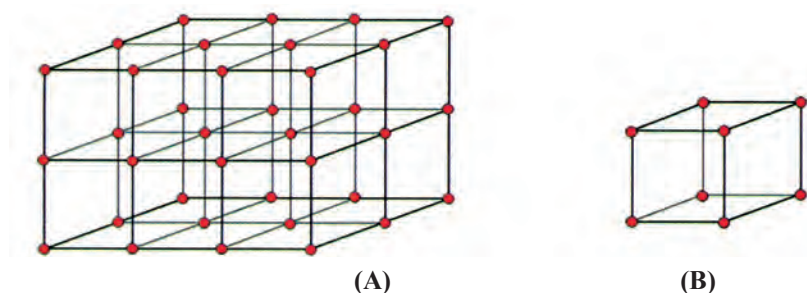
Η δομή των μετάλλων παρουσιάζει τις εξής δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες:

- Το μεταλλικό δεσμό
- Η μάζα τους αποτελείται από κόκκους κρυστάλλων

Στη συνέχεια αναπτύσσονται αυτά τα δύο χαρακτηριστικά της δομής των μετάλλων.

1-3. Ο μεταλλικός δεσμός

Στα μέταλλα, οι πυρήνες των ατόμων είναι διατεταγμένοι σε κανονικές πολυεδρικές μορφές, που ονομάζονται «κρυσταλλικά πλέγματα». Στο σχήμα (1.1) βλέπουμε μία απλή περίπτωση τέτοιας διάταξης. Οι μορφές αυτές ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του κάθε μετάλλου και τη θερμοκρασία του.



Σχήμα 1.1: Παράδειγμα διάταξης των ατόμων εντός των μετάλλων. (Α) Το κρυσταλλικό πλέγμα. (Β) Η κυψελίδα του κρυσταλλικού πλέγματος

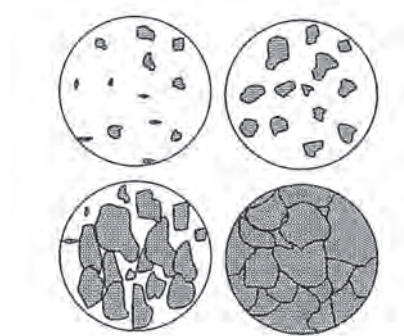
Το ερώτημα που τίθεται είναι «πού βρίσκονται τα ηλεκτρόνια;». Η απάντηση βρίσκεται σ' αυτό που αποκαλείται **μεταλλικός δεσμός**. Τα ηλεκτρόνια μπορούμε να τα φανταστούμε ως περιπλανώμενα ελεύθερα μέσα στη μάζα του μετάλλου και όχι γύρω από συγκεκριμένους πυρήνες, όπως γίνεται στους χημικούς δεσμούς. Υπάρχει δηλαδή ένα «νέφος ηλεκτρονίων» που μετακινείται εύκολα κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Για το λόγο αυτό τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

1-4. Η κοκκώδης δομή των μετάλλων

Η μάζα ενός μεταλλικού τεμαχίου αποτελείται από πολλούς κρυστάλλους που τους ονομάζουμε «κόκκους» και που στον κάθε ένα από αυτούς τα άτομα είναι διατεταγμένα με μία γεωμετρική μορφή, όπως αυτή που είδαμε στο σχήμα (1.1). Ο σχηματισμός των κόκκων οφείλεται στον τρόπο που παράγονται τα μέταλλα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στις διαδοχικές φάσεις του σχήματος (1.2).

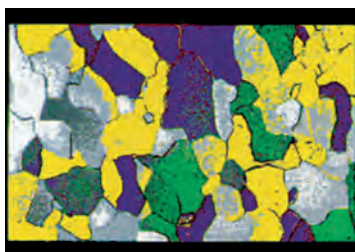
Στην αρχή το μέταλλο βρίσκεται σε υγρή μορφή, κάτω από υψηλή θερμοκρασία.

Ενώ η θερμοκρασία αρχίζει να ελαττώνεται, αρχίζει η στερεοποίηση. Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα φαίνονται στο σχήμα (1.2) και μπορούν να περιγραφούν ως εξής:



Σχήμα 1.2: Οι διαδοχικές φάσεις στερεοποίησης του μετάλλου και ο σχηματισμός των κόκκων

- Σε διάφορα σημεία της μάζας του ρευστού μετάλλου αρχίζει η στερεοποίηση. Εμφανίζονται οι πρώτοι μικροί κρύσταλλοι.
- Πάνω στους πρώτους κρυστάλλους προσκολλώνται συνεχώς νέα άτομα. Συγχρόνως εμφανίζονται και νέοι κρύσταλλοι.
- Όταν το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του μετάλλου έχει ενσωματωθεί στους κρυστάλλους, αυτοί θα αρχίσουν να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους.
- Όταν η θερμοκρασία ελαττωθεί κάτω από το σημείο πήξης, τότε όλη η μάζα του μετάλλου έχει στερεοποιηθεί και οι κόκκοι έχουν ενωθεί μεταξύ τους.



Σχήμα 1.3: Φωτογραφία από μικροσκόπιο στην οποία φαίνεται η κοκκώδης δομή των μετάλλων. Διακρίνονται σαφώς τα όρια των κόκκων. Οι χρωματισμοί οφείλονται στις τεχνικές που εφαρμόζονται κατά τη φωτογράφιση

Στα σημεία επαφής των κόκκων, η πολυεδρική διάταξη του σχήματος (1.1) έχει διαταραχθεί. Τα άτομα βρίσκουν τις θέσεις ισορροπίας τους αλλά με ακανόνιστες μορφές.

Η παραπάνω διαδικασία στερεοποίησης του μετάλλου καταλήγει σε μία δομή στην οποία έχουμε:

- Τους κόκκους του μετάλλου με την κανονική κρυσταλλική δομή τους
- Τις επιφάνειες που ενώνονται οι κόκκοι μεταξύ τους, οι οποίες αποτελούν περιοχές ακαταστασίας της κρυσταλλικής δομής.

Τους κόκκους μπορούμε να τους δούμε κάτω από μικροσκόπιο, αφού γίνει η κατάλληλη επεξεργασία στην επιφάνεια του μετάλλου. Στο σχήμα (1.3) φαίνεται μία φωτογραφία της κοκκώδους δομής ενός μετάλλου.

Η πρώτη εντύπωση, που ίσως σχηματίζεται στον αναγνώστη, είναι ότι η ανομοιομορφία στα όρια των κόκκων είναι ανεπιθύμητη. Αυτό όμως δεν είναι αληθές. Επιδιώκουμε ακριβώς το αντίθετο, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

1-5. Η επίδραση της κοκκώδους δομής στις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων

Ένα μέταλλο, που θα αποτελείτο από ένα και μοναδικό κρύσταλλο, θα έσπαγε πολύ εύκολα. Οι καλές μηχανικές ιδιότητες (αντοχή, ελαστικότητα) οφείλονται στην αντοχή που παρουσιάζουν τα σημεία που ενώνονται οι κόκκοι μεταξύ τους. Ο κανόνας που πρέπει να γνωρίζουμε είναι:

Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι ενός μεταλλικού τεμαχίου, τόσο καλύτερες είναι οι μηχανικές του ιδιότητες.

Το μέγεθος των κόκκων ποικίλλει. Για να δοθεί μία ιδέα για το μέγεθός τους, αναφέρουμε ότι η μέση διάμετρος στους χάλυβες κυμαίνεται **από 0,022 mm μέχρι 0,25 mm**. Οι χάλυβες με μέσο μέγεθος κόκκου μικρότερο **από 0,088 mm** ονομάζονται **λεπτόκοκκοι**, ενώ πάνω από αυτό το όριο ονομάζονται **χοντρόκοκκοι**.

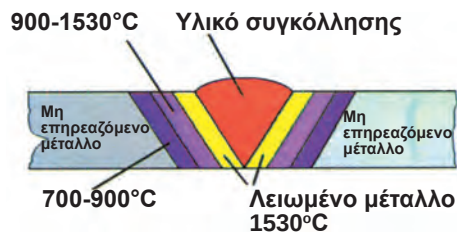
1-6. Η επίδραση της συγκόλλησης στην κοκκώδη δομή των μετάλλων και στην αλλαγή των μηχανικών ιδιοτήτων τους

Αν ένα μέταλλο θερμανθεί πάνω από μία ορισμένη θερμοκρασία, αρχίζει η ανακρυστάλλωσή του. Αυτή μπορεί, μετά την ψύξη, να οδηγήσει σε άλλη κρυσταλλική δομή και να αλλάξει τις ιδιότητες του μετάλλου. Η αλλαγή αυτή μπορεί να είναι προς το καλύτερο, όταν γίνεται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες. Όταν όμως γίνεται τυχαία, συνήθως, το αποτέλεσμα είναι η μείωση της αντοχής.

(α) Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ)

Η συγκόλληση των μετάλλων γίνεται σε **υψηλές θερμοκρασίες**. Κατά την ψύξη γίνεται ανακρυστάλλωση γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Η ζώνη επιρροής επεκτείνεται μέχρι το σημείο που η θερμοκρασία μειώνεται κάτω από ένα όριο που αποτελεί προϋπόθεση για την εμφάνιση της ανακρυστάλλωσης, όπως φαίνεται

στο σχήμα (1.4). Η περιοχή αυτή ονομάζεται **Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά** και συμβολίζεται ως **ΖΕΘ**.



Σχήμα 1.4: Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ) σε έναν ανθρακούχο χάλυβα. Στη ΖΕΘ η δομή του μετάλλου μεταβάλλεται από τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά τη συγκόλληση.

Το αποτέλεσμα είναι, σχεδόν πάντοτε, να έχουμε μείωση της αντοχής γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Ο κανόνας είναι:

Η αντοχή του μετάλλου στην ΖΕΘ συνήθως μειώνεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την αλλαγή της κρυσταλλικής δομής του.

(β) Ανόπτηση – Βαφή – Επαναφορά

Δύο βασικές έννοιες που έχουν σχέση με τη δημιουργία της κοκκώδους μορφής ενός μετάλλου είναι η **ανόπτηση** και η **βαφή**. Πρόκειται για δύο θερμικές κατεργασίες που συνήθως γίνονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Αλλά, κατά τη συγκόλληση, αυτές γίνονται άθελά μας και επηρεάζουν άμεσα τις μηχανικές ιδιότητες.

Ανόπτηση είναι η θέρμανση ενός μετάλλου σε μία θερμοκρασία τέτοια που να αρχίζει η ανακρυστάλλωσή του. Με την εφαρμογή ενός ελεγχόμενου ρυθμού ψύξης μπορούμε να έχουμε μέταλλο με την επιθυμητή κρυσταλλική δομή και το επιδιωκόμενο μέγεθος κόκκου.

Βαφή είναι η απότομη ψύξη του μετάλλου, η οποία, συνήθως, γίνεται όταν ρίχνουμε το μέταλλο σε νερό. Το αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει χρόνος για την ομαλή ανακρυστάλλωση και να προκύπτει μέταλλο **σκληρό**, αλλά συγχρόνως **εύθραυστο**. Όταν ο ηλεκτροσυγκολλητής, μετά τη συγκόλληση, **ρίχνει το καυτό τεμάχιο στο νερό, για να το ψύξει ταχύτερα, του προκαλεί βαφή**, δηλαδή το κάνει σκληρό και εύθραυστο.

Ένα μεταλλικό τεμάχιο που υπεβλήθη σε βαφή, αν υποστεί ανόπτηση, θα γίνει πάλι ελαστικό, αλλά θα χάσει τη σκληρότητά του. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **επαναφορά**.

1-7. Η σημασία των προσμίξεων

Η κρυσταλλική μορφή μέσα στον κάθε κόκκο διαταράσσεται εξ αιτίας ξένων προσμίξεων. Δεν υπάρχει τρόπος παραγωγής απόλυτα καθαρού μετάλλου. Τα άτομα των προσμίξεων εισέρχονται στην κρυσταλλική δομή των κόκκων και την ανατρέπουν. Συχνά, επίσης, δημιουργούν χημικές ενώσεις οι οποίες διασπείρονται μέσα στη μάζα του μετάλλου.

Σημαντική επισήμανση: Εδώ θα μπορούσε να δημιουργηθεί η εσφαλμένη εντύπωση ότι η παρουσία των προσμίξεων είναι ανεπιθύμητη. Αυτό όμως δεν είναι αληθές. Αν και υπάρχουν επιβλαβείς προσμίξεις, υπάρχουν και άλλες που είναι χρήσιμες και βελτιώνουν τις ιδιότητες των μετάλλων, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Με τη χρήση των κατάλληλων προσμίξεων, βελτιώνονται οι ιδιότητες των μετάλλων και προκύπτουν κράματα διαφορετικών μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων π.χ. παράγονται κράματα με μεγάλη μηχανική αντοχή ή με μεγάλη ελαστικότητα ή με αντοχή στην οξείδωση κτλ. Ο κανόνας είναι:

Οι ιδιότητες των μετάλλων και των κραμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις προσμίξεις τους.

Υπάρχουν όμως και ανεπιθύμητες προσμίξεις, οι οποίες ονομάζονται **ακαθαρσίες** και μειώνουν τη μηχανική αντοχή του μετάλλου.

1-8. Τα μέταλλα

Τα περισσότερα από τα 92 στοιχεία που συναντάμε στη φύση, μπορούν να χαρακτηριστούν μέταλλα. Ελάχιστα όμως από αυτά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές. Τα μέταλλα τα οποία έχουν ενδιαφέρον στις συγκολλήσεις, κατά σειρά σπουδαιότητας, κυρίως είναι τα εξής:

- Ο σίδηρος
- Το αλουμίνιο
- Ο χαλκός

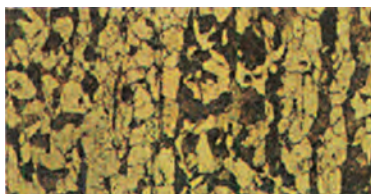
Αρκετά, ακόμη, μέταλλα, αλλά και ορισμένα αμέταλλα, συμμετέχουν υπό μορφή προσμίξεων, σε μικρά κυρίως ποσοστά, για τη διαμόρφωση κραμάτων με βελτιωμένες ιδιότητες (π.χ. με μεγάλη μηχανική αντοχή). Οι κυριότερες προσμίξεις που υπάρχουν στα κράματα είναι οι εξής:

- Στα κράματα σιδήρου: ο άνθρακας (C) και το πυρίτιο (Si) που είναι αμέταλλα, καθώς και τα μέταλλα χρώμιο (Cr) και νικέλιο (Ni).
- Στα κράματα αλουμινίου: Το πυρίτιο (Si), το μαγνήσιο (Mg) και ο χαλκός (Cu).
- Στα κράματα χαλκού: Ο ψευδάργυρος (Zn) και ο κασσίτερος (Sn).

Η περιεκτικότητα ενός στοιχείου συμβολίζεται για συντομία με το π. Π.χ. $\pi(C) = 0,12\%$, $\pi(Si) = 0,5\%$ κτλ.

1-9. Ο σίδηρος και οι χάλυβες

Τη μεγαλύτερη σημασία από όλα τα μέταλλα για τις τεχνικές κατασκευές την έχει ο σίδηρος. Ποτέ ο σίδηρος δε συναντάται αποκλειστικά μόνος, επειδή είναι δύσκολο να απομονωθεί πλήρως από τις προσμίξεις του και, ιδίως, από τον άνθρακα. Επίσης, χωρίς τον άνθρακα, ο σίδηρος έχει πολύ χαμηλή μηχανική αντοχή. Πάντοτε, το λιγότερο που θα συναντήσουμε, είναι μία, έστω και μικρή, προσθήκη άνθρακα, η οποία μεταβάλλει εντυπωσιακά τις ιδιότητες του μετάλλου, παρ' όλο που ως ποσοστό ακούγεται να είναι τελείως ασήμαντη, π.χ. 0,2%.



Σχήμα 1.5: Φωτογραφία από μικροσκόπιο στην οποία φαίνονται οι κόκκοι ανθρακούχου χάλυβα.

Ανάλογα με το είδος των βασικών προσμίξεων διακρίνουμε τις εξής ομάδες υλικών που έχουν ως βάση το σίδηρο:

- **Ανθρακούχοι χάλυβες:** Τα μέταλλα που αποτελούνται κυρίως από σίδηρο και άνθρακα με $\pi(C) \leq 2\%$, ονομάζονται **χάλυβες**. Συνήθως όμως $\pi(C) < 0,80\%$.
- **Κραματούχοι χάλυβες:** Στους χάλυβες μπορεί να έχουμε και μη σιδηρούχες προσμίξεις, κυρίως νικέλιο (Ni) και χρώμιο (Cr), οπότε έχουμε τους **κραματούχους ή κραματικούς χάλυβες**. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι ανοξείδωτοι χάλυβες.
- **Χυτοσίδηροι:** Έχουν μεγάλη περιεκτικότητα άνθρακα και συγκεκριμένα $\pi(C) = 3-4\%$.

Ως «σίδηρο» χαρακτηρίζεται το υλικό που έχει $\pi(C) \leq 0,008\%$, που ουσιαστικά σημαίνει σχεδόν πλήρης απουσία άνθρακα («σίδηρος» είναι το χημικό στοιχείο).

Με βάση τα παραπάνω, είναι σαφές ότι ο τεχνικός όρος «σίδηρο» δε θα έπρεπε να υπάρχει στην αγορά των υλικών. Θα έπρεπε να υπάρχει μόνο ο όρος χάλυβας. Όμως ο όρος «σίδηρο» συνυπάρχει με τον όρο «χάλυβας» και χρησιμοποιείται ευρέως μεταξύ των τεχνικών.

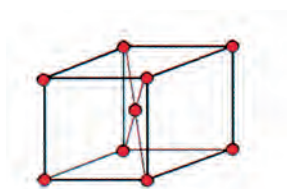
Ερώτηση: Τι υλικό είναι αυτό που στις τεχνικές κατασκευές έχει καθιερωθεί να ονομάζεται σίδηρος;

Απάντηση: Πρόκειται για χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (συνήθως $\pi(C) < 0,05\%$). Αυτοί έχουν **πολύ καλή συμπεριφορά κατά τη συγκόλλησή τους**.

1-10. Οι ανθρακούχοι χάλυβες

Οι ανθρακούχοι χάλυβες με $\pi(\text{C}) < 0,4\%$, είναι το πλέον σημαντικό υλικό στην τεχνολογία των συγκολλήσεων. Εκτός από τον άνθρακα περιέχουν και άλλες προσμίξεις που κυρίως είναι οι εξής:

- Οι ακαθαρσίες, όπως είναι το **θειό** (S), ο **φώσφορος** (P), το **άζωτο** (N), το **υδρογόνο** (H) και το **οξυγόνο** (O). Αυτές επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα των συγκολλήσεων. Οι ακαθαρσίες είναι υπεύθυνες για τη ρηγμάτωση των χαλύβων και ιδίως των συγκολλήσεων.
- Το **πυρίτιο** (Si): Σε ποσοστά 0,03-0,35% βελτιώνει τη συγκόλληση. Σε ποσοστά άνω του 1% τη δυσχεραίνει.
- Το **μαγγάνιο** (Mn): Συνήθως δεν υπερβαίνει το 1% και βελτιώνει τη συγκόλληση, επειδή **δεσμεύει το S**.

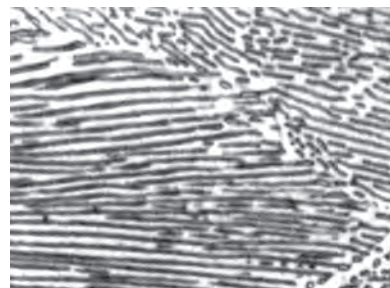


Σχήμα 1.6: Η κυψελίδα της κρυσταλλικής δομής του σιδήρου «α»

Στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η κρυσταλλική δομή των ανθρακούχων χαλύβων είναι όπως του σχήματος (1.6), δηλαδή έχουμε ένα άτομο στο κέντρο ενός κύβου και από ένα σε κάθε ακμή. Η μορφή αυτή ονομάζεται σίδηρος «α». Στους 20°C, η περιεκτικότητα του σιδήρου «α» σε άνθρακα δεν υπερβαίνει το 0,006%. Το συνδυασμό αυτό του σιδήρου «α» με τον άνθρακα τον ονομάζουμε **φερρίτη**.

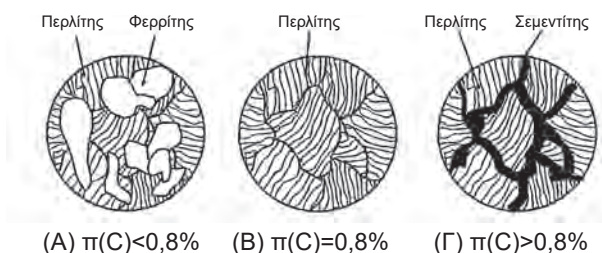
Η υπόλοιπη ποσότητα του άνθρακα είναι σε μορφή χημικής ένωσης με το σίδηρο (Fe_3C) η οποία ονομάζεται **σεμεντίτης**. Οι χημικές ενώσεις των μετάλλων με τον άνθρακα, όπως είναι ο σεμεντίτης, ονομάζονται **καρβίδια**. Ο σεμεντίτης είναι πολύ σκληρό και εύθραυστο υλικό.

Ο φερρίτης και ο σεμεντίτης βρίσκονται ανακατεμένοι μεταξύ τους. Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται **περλίτης**. Η μορφή του περλίτη, κάτω από μικροσκόπιο, είναι όπως στο σχήμα (1.7). Διακρίνουμε ταινίες από φερρίτη και ταινίες από σεμεντίτη. Οι ταινίες του φερρίτη είναι παχύτερες από του σεμεντίτη. Η περιεκτικότητα του περλίτη σε άνθρακα είναι 0,8%.



Σχήμα 1.7: Η μορφή των κόκκων του περλίτη. Οι μαύρες ταινίες είναι ο σεμεντίτης και οι λευκές ο φερρίτης.

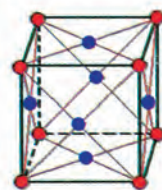
Οι ανθρακούχοι χάλυβες περιέχουν άνθρακα σε ποσοστό πολύ μικρότερο του 0,8%. Κατά συνέπεια, αποτελούνται από δύο ειδών κόκκους: του **φερρίτη** και του **περλίτη**. Τη μορφή αυτή τη βλέπουμε στο σχήμα (1.8), περίπτωση (Α). Όταν η περιεκτικότητα είναι ακριβώς 0,8% σε άνθρακα, τότε θα έχουμε αποκλειστικά κόκκους **περλίτη** και η μορφή θα είναι όπως η περίπτωση (Β). Όταν υπερβεί και το 0,8%, θα έχουμε κόκκους περλίτη που θα περιβάλλονται από σεμεντίτη, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Γ). Τότε έχουμε μία εύθραυστη αλλά σκληρή μορφή χάλυβα.



Σχήμα 1.8: Η μορφή των κόκκων των ανθρακούχων χάλυβων, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άνθρακα

1-11. Η συγκόλληση των ανθρακούχων χάλυβων

Μία κρίσιμη θερμοκρασία για όλους τους ανθρακούχους χάλυβες είναι οι 900°C. Στη θερμοκρασία αυτή ο φερρίτης λαμβάνει μία άλλη κρυσταλλική μορφή που ονομάζεται **ωστενίτης**, η οποία διατηρείται μέχρι τους 1530°C, όπου αρχίζει η τήξη. Η κρυσταλλική δομή ονομάζεται σίδηρος «γ» και φαίνεται στο σχήμα (1.9). Έχουμε ένα άτομο στο κέντρο κάθε πλευράς ενός κύβου και από ένα σε κάθε ακμή.



Σχήμα 1.9: Η μορφή των κόκκων σιδήρου - "γ"

Σε υψηλή θερμοκρασία διασπάται ο σεμεντίτης και απελευθερώνεται άνθρακας, ο οποίος ενσωματώνεται στον ωστενίτη. Ο ωστενίτης διαλύει μέχρι και 0,9% άνθρακα. Η μεγάλη αυτή διαλυτότητα οφείλεται στο γεγονός ότι τα άτομα του άνθρακα εισδύουν στον κενό χώρο, στο κέντρο του κύβου.

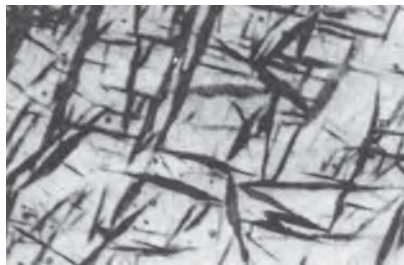
Στην περιοχή των θερμοκρασιών **700-900°C** έχουμε συνύπαρξη φερρίτη και ωστενίτη, δηλαδή κόκκους φερρίτη και κόκκους ωστενίτη. Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ), προφανώς είναι στην περιοχή **700-1530°C**¹.

1. Οι παραπάνω θερμοκρασίες των 700°C, 900°C και 1530°C είναι κατά προσέγγιση. Διαφέρουν λίγο από χάλυβα σε χάλυβα, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Κατά την ψύξη του χάλυβα στον αέρα, η κρυσταλλική δομή στη ΖΕΘ αρχίζει σταδιακά να αποκαθίσταται. Όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες της ΖΕΘ, μετά την ολοκλήρωση της ψύξης, ο κανόνας είναι:

Η αποκατάσταση των μηχανικών ιδιοτήτων στη ΖΕΘ, είναι σχεδόν πλήρης, όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα δεν υπερβαίνει το 0,2% και ο ρυθμός της ψύξης είναι αργός.

Όταν όμως η ταχύτητα ψύξης είναι μεγάλη, π.χ. όταν εμβαπτίζουμε το χάλυβα σε νερό για να κρυώσει γρήγορα, τότε προκαλείται βαφή. Ακόμη και αν ο χάλυβας έχει $\pi(C) < 0,2\%$, θα έχουμε αλλοίωση των ιδιοτήτων στη ΖΕΘ. Ο ωστενίτης δεν προλαβαίνει να μετασχηματιστεί σε κόκκους φερρίτη και κόκκους περλίτη και δημιουργείται μία δομή που ονομάζεται **μαρτενσίτης**. Οι κόκκοι του μαρτενσίτη είναι σκληροί και εύθραυστοι. Κάτω από μικροσκόπιο παρουσιάζονται σαν βελόνες, όπως φαίνεται στο σχήμα (1.10).



Σχήμα 1.10: Η μορφή των κόκκων του μαρτενσίτη

Όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα υπερβαίνει το 0,2%, τότε η αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ δεν είναι πλήρης. Όταν όμως έχουμε χάλυβα με $\pi(C) > 0,4\%$, τότε πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι:

Όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα υπερβαίνει το 0,4%, η συγκόλληση θεωρείται ανασφαλής.

Όμως και σ' αυτή την περίπτωση, οι μηχανικές ιδιότητες της ΖΕΘ, μετά τη συγκόλληση, μπορούν να αποκατασταθούν με κατάλληλες θερμικές επεξεργασίες.

1-12. Η δημιουργία φυσαλίδων κατά τη συγκόλληση

Μεταξύ των ακαθαρσιών του χάλυβα είναι το οξυγόνο και το άζωτο. Το οξυγόνο υπάρχει κυρίως υπό τη μορφή οξειδίου του σιδήρου.

Το οξυγόνο αντιδρά με τον άνθρακα και σχηματίζει CO_2 το οποίο συγκεντρώνεται με τη μορφή φυσαλίδων. Οι φυσαλίδες δημιουργούν αδύνατα σημεία στην

κατασκευή και μπορεί από αυτές να αρχίσει η θραύση. Το οξυγόνο απομακρύνεται, κατά την παραγωγή του χάλυβα, με την προσθήκη πυριτίου (Si) και μαγγανίου (Mn). Ο χάλυβας, στον οποίο έχει γίνει πλήρης απομάκρυνση του O_2 , ονομάζεται **καθησυχασμένος**, ενώ, αν έχει γίνει μερική απομάκρυνση, ονομάζεται **ημικαθησυχασμένος**. Οι χάλυβες με $\pi(C) > 0,15\%$ παράγονται, συνήθως, καθησυχασμένοι ή ημικαθησυχασμένοι.

Προβλήματα δημιουργίας φουσαλίδων δημιουργεί και το άζωτο που εξουδετερώνεται με την προσθήκη μικρής ποσότητας αλουμινίου (Al) σε ποσοστό 0,02-0,1%. Το άζωτο σχηματίζει σταθερές χημικές ενώσεις με το αλουμίνιο και, έτσι, δεσμεύεται και δεν προκαλεί προβλήματα. Οι χάλυβες, στους οποίους, εκτός από το οξυγόνο, έχει εξουδετερωθεί και το άζωτο, ονομάζονται **πλήρως καθησυχασμένοι**.

1-13. Η γήρανση των ανθρακούχων χαλύβων

Ένα άλλο φαινόμενο το οποίο παρατηρείται κατά τη συγκόλληση είναι η **γήρανση** που επηρεάζει τους χάλυβες με $\pi(C) < 0,15\%$. Οι χάλυβες αυτοί παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα. Κατά τη γήρανση, χάνουν την ελαστικότητά τους και γίνονται εύθραυστοι. Αυτό οφείλεται στο ότι ο σίδηρος αντιδρά με τον άνθρακα που βρίσκεται μέσα στο φερρίτη και δημιουργεί σεμεντίτη.

Το φαινόμενο συμβαίνει και σε χάλυβες με μεγαλύτερες περιεκτικότητες άνθρακα, δηλαδή σε χάλυβες που έχουν μικρότερη ελαστικότητα. Επειδή όμως οι χάλυβες με $\pi(C) > 0,15\%$ προορίζονται για εφαρμογές, που η ελαστικότητα έχει δευτερεύουσα σημασία, η γήρανση περνάει απαρατήρητη.

Η γήρανση λαμβάνει χώρα και κάτω από κανονικές συνθήκες, αλλά στις υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνεται. Έτσι, κατά τη συγκόλληση χαλύβων με $\pi(C) < 0,15\%$, παρ' όσον ότι αυτοί, όπως αναφέρθηκε, συγκολλούνται εύκολα, υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθεί γήρανση του χάλυβα.

Η γήρανση οφείλεται κυρίως στην περιεκτικότητα του χάλυβα σε άζωτο (N), η οποία πρέπει να είναι, κατά το δυνατόν, μικρότερη. Η εξουδετέρωση του αζώτου γίνεται με προσθήκη αλουμινίου (Al), όπως αναφέρθηκε.

Η παρουσία Al για την εξουδετέρωση του αζώτου, με αποκλειστικό σκοπό την αποφυγή της γήρανσης, δε σημαίνει ότι ο χάλυβας είναι καθησυχασμένος. Για να θεωρείται καθησυχασμένος, θα πρέπει να έχει εξουδετερωθεί το οξυγόνο. Συνήθως, οι χάλυβες με περιεκτικότητα C μέχρι 0,15% δεν κατασκευάζονται καθησυχασμένοι.

1-14. Οι κραματούχοι χάλυβες

Ο λόγος ύπαρξης των κραματούχων χαλύβων βρίσκεται στο ότι βελτιώνουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα, δηλαδή τη σκληρότητα, τη μηχανική αντοχή και την ελαστικότητα. Οι κραματούχοι χάλυβες διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Στους **ελαφρά κεκραμένους**, όταν το ποσοστό της βασικής πρόσμιξης είναι **κάτω του 5%**.
- Στους **ισχυρά κεκραμένους**, όταν το ποσοστό της βασικής πρόσμιξης είναι **τουλάχιστον 5%**.

Ορισμένες προσμίξεις, όπως το Ni και το Mn, όταν είναι σε μεγάλες περιεκτικότητες, γίνονται αιτία να διατηρείται η ωστενιτική δομή στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο ωστενίτης, σε αντίθεση με το φερρίτη, **δεν** παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες. Γι' αυτό και οι περισσότεροι ανοξείδωτοι χάλυβες, επειδή περιέχουν μεγάλες ποσότητες Ni, αναγνωρίζονται με τη χρήση ενός μαγνήτη.

Ανάλογα με τον τρόπο που επενεργούν οι προσμίξεις, τις διακρίνουμε σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Στις προσμίξεις που **δεν** ενώνονται με τον άνθρακα, δηλαδή δε δημιουργούν καρβίδια. Αυτές βελτιώνουν την αντοχή και την ελαστικότητα του χάλυβα.
- Στις προσμίξεις που μπορούν να σχηματίσουν καρβίδια, με συνέπεια να αυξάνουν τη σκληρότητα του χάλυβα, **χωρίς όμως να αυξάνεται σημαντικά και η ευθραυστότητα**². Όταν δε σχηματίζουν καρβίδια, βελτιώνουν την αντοχή, όπως οι προηγούμενες.

Η πλέον γνωστή πρόσμιξη που δημιουργεί καρβίδια είναι το χρώμιο (Cr). Η προσθήκη χρωμίου αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή. Η πλέον διαδεδομένη πρόσμιξη που δε δημιουργεί καρβίδια, είναι το Νικέλιο (Ni), το οποίο γίνεται αιτία να δημιουργείται μικρό μέγεθος κόκκου, οπότε προκύπτει μία ανθεκτική και ελαστική δομή.

Το Cr και το Ni, σε μεγάλες περιεκτικότητες, βελτιώνουν πολύ την ανθεκτικότητα του χάλυβα στην οξείδωση. Ο συνδυασμός Cr και Ni χρησιμοποιείται στους χάλυβες του τύπου **18/8** ή **18/10**, δηλαδή με $\pi(\text{Cr}) = 18\%$ Cr και $\pi(\text{Ni})=8-10\%$. Συγχρόνως, αυτοί οι χάλυβες παρουσιάζουν μεγάλη μηχανική αντοχή και σκληρότητα.

Σημαντικό τεχνικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο χάλυβας με μεγάλη περιεκτικότητα Μαγγανίου (Mn). Το Mn δημιουργεί και αυτό καρβίδια όπως το χρώμιο. Όταν $\pi(\text{Mn})= 12-14\%$, τότε ο χάλυβας διαθέτει μία πολύ σημαντική ιδιότητα: τη **μεγάλη αντοχή στην κρούση**. Όσο πιο πολύ χτυπάμε αυτόν το χάλυβα, τόσο πιο σκληρός και ανθεκτικός γίνεται.

Εκτός από το Cr, το Ni και το Mn, υπάρχουν πολλά ακόμη χημικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως προσμίξεις στους κραματούχους χάλυβες. Τα συνηθέστερα είναι:

- Από αυτές που σχηματίζουν καρβίδια: το μολυβδαίνιο (Mo) και το βανάδιο (V).
- Από αυτές που δε σχηματίζουν καρβίδια: το πυρίτιο (Si) και το κοβάλτιο (Co).

2. Η σκληρότητα αυξάνεται και με τη δημιουργία του καρβιδίου του σιδήρου (Fe_3C), δηλαδή του σεμεντίτη, αλλά τότε αυξάνεται πολύ και η ευθραυστότητα.

1-15. Η συγκόλληση των κραματούχων χαλύβων

Η συγκόλληση των ισχυρά κεκραμένων χαλύβων είναι δύσκολη και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Συνήθως η ΖΕΘ, μετά την ψύξη του μετάλλου, έχει κατώτερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με την υπόλοιπη μάζα του μετάλλου.

Ο βαθμός δυσκολίας στη συγκόλληση των ελαφρά κεκραμένων χαλύβων εξαρτάται από την περιεκτικότητα των προσμίξεων. Προς τούτο, υπολογίζεται ο **ισοδύναμος άνθρακας C_i** , από τον τύπο:

$$C_i = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

Στην παραπάνω σχέση, ο συμβολισμός του κάθε στοιχείου υποδηλώνει την % περιεκτικότητα του στοιχείου. Για τις συνήθειες εφαρμογές, ισχύει:

Αν $C_i < 0,4\%$, τότε η συγκόλληση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και η αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ είναι σχεδόν πλήρης.

Όταν ο ισοδύναμος άνθρακας εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές, η συγκόλληση αρχίζει να γίνεται δυσχερής. Μέχρι και την τιμή $0,6\%$, η συγκόλληση μπορεί να θεωρείται σχετικά ασφαλής. Από εκεί και πέρα ενδέχεται να χρειάζονται ιδιαίτερες τεχνικές ή, ακόμη, μπορεί και να μην υπάρχει ικανοποιητική τεχνική λύση. Ο κανόνας είναι:

Αν $C_i > 0,6\%$, τότε η συγκόλληση θεωρείται ανασφαλής.

Σημείωση: Για να θυμόμαστε τα παραπάνω ποσοστά, αρκεί να προσέξουμε ότι είναι κατά $0,2\%$ μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα ποσοστά των ανθρακούχων χαλύβων.

Παράδειγμα: Έχουμε έναν ελαφρά κεκραμένο χάλυβα με περιεκτικότητες C: $0,15\%$, Mn: $0,3\%$, Cr: $0,5\%$ και Ni: $1,2\%$. Να εξεταστεί αν αυτός ο χάλυβας παρουσιάζει προβλήματα στην αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ.

Απάντηση: Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε:

$$C_i = 0,15 + \frac{0,3}{6} + \frac{0,5}{5} + \frac{1,2}{15} = 0,38 < 0,4\%$$

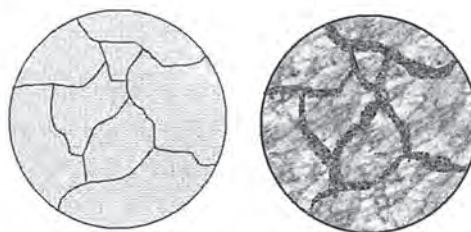
Άρα, η συγκόλληση αυτού του χάλυβα δεν παρουσιάζει προβλήματα.

Κατά τη συγκόλληση των κραματούχων χαλύβων, υπάρχει, επίσης, ο κίνδυνος της εμφάνισης του φαινομένου της γήρανσης, κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο που συμβαίνει και με τους ανθρακούχους χάλυβες.

Η συγκόλληση χαλύβων με **μεγάλη περιεκτικότητα σε Ni** παρουσιάζει τον κίνδυνο δημιουργίας **ρηγματώσεων**.

Η συγκόλληση των χαλύβων που περιέχουν **μεγάλες ποσότητες σε Cr** παρουσιάζει πολύ σοβαρά προβλήματα, εξ αιτίας του φαινομένου της **κατακρήμνισης των καρβιδίων**. Όταν η θερμοκρασία του χάλυβα ανέλθει σημαντικά (περί τους 600°C), τότε το χρώμιο σχηματίζει καρβίδια που συγκεντρώνονται στα όρια των κόκκων, όπως φαίνεται στο σχήμα (1.11). Οι συνέπειες του φαινομένου είναι οι εξής:

- Μειώνεται η αντοχή στη ΖΕΘ και ο χάλυβας γίνεται εύθραυστος.
- Ο χάλυβας παύει να είναι ανοξειδωτός στη ΖΕΘ, επειδή αφαιρείται χρώμιο από τους κόκκους.



Πριν την κατακρήμνιση

Μετά

Σχήμα 1.11: Η κατακρήμνιση καρβιδίων σε χρωμιούχους χάλυβες

Το φαινόμενο της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου περιορίζεται με την προσθήκη κυρίως Nb (νιόβιου) ή Ta (ταντάλιου), σε συνολικό ποσοστό που δεν υπερβαίνει το 0,5%. Οι ανοξειδωτοί χάλυβες που έχουν τέτοιες προσθήκες ονομάζονται **σταθεροποιημένοι**.

1-16. Οι χυτοσίδηροι

Η θεωρητικά μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα του σιδήρου σε άνθρακα είναι 6,67%. Όμως δεν υπάρχει κανένα τεχνικό ενδιαφέρον, όταν $\pi(\text{C}) > 4\%$. Επίσης, τεχνικό ενδιαφέρον δεν υπάρχει, όταν $\pi(\text{C}) = 2-3\%$.

Όταν $\pi(\text{C}) = 3-4\%$, τότε έχουμε το **χυτοσίδηρο** ή **μαντέμι**. Το ενδιαφέρον που παρουσιάζει αυτή η περιοχή οφείλεται στις πολύ καλές χυτευτικές ιδιότητες του χυτοσιδήρου. Υπάρχουν δύο είδη χυτοσιδήρου:

- Ο **φαιός χυτοσίδηρος**, ο οποίος εμπεριέχει τον άνθρακα υπό μορφή γραφίτη. Είναι μαλακός και κατεργάζεται εύκολα. Χρησιμοποιείται πολύ για την κατασκευή του κυρίου σώματος μηχανημάτων. Παρουσιάζει μεγάλη ευθραυστότητα και εμφανίζει το φαινόμενο της δημιουργίας εγχοπών.
- Ο **λευκός χυτοσίδηρος**, που περιέχει τον άνθρακα υπό μορφή σεμεντίτη. Είναι εξαιρετικά σκληρός και η κατεργασία του πολύ δύσκολη. Χρησιμοποιείται, όταν απαιτείται μεγάλη αντοχή στην τριβή.

Από τους παραπάνω χυτοσιδήρους παράγονται οι εξής χυτοσίδηροι:

- Ο **μαλακτός χυτοσίδηρος**, που προέρχεται από κατάλληλη θερμική κατεργασία του **λευκού χυτοσιδήρου**, το αποτέλεσμα της οποίας είναι η διάσπαση του σεμεντίτη και η δημιουργία γραφίτη. Προκύπτουν αντικείμενα μεγάλης αντοχής τα οποία όμως είναι δυνατόν να κατεργαστούν.
- Οι **χυτοσίδηροι σφαιροειδούς γραφίτη**, οι οποίοι δημιουργούνται από το φαιό χυτοσίδηρο. Δεν παρουσιάζουν τα προβλήματα των φαιών χυτοσιδήρων, δηλαδή δεν είναι εύθραυστοι και δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της δημιουργίας εγκοπών.

1-17. Η συγκόλληση των χυτοσιδήρων

Ο **λευκός χυτοσίδηρος δε μπορεί να συγκολληθεί**. Όσον αφορά τη δυνατότητα συγκόλλησης των άλλων χυτοσιδήρων, οι απόψεις δίστανται. Υπάρχουν πολλοί τεχνικοί οι οποίοι δηλώνουν ευθέως «*το μαντέμι, όταν σπάσει δεν κολλάει*».

Στην αγορά υπάρχουν υλικά συγκόλλησης του φαιού χυτοσιδήρου, του μαλακτού και του χυτοσιδήρου σφαιροειδούς γραφίτη. Ο κανόνας όμως που πρέπει να γνωρίζουμε είναι:

Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου, ουδέποτε θεωρείται ασφαλής, ως προς τη μηχανική αντοχή της.

Σε περιπτώσεις που δεν εφαρμόζονται ισχυρές δυνάμεις στο τεμάχιο, μπορεί να γίνει συγκόλληση, η οποία όμως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Θα ήταν αδιανόητο όμως, αν δοκίμαζε κάποιος να κολλήσει, π.χ., το σώμα μιας σπασμένης πρέσας.

1-18. Μη σιδηρούχα κράματα

(α) Τα κράματα χαλκού (Cu)

Το ενδιαφέρον του χαλκού (Cu) στην κατασκευή των αμαξωμάτων είναι περιορισμένο. Χρησιμοποιείται καθαρός σχεδόν μόνο στην κατασκευή χαλκοσωλήνων. Τα πλέον χρησιμοποιούμενα κράματά του είναι ο μπρούντζος και ο ορείχαλκος.



Σχήμα 1.12: Η μορφή των κόκκων κράματος χαλκού, όπως φαίνονται σε μικροσκόπιο

Ο **μπρούντζος** είναι κράμα Cu και κασσίτερου (Sn) σε ποσοστό 5-20%. Στον μπρούντζο συναντάμε και άλλα μέταλλα, όπως τον ψευδάργυρο (Zn) και το μόλυβδο (Pb). Χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή αντιτριβικών εξαρτημάτων (π.χ. εδράνων) και στην κατασκευή χυτών αντικειμένων, καθ' όσον έχει πολύ καλές χυτευτικές ιδιότητες.

Ο **ορείχαλκος** είναι κράμα Cu και Zn σε ποσοστό 20-50%. Παρουσιάζει καλή μηχανική αντοχή και χρησιμοποιείται για άξονες, σύρματα κτλ.

(β) Τα κράματα του αλουμινίου (Al)

Το τεχνικό ενδιαφέρον του αλουμινίου (Al) είναι ακόμη σχετικά περιορισμένο στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας, αλλά αναμένεται ότι θα αυξηθεί, επειδή η κατασκευή ελαφρών αμαξωμάτων οδηγεί στη χρήση του αλουμινίου. Επίσης, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση.

Αν και η μηχανική αντοχή του καθαρού αλουμινίου είναι σχετικά μικρή, η αντοχή των κραμάτων του είναι μεγάλη και μπορεί, ακόμη, και να υπερβαίνει την αντοχή των ανθρακούχων χαλύβων. Η μεγάλη αντοχή των κραμάτων του, σε συνδυασμό με το μικρό τους βάρος, είναι η αιτία που τα ελάσματα αλουμινίου εκτοπίζουν συνεχώς τα χαλυβδοελάσματα, ιδίως στα μικρά πάχη. Υπάρχουν και κράματα με άριστες χυτευτικές ιδιότητες και το σώμα των περισσοτέρων κινητήρων των αυτοκινήτων είναι από κατάλληλο κράμα αλουμινίου.

Το μειονέκτημα του αλουμινίου και των κραμάτων του είναι, κυρίως, στη συγκόλλησή του. Η συγκόλληση του αλουμινίου είναι σχετικά εύκολη, όταν γίνεται σε βιομηχανική παραγωγή και είναι ακόμη ευκολότερη, όταν χρησιμοποιούνται αυτόματες μηχανές. Αλλά είναι πιο δύσκολη, όταν πρόκειται να γίνουν επισκευές ή μετατροπές σε ένα μικρό συνεργείο. **Η συγκόλληση του αλουμινίου απαιτεί πολύ μεγαλύτερη τεχνογνωσία από αυτήν που απαιτείται για τη συγκόλληση του χάλυβα.**

Οι κυριότερες προσμίξεις στα κράματα αλουμινίου είναι το πυρίτιο, το μαγνήσιο και ο ψευδάργυρος. Οι θερμοκρασίες τήξης τους είναι στην περιοχή 530-650°C και το ειδικό τους βάρος, συνήθως, 2,7-2,9 g/cm³. Είναι πολύ ελαφρύτερα από τους χάλυβες (ειδικό βάρος περίπου 7,8 g/cm³).

1-19. Οι ονομασίες και η τυποποίηση των χαλύβων

Υπάρχουν διάφορα συστήματα τυποποίησης, αλλά εδώ θα αναφερθούμε στο επικρατέστερο. Όλοι οι κατάλογοι χαλύβων αναφέρουν και την ονομασία με το σύστημα τυποποίησης που αναπτύσσεται στη συνέχεια.

(α) Οι ανθρακούχοι χάλυβες

Οι ανθρακούχοι χάλυβες χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **St** και ακολουθεί ένας διψήφιος αριθμός ο οποίος, όταν πολλαπλασιαστεί με το 10, υποδηλώνει την αντο-

χή του χάλυβα σε MPa³. Π.χ. ο συμβολισμός **St42**, υποδηλώνει ανθρακούχο χάλυβα με ελάχιστο όριο θραύσης 420 MPa.

Συχνά, τον παραπάνω συμβολισμό ακολουθεί ένας αριθμός που υποδηλώνει την ποιότητα, ανάλογα με το ποσοστό των ακαθαρσιών (ιδίως S και P). Υπάρχουν τρεις ποιότητες από 1 (η κατώτερη) μέχρι 3. Συνήθως η ποιότητα 1 δεν αναγράφεται. Χάλυβας St42, ποιότητας 2 συμβολίζεται ως St42-2 και η συγκόλλησή του είναι ασφαλέστερη σε σχέση με την ποιότητα 1, που συμβολίζεται ως St42 ή St42-1.

Ο συμβολισμός St δε δίνει την π(C). Υπάρχει όμως και ένας άλλος συμβολισμός που αρχίζει από C. Ονομασία χάλυβα του τύπου C40, υποδηλώνει π(C)=0,40%. Όταν έχει μειωμένη περιεκτικότητα σε S και P, συμβολίζεται ως CK, π.χ. CK40.

Ο πιο συνηθισμένος συμβολισμός είναι ο St. Στην περίπτωση αυτή, είναι βασικό για τη συγκόλληση να γνωρίζουμε την π(C), η οποία δίδεται στον πίνακα (1-1).

Πίνακας 1-1: Περιεκτικότητες σε άνθρακα των πλέον συνηθισμένων τύπων ανθρακούχων χαλύβων με συμβολισμό St.

π(C) < 0,2%	0,2% < π(C) < 0,4%	π(C) > 0,4%
St33-1, St33-2	St42-1, St42-2, St42-3	Όλοι οι χάλυβες
St34-1, St34-2	St46-1	άνω του St-60.
St37-1, St37-2, St37-3	St52-1, St52-2	
St46-2, St46-3	St60-1, St60-2	
St52-3		

(β) Ελαφρά κεκραμένοι χάλυβες

Η κύρια πρόσμιξή τους είναι κάτω του 5%. Η ονομασία τους είναι της μορφής:

32Cr5 ή 15CrMo37 ή 20CrNiMo645

Στους παραπάνω συμβολισμούς τα δύο πρώτα ψηφία σημαίνουν την περιεκτικότητα σε άνθρακα %. Π.χ. στον πρώτο π(C)=0,32%. Μετά ακολουθούν τα χημικά σύμβολα των προσμίξεων και, τέλος, οι αριθμοί που δείχνουν την % περιεκτικότητα του κάθε στοιχείου, όταν διαιρεθούν με:

- Το 4 για Cr, Ni, Mn, Si, Co, W
- Το 100 για κάθε άλλη πρόσμιξη

Έτσι έχουμε:

3. Το 1 MPa = 1 N/mm². Όταν λέμε ότι το όριο θραύσης είναι 420 MPa, αυτό σημαίνει ότι ένα σύρμα διατομής 1 mm² θα σπάσει, αν το τραβήξουμε με δύναμη 420 N. Ο St42 αντέχει τουλάχιστον 420 N.

- Στο χάλυβα 32Cr5: $\pi(\text{Cr})=5/4=1,25\%$ και $\pi(\text{C})=0,32\%$.
- Στο 15CrMo37: $\pi(\text{Cr})=3/4=0,75\%$, $\pi(\text{Mo})=7/100=0,07\%$ και $\pi(\text{C})=0,15\%$.
- Στο 20CrNiMo645: $\pi(\text{Cr})=6/4=1,5\%$, $\pi(\text{Ni})=4/4=1\%$, $\pi(\text{Mo})=5/100=0,05\%$ και $\pi(\text{C})=0,20\%$.

(γ) Ισχυρά κεκραμένοι χάλυβες

Η κύρια πρόσμιξή τους είναι άνω του 5%. Στην ονομασία τους προηγείται ο αριθμός X και είναι της μορφής:



Η περιεκτικότητα του άνθρακα είναι όπως και στους μη κεκραμένους χάλυβες. Οι περιεκτικότητες των άλλων στοιχείων είναι όπως οι αριθμοί χωρίς διαιρέτη. Έτσι έχουμε:

- Στο X12CrNi188, $\pi(\text{C})=0,12\%$, $\pi(\text{Cr})=18\%$, $\pi(\text{Ni})=8\%$.
- Στο X20CrNiMo1842, $\pi(\text{C})=0,2\%$, $\pi(\text{Cr})=18\%$, $\pi(\text{Ni})=4\%$, $\pi(\text{Mo})=2\%$.

Όταν σε ισχυρά κεκραμένους χάλυβες έχουμε και κάποια προσθήκη με πολύ μικρή περιεκτικότητα (κάτω του 1%), δεν αναγράφεται γι' αυτήν αριθμός. Π.χ. αν είχαμε το συμβολισμό X10CrAl7, σημαίνει ότι έχουμε $\pi(\text{C})=0,1\%$, $\pi(\text{Cr})=7\%$ και ίχνη Al (κάτω του 1%).

1-20. Οι ονομασίες των κραμάτων αλουμινίου και χαλκού

(α) Κράματα χαλκού

Τα κράματα χαλκού συμβολίζονται με έναν τριψήφιο αριθμό, π.χ. «127», «211». Ο πρώτος αριθμός δείχνει το είδος του κράματος και οι δύο επόμενοι καθορίζουν τις άλλες ιδιότητες. Για να βρούμε τις ιδιότητες από τους δύο επόμενους αριθμούς, πρέπει να ανατρέξουμε σε σχετικούς πίνακες. Έτσι, ανάλογα με το είδος του κράματος, έχουμε την ονομασία που αναφέρεται στον πίνακα (1-2).

Πίνακας 1-2: Η σημασία του πρώτου αριθμού στο τριψήφιο σύστημα συμβολισμού των κραμάτων του χαλκού.

Συμβολισμός	Περιγραφή
1xx	Χαλκοί χωρίς προσμίξεις
2xx	Ορείχαλκοι (Cu + Zn)
3xx	Ορείχαλκοι μολύβδου (Cu + Zn + Pb)
4xx	Ορείχαλκοι κασσίτερου (Cu + Zn + Pb)
5xx	Μπρούντζοι φωσφόρου (Cu + Sn + P)
6xx	Διάφορα κράματα χαλκού (με Al ή Si ή Zn)
7xx	Κράματα χαλκού - νικελίου
8xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και ορείχαλκοι
9xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και κράματα Cu-Ni

(β) Κράματα αλουμινίου

Τα κράματα αλουμινίου συμβολίζονται με ένα τετραψήφιο αριθμό, π.χ. «1060», «6061». Ο πρώτος αριθμός δείχνει τη βασική πρόσμιξη του κράματος, όπως φαίνεται στον πίνακα (1-3). Οι τρεις επόμενοι καθορίζουν τις άλλες ιδιότητες τις οποίες, για να βρούμε πρέπει να ανατρέξουμε σε πίνακες.

Πίνακας 1-3: Η σημασία του πρώτου αριθμού στο τετραψήφιο σύστημα συμβολισμού των κραμάτων του αλουμινίου.

Συμβολισμός	Περιγραφή της κύριας πρόσμιξης
1xxx	Σχεδόν καθαρό αλουμίνιο (άνω του 99%)
2xxx	Κράματα αλουμινίου-χαλκού (Al+Cu)
3xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγγανίου (Al + Mn)
4xxx	Κράματα αλουμινίου-πυριτίου (Al+Si)
5xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγνησίου (Al+Mg)
6xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγνησίου-πυριτίου (Al+Mg+Si)
7xxx	Κράματα αλουμινίου-ψευδαργύρου (Al+Zn)
8xxx	Άλλα στοιχεία

Τα κράματα αλουμινίου που προορίζονται για χύτευση συμβολίζονται με μία τελεία πριν από το τελευταίο ψηφίο, π.χ. 1 xx.x.

Τα κράματα των σειρών 2xxx και 7xxx δεν είναι συγκολλησιμα (πλην ελαχίστων εξαιρέσεων). Εύκολη είναι η συγκόλληση των κραμάτων 1xxx και 6xxx. Τα κράματα της σειράς 6xxx επιδέχονται θερμικές κατεργασίες όπως οι χάλυβες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Τα μέταλλα αποτελούνται από μικροσκοπικούς κόκκους. Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι, τόσο μεγαλύτερη είναι η μηχανική αντοχή και η ελαστικότητα.
- Η συγκόλληση μεταβάλλει τις ιδιότητες του μετάλλου σε μία περιοχή που ονομάζεται **Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά** και συμβολίζεται ως **ΖΕΘ**.
- Υπάρχουν δύο είδη χαλύβων: Οι **ανθρακούχοι** που περιέχουν πρόσμιξη σχεδόν μόνο άνθρακα και οι **κραματούχοι** που περιέχουν και άλλα στοιχεία, κυρίως Cr, Ni, Si και Mn.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες με $\pi(C) \leq 0,2\%$ είναι το σημαντικότερο υλικό στην τεχνολογία των συγκολλήσεων. Μετά τη συγκόλληση ανακτούν στη ΖΕΘ τις αρχικές τους ιδιότητες.
- Στους χάλυβες υπάρχουν ανεπιθύμητες προσμίξεις που ονομάζονται ακαθαρσίες. Οι κυριότερες ακαθαρσίες είναι τα στοιχεία S, P, O, N και H.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες αποτελούνται από κόκκους **φερρίτη**, που έχει μαγνητικές ιδιότητες, και από κόκκους **περλίτη**, που είναι συνδυασμός σεμεντίτη (Fe_3C) και φερρίτη.
- Η ΖΕΘ στους ανθρακούχους χάλυβες εκτείνεται στην περιοχή 700-1530°C, όπου ο φερρίτης μετατρέπεται σε **ωστενίτη**, ο οποίος δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες.
- Οι κραματούχοι χάλυβες διακρίνονται στους ελαφρά κεκραμένους, όταν η κυρία πρόσμιξη είναι $< 5\%$, και στους ισχυρά κεκραμένους, όταν είναι $> 5\%$.
- Οι ανοξείδωτοι χάλυβες Cr-Ni, του τύπου 18/8 ή 18/10, διατηρούν την ωστενιτική δομή στη θερμοκρασία περιβάλλοντος και γι' αυτό δεν έλκονται από μαγνήτες.
- Οι προσμίξεις διακρίνονται σε αυτές που δημιουργούν καρβίδια, όπως είναι το Cr και σε αυτές που δε δημιουργούν καρβίδια, όπως το Ni. Οι πρώτες προσδίδουν κυρίως σκληρότητα και οι δεύτερες αντοχή και ελαστικότητα.
- Η συγκόλληση των χαλύβων παρουσιάζει τα προβλήματα της **δημιουργίας φυσαλίδων** και της **γήρανσης**.
- Η συγκόλληση των **νικελιούχων** χαλύβων παρουσιάζει, επιπλέον, το πρόβλημα της **ρηγμάτωσης**.
- Η συγκόλληση των **χρωμιούχων** χαλύβων παρουσιάζει, επιπλέον, το πρόβλημα της **κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου**. Περιορίζεται με την προσθήκη Nb ή Ta (Νιόβιο, Ταντάλιο).
- Ο χυτοσίδηρος έχει $\pi(C) = 3-4\%$. Διακρίνουμε τους χυτοσιδήρους σε φαιούς, λευκούς, μαλακτούς και σφαιροποιημένους γραφίτη.
- Ο λευκός χυτοσίδηρος δε μπορεί να συγκολληθεί. Η συγκόλληση των υπολοίπων είναι εφικτή, αλλά είναι δύσκολη και δε μπορεί ποτέ να θεωρείται σίγουρη.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες έχουν τυποποιηθεί ανάλογα με την αντοχή τους και οι κεκραμένοι ανάλογα με τη χημική τους σύσταση.
- Τα κράματα χαλκού έχουν τυποποιηθεί με ένα τριψήφιο κωδικό αριθμό.
- Τα κράματα του αλουμινίου έχουν τυποποιηθεί με ένα τετραψήφιο αριθμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Πώς είναι διαμορφωμένη η δομή των μετάλλων σε κρυστάλλους και κόκκους και πού οφείλεται αυτή η δομή;
2. Τι ονομάζεται Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά (ΖΕΘ) κατά τη συγκόλληση;
3. Τι είναι αυτό που προκαλεί τη μείωση της αντοχής των προς συγκόλληση τεμαχίων στη ΖΕΘ;
4. Ποια είναι η σημασία των προσμίξεων στις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων;
5. Ποιοι χάλυβες ονομάζονται ανθρακούχοι και ποιοι κραματούχοι;
6. Ποιο υλικό χαρακτηρίζεται ως «σίδηρος»; Τι ισχύει στην πράξη για το χαρακτηρισμό αυτό;
7. Πότε η συγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων θεωρείται ασφαλής, πότε εν μέρει ασφαλής και πότε ανασφαλής;
8. Πού οφείλεται η δημιουργία φυσαλίδων στη ΖΕΘ κατά τη συγκόλληση και πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα;
9. Τι είναι οι καθησυχασμένοι χάλυβες και σε ποιες κατηγορίες τους διακρίνουμε;
10. Τι είναι η γήρανση των ανθρακούχων χαλύβων και πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα;
11. Ποιες είναι οι δύο κύριες κατηγορίες των κραματούχων χαλύβων και πώς διαχωρίζονται μεταξύ τους;
12. Ποια είναι τα δύο είδη των προσμίξεων των κραματούχων χαλύβων και ποιες οι ιδιότητές τους;
13. Τι είναι η κατακρήμνιση των καρβιδίων του χρωμίου και πώς αυτή περιορίζεται;
14. Ποια είναι τα βασικά είδη των χυτοσιδήρων;
15. Είναι δυνατή η συγκόλληση των χυτοσιδήρων και πότε;
16. Ποια είναι τα βασικά κράματα του χαλκού και ποιες οι κυριότερες προσμίξεις τους;
17. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα του αλουμινίου σε σχέση με το σίδηρο;
18. Με ποιους τρόπους έχουν τυποποιηθεί οι ανθρακούχοι χάλυβες; Αναπτύξτε τους με συντομία.
19. Πώς έχουν τυποποιηθεί οι κραματούχοι χάλυβες;
20. Αποφανθείτε για τη συγκολλησιμότητα των εξής χαλύβων: (α) 32Cr5, (β) 15CrMo37, (γ) 20CrNiMo645.
21. Πώς συμβολίζονται τα κράματα του χαλκού;
22. Πώς συμβολίζονται τα κράματα του αλουμινίου;
23. Είναι δυνατή η συγκόλληση των κραμάτων αλουμινίου και πότε;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Ένα υλικό παρουσιάζει μεταλλική λάμψη και καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι μέταλλο;
2. Είναι σωστό να ρίχνει ο ηλεκτροσυγκολλητής το τεμάχιο, που μόλις συγκόλλησε, σε νερό, για να κρυώσει;
3. Είναι όλες οι προσμίξεις επωφελείς για τις ιδιότητες του μετάλλου;
4. Είναι σωστός ο χαρακτηρισμός «σίδερο» κατά τον τρόπο που χρησιμοποιείται στην πράξη;
5. Σας λένε ότι ένα τεμάχιο χάλυβα είναι ανοξείδωτο 18/8. Πώς θα διαπιστώσετε αν σας λένε την αλήθεια;
6. Χρειάζεστε ένα κράμα με μεγάλη αντοχή σε κρούσεις. Τι θα πρέπει να προσέξετε στη χημική του σύσταση;
7. Πώς αποφαίνεστε αν ένας ανθρακούχος χάλυβας ή ένας ελαφρά κεκραμένος χάλυβας είναι κατάλληλος για ηλεκτροσυγκόλληση;
8. Ποια είναι η γνώμη σας όσον αφορά τη συγκολλησιμότητα των ισχυρά κεκραμένων χαλύβων; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
9. Σας έσπασε στο συνεργείο σας ο μαντεμένιος σκελετός ενός μεγάλου και ακριβού δραπάνου. Σας πλησιάζουν κάποιοι τεχνίτες που σας δηλώνουν ότι αναλαμβάνουν να το συγκολλήσουν με εγγύηση. Τι πρέπει να κάνετε;
10. Ποια ονομασία των ανθρακούχων χαλύβων είναι προτιμότερη για κάποιον που ασχολείται με τις συγκολλήσεις;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 1.1

Επίσκεψη σε χυτήριο μετάλλων

Θα γίνει επίσκεψη σε χυτήριο μετάλλων και θα συνταχθεί τεχνική έκθεση. Επίσης, θα συγκεντρωθούν δείγματα από διάφορα χυτά μέταλλα που θα καρφωθούν ή θα κολληθούν πάνω σε ξύλινη πινακίδα. Κάτω από το καθένα θα κολληθεί ετικέτα που θα αναφέρει το είδος του μετάλλου, τη σύστασή του κτλ. Τέλος, θα εμπλουτιστεί το εργαστήριο με δείγματα μετάλλων που θα προσκομίσουν οι μαθητές.

Εργασία 1.2

Επίσκεψη σε ελασματοουργείο παραγωγής λαμαρινών

Θα γίνει επίσκεψη σε εργοστάσιο που παράγονται λαμαρίνες από πρώτη ύλη που έρχεται από το χυτήριο. Η διαμόρφωση γίνεται σε μηχανήματα που ονομάζονται έλαστρα. Οι παραγόμενες λαμαρίνες μπορεί να είναι σιδήρου ή αλουμινίου. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση που θα περιγράφει την όλη παραγωγική διαδικασία και θα προσκομίστούν δείγματα λαμαρινών σε διάφορα πάχη.

Εργασία 1.3

Επίσκεψη σε χώρο που παράγονται προφίλ μορφοσιδήρου ή αλουμινίου

Θα γίνει επίσκεψη σε εργοστάσιο παραγωγής προφίλ, είτε από αλουμίνιο είτε από μορφοσίδηρο. Η παραγωγή γίνεται με τα εξτρουύντερς (extruders). Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση που θα περιγράφει όλη την παραγωγική διαδικασία και θα προσκομίστούν δείγματα προφίλ σε διάφορα μεγέθη και είδη.

Εργασία 1.4

Επίσκεψη σε εμπορική επιχείρηση – αποθήκη μετάλλων ημιτελών προϊόντων

Κατά την επίσκεψη θα συγκεντρωθούν προσπέκτους και φωτογραφίες και θα γίνει συλλογή τεμαχίων διαφόρων υλικών, καθώς και ο χαρακτηρισμός τους ως προς τη σύσταση και τη συγκολλησιμότητά τους.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Άσκηση 1-1

Αναγνώριση διαφόρων μετάλλων και χρήση των καταλόγων

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αναγνωρίζουν οι μαθητές τα είδη των μετάλλων.
- Να χρησιμοποιούν τους καταλόγους των μετάλλων, για να βρίσκουν από αυτούς τις βασικές ιδιότητες των μετάλλων και, ιδίως, κατά πόσο αυτά είναι εύκολο να συγκολληθούν.

1. Απαιτούμενος εξοπλισμός

Το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Τεμάχια καθαρού χαλκού, ορείχαλκου και μπρούντζου
- Τεμάχια καθαρού αλουμινίου και διαφόρων κραμάτων του αλουμινίου
- Τεμάχια ανθρακούχων χαλύβων
- Ένα τεμάχιο γαλβανισμένου χάλυβα
- Τεμάχια κραματούχων χαλύβων διαφόρων ειδών μεταξύ των οποίων και χάλυβες του τύπου 18/8 ή 18/10
- Τεμάχια χυτοσιδήρων, τουλάχιστον φαιού και λευκού. Είναι επιθυμητό να είναι σπασμένα, για να φαίνεται η χαρακτηριστική μορφή στην επιφάνεια θραύσης.
- Τουλάχιστον ένα μαγνήτη
- Κατάλογο χαλύβων
- Κατάλογο αλουμινίων
- Επιθυμητό, αλλά όχι αναγκαίο, είναι να υπάρχει κατάλογος κραμάτων χαλκού.

Όλα τα τεμάχια μετάλλου θα είναι αριθμημένα από το 1 μέχρι ..., προκειμένου να μπορέσουν να συμπληρώσουν οι μαθητές το φύλλο της άσκησης.

2. Διαδικασία της άσκησης της αναγνώρισης των μετάλλων

1. Σε πρώτη φάση επιδεικνύονται στους μαθητές τα μεταλλικά τεμάχια και αναγνωρίζεται το είδος του μετάλλου του κάθε τεμαχίου. Τα τεμάχια περιφέρονται από μαθητή σε μαθητή και μετά επιστρέφονται στην έδρα.
2. Ο κάθε μαθητής παίρνει ένα φωτοαντίγραφο του φύλλου της άσκησης, που είναι ανάλογο με το υπόδειγμα άσκησης 1, Φύλλο 1. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το ίδιο το υπόδειγμα, αν ικανοποιεί τον εξοπλισμό του εργαστηρίου.
3. Τα τεμάχια περιφέρονται στους μαθητές ένα-ένα, έτσι ώστε να περάσουν όλα από όλους τους μαθητές. Ο κάθε μαθητής αναγνωρίζει τα τεμάχια και συμπληρώνει το φύλλο της άσκησης. Μετά, τα φύλλα μαζεύονται, διορθώνονται και, αν απαιτείται, επαναλαμβάνεται η άσκηση.

3. Διαδικασία της άσκησης μελέτης των καταλόγων

1. Επιδεικνύονται στους μαθητές οι κατάλογοι υλικών που διαθέτει το εργαστήριο. Η προσοχή επικεντρώνεται στο πώς μελετούνται οι εν λόγω κατάλογοι, πώς αναφέρεται η αντοχή του μετάλλου και τι προσέχουμε στη χημική σύστασή τους που έχει σχέση με τη συγκόλληση.

2. Στη συνέχεια, υπενθυμίζονται τα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπιστούν κατά τη συγκόλληση των μετάλλων, με βάση τη χημική ανάλυση που αναφέρεται.
3. Μετά μοιράζει στους μαθητές φωτοτυπία του φύλλου 2 της άσκησης και δύο φωτοτυπίες από δύο είδη χάλυβα, από τους καταλόγους που διαθέτει το εργαστήριο. Η μία φωτοτυπία θα αφορά ανθρακούχο χάλυβα και η άλλη ελαφρά κεκραμένο χάλυβα.
4. Οι μαθητές θα συμπληρώσουν τα στοιχεία που τους χρειάζονται, από τον κατάλογο και στο τέλος θα αποφανθούν για τη συγκολλησιμότητα του χάλυβα. Επίσης, θα αποφανθούν κατά πόσο αντιμετωπίζει ο χάλυβας στη ΖΕΘ φαινόμενα, όπως ο σχηματισμός φυσαλίδων, η γήρανση, η κατακρήμνιση του χρωμίου, αν υπάρχουν ακαθαρσίες που καθιστούν ευπαθή τη συγκόλληση κτλ.
5. Τέλος, θα αποφανθούν αν πρόκειται για χάλυβα του οποίου η συγκόλληση δημιουργεί εμπιστοσύνη ως προς την ποιότητά της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Υπόδειγμα άσκησης 1/Φ.1

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση τα αριθμημένα τεμάχια μετάλλων που έχετε στη διάθεσή σας. Στη δεξιά στήλη θα γράψετε το αντίστοιχο γράμμα, ως εξής:

A: Ανθρακούχος χάλυβας

Γ: Ισχυρά κεκραμένος χάλυβας

E: Φαιός χυτοσίδηρος

H: Χαλκός

I: Ορείχαλκος

Λ: Κράμα αλουμινίου

N:

O:

B: Ελαφρά κεκραμένος χάλυβας

Δ: Ανοξείδωτος χάλυβας

Z: Λευκός χυτοσίδηρος

Θ: Μπρούντζος

K: Καθαρό αλουμίνιο

M: Γαλβανισμένος χάλυβας

Ξ:

Π:

Σε μερικές περιπτώσεις δε μπορεί να γίνει σίγουρη αναγνώριση. Θα γράψετε, στην περίπτωση αυτή, όλα τα γράμματα που πιθανόν να αντιστοιχούν. Π.χ. αν πρόκειται για ανθρακούχο ή ελαφρά κεκραμένο χάλυβα, μπορείτε να συμπληρώσετε στη δεξιά στήλη A ή B.

A/A μεταλλικού τεμαχίου	Είδος μετάλλου
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Υπόδειγμα άσκησης 1/Φ.2

Μελετήστε το φύλλο του καταλόγου και συμπληρώστε τα παρακάτω στοιχεία

- | | | |
|------|---|---------|
| (1) | Αντοχή του χάλυβα σε θραύση (N/mm^2): | |
| (2) | Χρήσιμες προσμίξεις για τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα και τα ποσοστά τους: | |
| (3) | Ακαθαρσίες και τα ποσοστά τους: | |
| (4) | Προσμίξεις που δυσχεραίνουν την καλή ποιότητα της συγκόλλησης και τα ποσοστά τους, ανεξάρτητα από το ρόλο που έχουν στις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα: | |
| (5) | Υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας φουσαλίδων; | ΝΑΙ-ΟΧΙ |
| (6) | Υπάρχει κίνδυνος γήρανσης; | ΝΑΙ-ΟΧΙ |
| (7) | Υπάρχει κίνδυνος ρηγμάτωσης λόγω Νικελίου; | ΝΑΙ-ΟΧΙ |
| (8) | Υπάρχει κίνδυνος κατακρήμνισης καρβιδίων του χρωμίου; | ΝΑΙ-ΟΧΙ |
| (9) | Υπάρχουν ακαθαρσίες που μπορούν, λόγω της περιεκτικότητάς τους, να δημιουργήσουν άλλα προβλήματα; Αν ναι, να τις αναφέρετε καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά τους: | |
| (10) | Πώς κρίνετε τη συγκόλληση όσον αφορά την αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ και με βάση ποιο στοιχείο καταλήγετε σ' αυτό το συμπέρασμα; Αν χρειάζεται, χρησιμοποιήστε τον κατάλληλο τύπο. | |
| | <div>ΑΣΦΑΛΗΣ</div> <div>ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΗΣ</div> <div>ΑΝΑΣΦΑΛΗΣ</div> | |
| (11) | Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, πώς χαρακτηρίζετε το χάλυβα από την άποψη της συγκολλησιμότητάς του; Αιτιολογήστε την απάντησή σας. | |

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

- Γενικά
- Είδη συγκολλήσεων
- Αυτογενείς συγκολλήσεις
- Ετερογενείς συγκολλήσεις
- Συγκολλήσεις πίεσης

2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να ορίζουν οι μαθητές την έννοια της συγκόλλησης και να περιγράφουν τα τεχνικά της χαρακτηριστικά.
- Να διακρίνουν τα είδη των συγκολλήσεων των μετάλλων.
- Να περιγράφουν τα μεταλλουργικά φαινόμενα που συμβαίνουν στις διάφορες φάσεις της συγκόλλησης.

Μέτρα ασφαλείας

- Μη χειρίζεστε εργαλεία ή συσκευές συγκόλλησης, χωρίς να γνωρίζετε άριστα τη χρήση τους και χωρίς την άδεια του εκπαιδευτή σας.
- Διατηρείτε τους χώρους συγκόλλησης καθαρούς και σε τάξη.
- Μην κάνετε αστεία με τους συμμαθητές σας την ώρα που βρίσκεστε στο εργαστήριο και μάλιστα με υλικά και εργαλεία συγκόλλησης. Υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού.
- Φοράτε πάντα τη φόρμα εργασίας και τα προβλεπόμενα προστατευτικά μέσα.

2-1. Γενικά

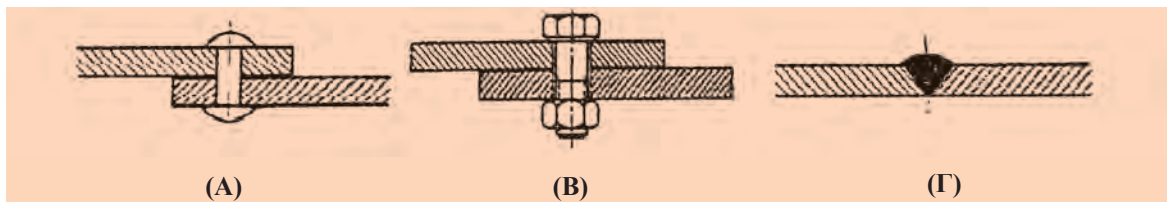
Στην καθημερινή πρακτική των διαφόρων τεχνολογικών εφαρμογών (αμαξώματα, δεξαμενές, μεταλλικές γέφυρες κτλ.), χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι σύνδεσης μεταλλικών κομματιών. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι:

- Οι **ηλώσεις** (καρφωτές ή περτσινωτές)
- Οι **κοχλιωτές συνδέσεις** (βιδωτές)
- Οι **συγκολλήσεις** (διάφορες μέθοδοι)

Καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους σύνδεσης μεταλλικών κομματιών έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μέθοδος της συγκόλλησης παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων, γι' αυτό προτιμάται στη σύνδεση μεταλλικών τεμαχίων, εκτός ειδικών περιπτώσεων που δεν μπορεί να εφαρμοστεί.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της συγκόλλησης έναντι των άλλων μεθόδων:

- Δημιουργεί συνδέσεις **αντοχής**.

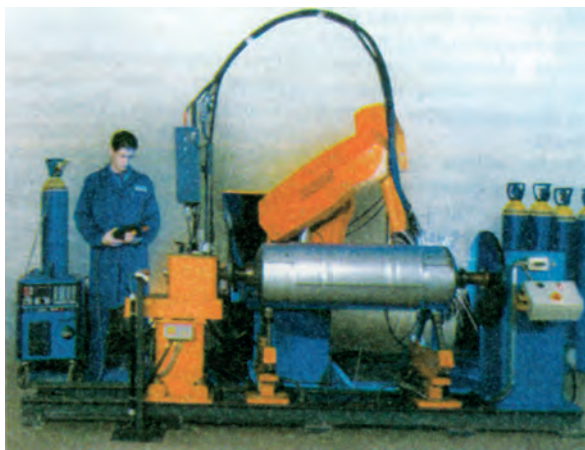


Σχήμα 2.1. Μέθοδοι σύνδεσης μεταλλικών τεμαχίων. (Α) Με ήλωση (Β) Με κοχλιωτή σύνδεση (Γ) Με συγκόλληση.

- Η σύνδεση είναι **μικρότερου βάρους** (ελαφρότερη).
- Δημιουργεί συνδέσεις που έχουν **καλή εμφάνιση** (καλαισθησία).
- Οι συσκευές και τα υλικά συγκολλήσεως είναι **μικρού κόστους**.
- **Το κόστος της σύνδεσης, συνήθως, είναι πολύ μικρότερο** σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους (είναι η φθηνότερη μέθοδος).
- Στις σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις συγκόλλησης, οι διαδικασίες των συγκολλήσεων γίνονται αυτόματα, με ρομποτισμό. Έτσι κατεβαίνει σημαντικά το κόστος παραγωγής, ενώ προκύπτει άριστη ποιότητα. Απαιτεί όμως υψηλού επιπέδου εκπαίδευση του προσωπικού.

Υπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της συγκόλλησης. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι:

- Η σύνδεση κομματιών τα οποία θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να αποσυνδέονται και να επανασυνδέονται (λυόμενες κατασκευές).
- Όταν η συγκόλληση δεν είναι τεχνικά δυνατή, ή όταν το αποτέλεσμα της δεν είναι ασφαλές. Τέτοιες περιπτώσεις είδαμε στο κεφάλαιο 1.
- Όταν οι συνδέσεις είναι τέτοιες, ώστε η εφαρμογή της συγκόλλησης να απαιτεί ειδικές εγκαταστάσεις και την αγορά συσκευών μεγάλου κόστους, η απόσβεση των οποίων ανεβάζει πολύ το κόστος των συγκολλήσεων που πραγματοποιούνται. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, προτιμούνται άλλες μέθοδοι σύνδεσης, εκτός και αν υπάρχουν ειδικοί λόγοι που επιβάλλουν τη συγκόλληση.
- Γενικά, η συγκόλληση προϋποθέτει μεταλλικά τεμάχια **από το ίδιο ή από πα-ρεμφερές υλικό**. Έτσι, σε περιπτώσεις σύνδεσης ελασμάτων από διαφορετικό υλικό (π.χ. σίδηρο με αλουμίνιο), δεν μπορεί να εφαρμοστεί η συγκόλληση.



Σχήμα 2.2. Σύγχρονη διαδικασία συγκόλλησης με CNC

Σήμερα, οι μέθοδοι της συγκόλλησης και τα συγκολλητικά υλικά έχουν αναπτυχθεί τόσο, ώστε να πραγματοποιούνται κατασκευές με ποιότητα, αξιοπιστία και αντοχή, που η παλαιότερη τεχνολογία δεν το επέτρεπε. Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα της συγκόλλησης ήταν πάντα ο έλεγχος της ποιότητάς της, ειδικότερα, όταν επρόκειτο για συνδέσεις με μεγάλο συντελεστή ασφαλείας.

Όμως οι σύγχρονες ηλεκτρονικές μέθοδοι ελέγχου (χρήση ακτίνων Χ ή Γ, υπέρηχοι κτλ.), έχουν τη δυνατότητα πλήρους, συνεχούς και, κυρίως, γρήγορου και άκρως αξιόπιστου ελέγχου της ποιότητας των συγκολλήσεων. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος αλλά και των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι να γενικεύεται, όλο και περισσότερο, η χρήση της συγκόλλησης, ως μεθόδου σύνδεσης μεταλλικών κομματιών στις κατασκευές αλλά και στις επισκευές.

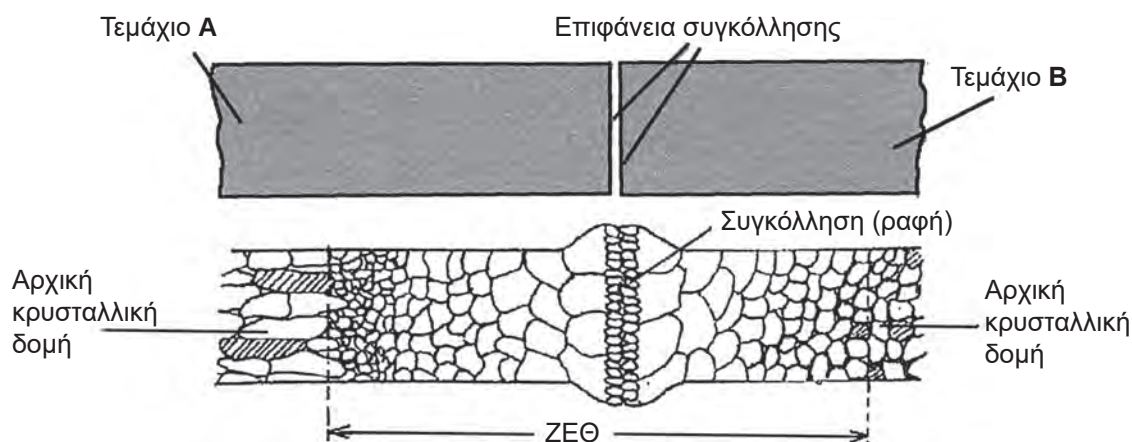
Ακόμη και το μικρότερο **συνεργείο επισκευής αυτοκινήτων** και, ειδικά, τα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων (φανοποιεία), διαθέτουν συσκευές συγκόλλησης διαφόρων ειδών για την επισκευή ή την αντικατάσταση μεταλλικών τμημάτων του αυτοκινήτου. Γι' αυτό, ο τεχνίτης αμαξωμάτων θα πρέπει να γνωρίζει πολύ καλά τη λειτουργία των συσκευών συγκόλλησης, να αξιοποιεί τις δυνατότητές τους και να τις χειρίζεται με απόλυτη ασφάλεια.

2-2. Είδη συγκολλήσεων

Με τον τεχνικό όρο **συγκόλληση** εννοούμε την **ένωση δύο ή περισσότερων μεταλλικών κομματιών με τη βοήθεια της θέρμανσης ή της πίεσης ή, ακόμη, και με ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο**. Κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης δημιουργείται ανάμεσα στα μεταλλικά κομμάτια που θέλουμε να συγκολλήσουμε μία **κρυσταλλική σύνδεση**. Στο σχήμα (2.3) φαίνεται η έννοια της κρυσταλλικής σύνδεσης δύο μεταλλικών κομματιών κατά τη συγκόλληση καθώς και η λεγόμενη ζώνη συγκόλλησης ή **ζώνη επηρεαζόμενη θερμικά** που συμβολίζεται ως **ΖΕΘ**. Στη ΖΕΘ και στις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτή, στα προς συγκόλληση μέταλλα, αναφερθήκαμε λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ο ορισμός της είναι:

Ζώνη συγκόλλησης ή ΖΕΘ ονομάζεται το τμήμα που περιλαμβάνει τη συγκόλληση (ραφή) μαζί με τις γειτονικές περιοχές των συνδεομένων κομματιών, οι οποίες δέχονται την επίδραση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται κατά τη συγκόλληση.

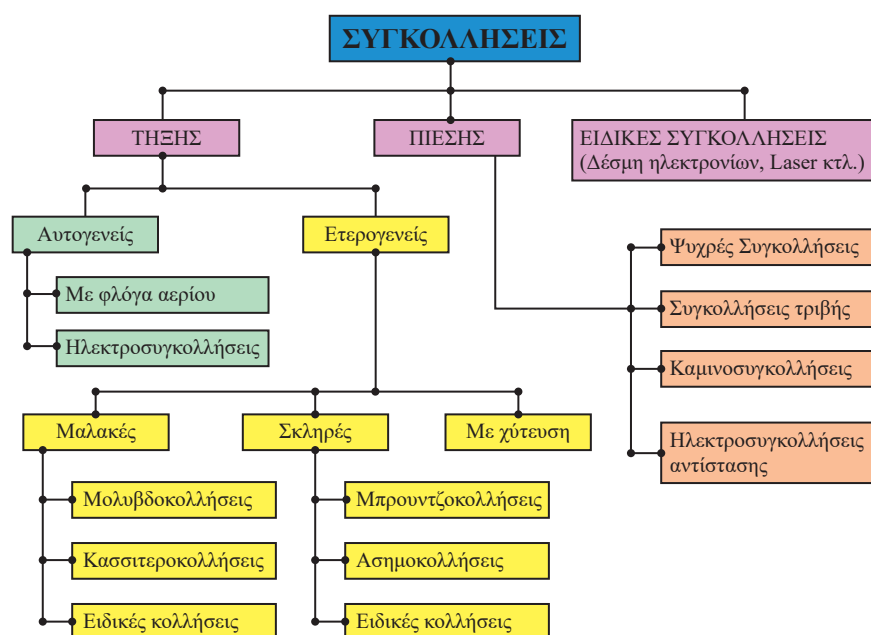
Η κρυσταλλική δομή των δυο κομματιών στη ΖΕΘ, όπως φαίνεται και στο σχήμα (2.3), έχει αλλάξει. Το είδος και η έκταση της αλλαγής στην εσωτερική δομή των μετάλλων, στην περιοχή της ζώνης συγκόλλησης, εξαρτάται από το είδος των μετάλλων και από τη θερμοκρασία συγκόλλησης.



Σχήμα 2.3. Σχηματική παράσταση της κρυσταλλικής δομής στη ζώνη συγκόλλησης δυο μεταλλικών τεμαχίων (ΖΕΘ)

Οι συγκολλήσεις κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μέσο. Έτσι έχουμε:

- Τις **συγκολλήσεις τήξης**
- Τις **συγκολλήσεις πίεσης**
- Τις **ειδικές συγκολλήσεις**

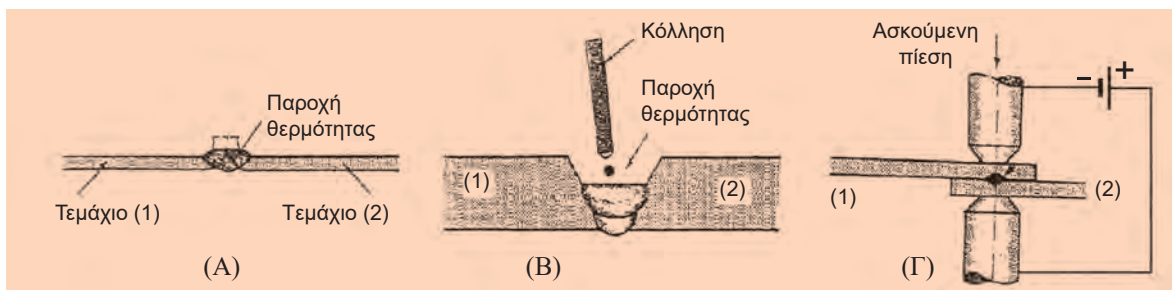


Σχήμα 2.4. Διάγραμμα παρουσίασης των διαφόρων ειδών συγκόλλησης

Οι συγκολλήσεις τήξης συνοδεύονται από το φαινόμενο της τήξης των μετάλλων στο σημείο συγκόλλησής τους. Η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι του σημείου τήξης των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησής τους, με συνέπεια τα μόρια του ενός μετάλλου να εισχωρούν στα μόρια του άλλου και έτσι να πραγματοποιείται η σύνδεσή τους, μετά την επαναφορά τους στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η συγκόλληση τήξης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

- **Με την τήξη και των δύο μεταλλικών κομματιών στη θέση της συγκόλλησης.** Σ' αυτήν την περίπτωση τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια θα πρέπει να είναι από το ίδιο μέταλλο ή από κράμα της ίδιας ή παρόμοιας χημικής σύστασης, όπως στην εικόνα (Α), του σχήματος (2.5).
- **Με την τήξη των δύο μεταλλικών κομματιών στη θέση συγκόλλησης και την ταυτόχρονη τήξη ενός τρίτου υλικού που το ονομάζουμε συγκολλητικό ή κόλληση.** Η κόλληση έχει την ίδια χημική σύσταση με τα κομμάτια που θέλουμε να συγκολλήσουμε ή παρόμοια.
- **Με τήξη μόνο της κόλλησης.** Η κόλληση είναι από υλικό εντελώς διαφορετικό από τα υλικά των μεταλλικών κομματιών που θα συγκολληθούν και έχει πάντα θερμοκρασία τήξης μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης των συγκολλούμενων κομματιών. Τα κομμάτια που θα συγκολληθούν με αυτή τη μέθοδο, μπορεί να είναι από το ίδιο είδος μέταλλο ή από διαφορετικό μέταλλο.



Σχήμα 2.5. Τρόποι συγκόλλησης μεταλλικών κομματιών: (Α) Με τήξη των σημείων συγκόλλησης των μεταλλικών τεμαχίων (Β) Με πρόσθετο συγκολλητικό υλικό (Γ) Με θερμάνση και πίεση

Σκοπός του συγκολλητικού υλικού (κόλλησης) είναι να γεμίσει το διάκενο μεταξύ των δύο μεταλλικών κομματιών που θα συγκολληθούν, ώστε, όταν κρυώσει, να αποτελέσει τη συνδετική τους γέφυρα.

Οι **συγκολλήσεις πίεσης** πραγματοποιούνται με ταυτόχρονη θέρμανση της θέσης συγκόλλησης των δύο κομματιών σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης τους και με εφαρμογή ισχυρής πίεσης στη θέση της συγκόλλησης, όπως στην εικόνα (Γ), του σχήματος (2.5).

Οι συγκολλήσεις πίεσης διακρίνονται σε:

- Ψυχρές συγκολλήσεις
- Συγκολλήσεις τριβής
- Καμινοσυγκολλήσεις
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης

Οι **συγκολλήσεις τήξης** διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος της κόλλησης που χρησιμοποιείται. Έτσι έχουμε:

- Τις **αυτογενείς συγκολλήσεις**
- Τις **ετερογενείς συγκολλήσεις**

Κάθε είδος από τις αναφερόμενες πιο πάνω συγκολλήσεις έχει τα δικά της τεχνικά χαρακτηριστικά, τα οποία προσδιορίζουν και τις περιπτώσεις χρήσης τους. Στη συνέχεια θα περιγραφούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά, ενώ η διαδικασία εκτέλεσής τους θα γίνει σε επόμενα κεφάλαια αυτού του βιβλίου.



Σχήμα 2.6. Διαδικασία αυτόματης συγκόλλησης φύλλων χαλκού με χρήση υπερήχων

2-3. Αυτογενείς συγκολλήσεις

Αυτογενείς ονομάζονται οι συγκολλήσεις τήξης στις οποίες τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια είναι από το ίδιο ή από παρόμοιο υλικό. Στις αυτογενείς συγκολλήσεις περιλαμβάνονται και οι συγκολλήσεις τήξης χωρίς τη χρήση κόλλησης, εφ' όσον τα συγκολλούμενα τεμάχια είναι από το ίδιο υλικό ή από κράμα της ίδιας χημικής σύστασης. Για παράδειγμα, η συγκόλληση δύο τεμαχίων από μαλακό χάλυβα είναι μία αυτογενής συγκόλληση, γιατί τα προς συγκόλληση τεμάχια και η κόλληση είναι της ίδιας χημικής σύστασης.



Σχήμα 2.7: Φορητή συσκευή οξυγονοασετιλίνης

Στις αυτογενείς συγκολλήσεις, όταν στερεοποιηθούν τα τηχθέντα σημεία των μετάλλων (κομματιών και κόλλησης), πραγματοποιείται η εσωτερική κρυσταλλική σύνδεσή τους και, έτσι, η κόλληση και τα προς συγκόλληση τεμάχια αποτελούν πλέον μία ισχυρή σύνδεση. Γίνονται δηλαδή «ένα σώμα». Οι θερμοκρασίες που απαιτούνται για τις αυτογενείς συγκολλήσεις είναι συνήθως υψηλές και εξαρτώνται από το είδος των μετάλλων που θα συγκολληθούν. Ενδεικτικά δίνονται πιο κάτω οι θερμοκρασίες τήξης μερικών γνωστών μας μετάλλων:

- Χάλυβας: 1450-1530°C
- Χυτοσίδηρος: 1150-1250°C
- Χαλκός: 1083°C
- Μπρούντζος: 900°C
- Ορείχαλκος: 900-1000°C
- Άργυρος (ασήμι): 960°C
- Κασσίτερος: 230°C

Για να επιτύχουμε τόσο υψηλές θερμοκρασίες τήξης, θα πρέπει να διαθέτουμε ισχυρές πηγές θερμότητας. Τέτοιες πηγές θερμότητας μπορούμε να έχουμε είτε με καύση αερίου, είτε με ηλεκτρική ενέργεια. **Η συνηθέστερη πηγή θερμότητας στις αυτογενείς συγκολλήσεις είναι η καύση ασετιλίνης.** Στην περίπτωση αυτή η καύση της ασετιλίνης συντελείται με τη βοήθεια καθαρού οξυγόνου. Γι' αυτό και η συσκευή συγκόλλησης ονομάζεται και **συσσκευή οξυγονοασετιλίνης** και το είδος της συγκόλλησης οξυγονοσυγκόλλησης.



(A)



(B)

Σχήμα 2.8: Συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης (A) Φορητή (B) Τροχήλατη

Στις περιπτώσεις που οι απαιτούμενες θερμοκρασίες συγκόλλησης εξασφαλίζονται από ηλεκτρική πηγή, οι συγκολλήσεις ονομάζονται **ηλεκτροσυγκολλήσεις** και οι συσκευές με τις οποίες πραγματοποιούνται ονομάζονται συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης.

2-4. Ετερογενείς συγκολλήσεις

Ετερογενείς ονομάζονται οι συγκολλήσεις στις οποίες τα προς συγκόλληση μεταλλικά κομμάτια είναι διαφορετικής χημικής σύστασης από τη χημική σύσταση της κόλλησης. Η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης που χρησιμοποιείται είναι πάντα μικρότερη από εκείνη των προς συγκόλληση κομματιών. Όταν η θερμοκρασία φθάσει στο σημείο τήξης της κόλλησης, η κόλληση λειώνει και απλώνεται στις επιφάνειες που θα συγκολληθούν. Έτσι, στην περιοχή της συγκόλλησης δημιουργείται ένα κράμα από στοιχεία της κόλλησης και των μεταλλικών κομματιών. Όταν το κράμα αυτό στερεοποιηθεί, πραγματοποιείται κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών, με αποτέλεσμα τη συγκόλλησή τους.

Η σύνδεση των κομματιών στις ετερογενείς κολλήσεις ενισχύεται και από τη διείσδυση της ρευστής κόλλησης μέσα στους πόρους των επιφανειών συγκόλλησης, δημιουργώντας, έτσι, ένα είδος αγκίστρωσης στην επιφάνεια των μεταλλικών κομματιών. Γι' αυτό στις ετερογενείς συγκολλήσεις οι επιφάνειες που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά με ειδικά υλικά καθαρισμού, πράγμα που δεν είναι απαραίτητο στις αυτογενείς συγκολλήσεις. Στην κατηγορία των ετερογενών συγκολλήσεων ανήκουν οι **ασημοκολλήσεις**, οι **μπρουντζοκολλήσεις**, οι **κασσιτεροκολλήσεις** κτλ.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αναφερόμενα για τις **ετερογενείς** συγκολλήσεις, θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας τα ακόλουθα:



(A)



(B)

Σχήμα 2.9: Ετερογενείς συγκολλήσεις σε χαλκοσωλήνες: (A) Καθαρισμός των προς συγκόλληση κομματιών από χαλκοσωλήνα με υλικό καθαρισμού (B) Πραγματοποίηση της ετερογενούς συγκόλλησης (ασημοκόλλησης)

- Η κόλληση είναι πάντα διαφορετικής χημικής σύστασης από το υλικό των κομματιών που θα συγκολληθούν.
- Η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης είναι αρκετά χαμηλότερη από τη θερμοκρασία τήξης του υλικού των μεταλλικών κομματιών που θα συγκολληθούν.
- Οι προς συγκόλληση επιφάνειες θα πρέπει να είναι σχολαστικά καθαρές.
- Τα υλικά καθαρισμού των προς συγκόλληση επιφανειών θα πρέπει να είναι κατάλληλα για κάθε περίπτωση ετερογενούς συγκόλλησης.

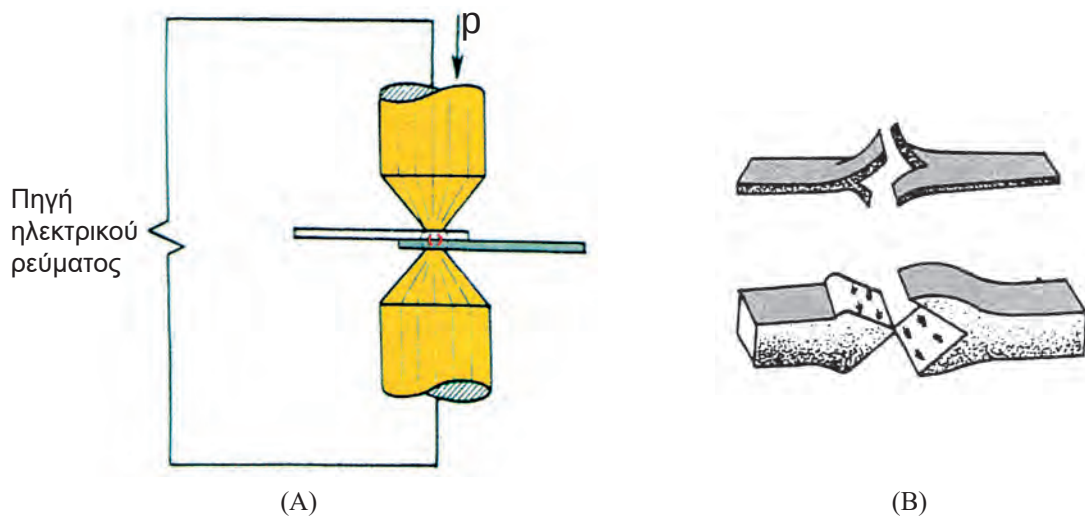
Οι ετερογενείς συγκολλήσεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την απαιτούμενη θερμοκρασία τήξης της κόλλησης που χρησιμοποιείται. Έτσι έχουμε:

- Τις **μαλακές** ετερογενείς συγκολλήσεις
- Τις **σκληρές**
- Τις συγκολλήσεις με **χύτευση**

Οι κολλήσεις που χρησιμοποιούνται στις **μαλακές** συγκολλήσεις έχουν θερμοκρασία τήξης μικρότερη των **500°C**, ενώ οι **σκληρές** κολλήσεις έχουν θερμοκρασία τήξης **άνω των 500°C**.

2-5. Συγκολλήσεις πίεσης

Στις συγκολλήσεις πίεσης, τα μεταλλικά κομμάτια που θα κολληθούν θερμαίνονται στη θέση της συγκόλλησής τους σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης τους και, ταυτόχρονα, ασκείται επάνω τους μεγάλη πίεση.



Σχήμα 2.10: Παραδείγματα συγκολλήσεων πίεσης: (Α) Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης (κατά σημεία) (Β) Μεταλλικά κομμάτια έτοιμα για καμινωσυγκόλληση

Η θερμοκρασία και η πίεση που απαιτεί μία συγκόλληση πίεσης εξαρτάται από το είδος των μετάλλων που θα συγκολληθούν. Στις συγκολλήσεις πίεσης δεν απαιτείται συγκολλητικό υλικό (κόλληση). Με τη θέρμανση των μετάλλων που θα συγκολληθούν και την εξάσκηση ισχυρής πίεσης, τα μέταλλα έρχονται σε πολύ στενή επαφή μεταξύ τους και τα μόρια του ενός εισχωρούν στα μόρια του άλλου, δημιουργώντας, έτσι, την κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών.

Οι συγκολλήσεις πίεσης διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με τη μεθοδολογία που ακολουθείται, για να εξασφαλιστεί η θέρμανση και η πίεση που απαιτείται στη θέση της συγκόλλησης. Έτσι έχουμε:

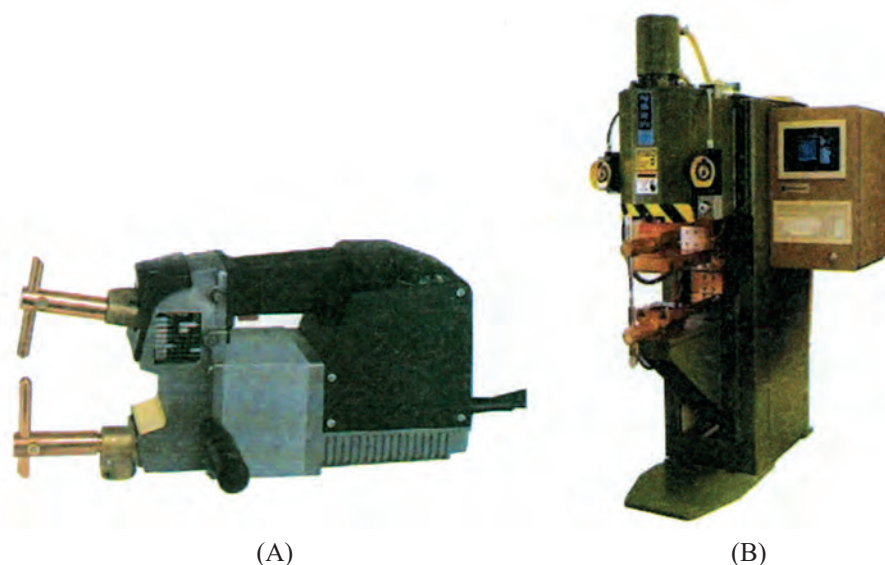
(1) Τις Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης

- **Κατά σημεία.** Οι μηχανές που εκτελούν αυτού του είδους τη συγκόλληση ονομάζονται **ηλεκτροπόντες** και είναι από τα πλέον διαδεδομένα μηχανήματα στην τεχνολογία των συγκολλήσεων.
- **Ραφής**
- **Κατά άκρα**
- **Με προεκβολές**

(2) Καμινοσυγκολλήσεις

(3) Συγκολλήσεις τριβής

(4) Ψυχρές συγκολλήσεις



Σχήμα 2.11: Ηλεκτροπόντες: (Α) Φορητή ηλεκτροπόντα (Β) Σταθερή, μεγάλης ισχύος και παραγωγικής ικανότητας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι συγκολλήσεις μεταλλικών κομματιών παρουσιάζουν, έναντι των άλλων μεθόδων σύνδεσης, πλεονεκτήματα, τα οποία, κυρίως, είναι:
 - ✓ Δημιουργούν συνδέσεις αντοχής
 - ✓ Οι συνδέσεις είναι ελαφρότερες
 - ✓ Δημιουργούν σχετικά καλαίσθητες συνδέσεις
 - ✓ Το κόστος των συνδέσεων είναι μικρότερο
- Οι συγκολλήσεις παρουσιάζουν και μειονεκτήματα, μερικά από τα οποία είναι:
 - ✓ Απαιτούν καλή εκπαίδευση των τεχνιτών
 - ✓ Ο έλεγχος ποιότητας είναι δύσκολος
 - ✓ Τα προς συγκόλληση κομμάτια πρέπει να είναι από το ίδιο ή παρόμοιο μέταλλο.
- Οι συγκολλήσεις διακρίνονται σε συγκολλήσεις θέρμανσης και συγκολλήσεις πίεσης.
- Οι συγκολλήσεις τήξης πραγματοποιούνται με τους ακόλουθους τρόπους:
 - ✓ Με την τήξη των κομματιών και ταυτόχρονη τήξη της κόλλησης
 - ✓ Με τη θέρμανση των κομματιών και ταυτόχρονη τήξη της κόλλησης
- Οι συγκολλήσεις τήξης διακρίνονται σε αυτογενείς και ετερογενείς.
- Αυτογενείς είναι οι συγκολλήσεις τήξης στις οποίες τα προς συγκόλληση κομμάτια είναι από το ίδιο ή παρόμοιο υλικό. Διακρίνονται σε οξυγονοκολλήσεις (οξυγόνου-α-σετιλίνης) και ηλεκτροσυγκολλήσεις.
- Ετερογενείς είναι οι συγκολλήσεις στις οποίες τα προς συγκόλληση κομμάτια έχουν διαφορετική χημική σύσταση από την κόλληση. Διακρίνονται σε μαλακές και σκληρές.
- Στις συγκολλήσεις πίεσης, τα κομμάτια θερμαίνονται στα σημεία συγκόλλησής τους και, ταυτόχρονα, πιέζονται.
- Οι συγκολλήσεις πίεσης διακρίνονται σε
 - ✓ Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης
 - ✓ Καμινοσυγκολλήσεις
 - ✓ Συγκολλήσεις τριβής
 - ✓ Ψυχρές συγκολλήσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Δώστε τον ορισμό της συγκόλλησης δύο μεταλλικών κομματιών και αναφέρατε τις αλλαγές που συμβαίνουν στην εσωτερική δομή τους, στην περιοχή της συγκόλλησης.
2. Ποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα παρουσιάζουν οι συγκολλήσεις σε σύγκριση με τις ηλώσεις και τις κοχλιοσυνδέσεις;
3. Σε ποιες περιπτώσεις δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της συγκόλλησης για τη σύνδεση μεταλλικών κομματιών;
4. Τι είναι οι συγκολλήσεις τήξης και ποια είδη συγκολλήσεων τήξης γνωρίζετε;
5. Δώστε τον ορισμό της ΖΕΘ (ή ζώνης συγκόλλησης).
6. Τι είναι οι αυτογενείς κολλήσεις;
7. Τι είναι οι ετερογενείς συγκολλήσεις;
8. Ποιο είδος συγκόλλησης ονομάζεται οξυγονοκόλληση; Ποια αέρια χρησιμοποιούνται στην οξυγονοκόλληση;
9. Τι είναι μαλακές και τι σκληρές συγκολλήσεις;
10. Ποιες συγκολλήσεις ονομάζουμε συγκολλήσεις πίεσης και ποια είδη συγκολλήσεων πίεσης γνωρίζετε;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Ποιο είδος σύνδεσης θα διαλέγατε για τη σύνδεση ενός κομματιού χυτοσιδήρου με ένα κομμάτι χάλυβα;
2. Ποιο είδος συγκόλλησης θα διαλέγατε για τη σύνδεση δύο κομματιών χάλυβα;
3. Ποια συσκευή θέρμανσης θα επιλέγατε για τη συγκόλληση δύο μεταλλικών κομματιών με μαλακή κόλληση;
4. Τι θα συμβεί, αν δεν καθαριστούν οι προς συγκόλληση επιφάνειες, όταν αυτό απαιτείται από το είδος της συγκόλλησης;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 2-1

Επίσκεψη σε χώρους που εκτελούνται συγκολλήσεις και συγκέντρωση δειγμάτων από διάφορα είδη συγκολλήσεων

Η εργασία αυτή μπορεί να ανατεθεί σε περισσότερες από μία ομάδες μαθητών. Οι μαθητές θα επισκεφτούν χώρους που εκτελούνται συγκολλήσεις και θα κάνουν σύντομη τεχνική έκθεση στην οποία θα αναφέρουν το είδος της δραστηριότητας της επιχείρησης και τα είδη των συγκολλήσεων που εκτελούνται σ' αυτήν. Θα ζητήσουν δείγματα από τις εκτελούμενες συγκολλήσεις τα οποία θα προσκομίσουν στο εργαστήριο για να χρησιμοποιηθούν ως διδακτικό υλικό.

Εργασία 2-2

Συγκέντρωση υλικού σχετικά με συγκολλήσεις

Θα γίνει επίσκεψη σε εμπορικές επιχειρήσεις που εμπορεύονται συνήθεις συσκευές και υλικά ηλεκτροσυγκολλήσεων και θα συγκεντρωθούν προσπέκτους και φωτογραφίες. Θα αρχειοθετηθούν κατά θέμα και θα τοποθετηθούν σε ντοσιέ.

Εργασία 2-3

Συγκολλήσεις με ρομποτική, laser, υπερήχους

Θα συγκεντρωθεί υλικό (προσπέκτους) για μηχανήματα των παραπάνω τύπων και θα συνταχθεί τεχνική περιγραφή για το κάθε είδος μηχανήματος. Θα διοργανωθεί επίσκεψη σε χώρο που εκτελούνται συγκολλήσεις με ρομποτική για την παρακολούθηση του τρόπου λειτουργίας τέτοιων συστημάτων.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Άσκηση 2-1

Αναγνώριση των διαφόρων ειδών συγκόλλησης

Επιδιωκόμενοι Στόχοι

- Να έρθουν οι μαθητές σε μία πρώτη επαφή με τις συγκολλήσεις.
- Να μάθουν οι μαθητές να ξεχωρίζουν τα διάφορα είδη των συγκολλήσεων από την εμφάνισή τους.

Απαιτούμενος εξοπλισμός

- Προτείνεται να υπάρχουν συγκολλημένα μεταλλικά τεμάχια, αριθμημένα από το 1 μέχρι Το κάθε τεμάχιο να είναι συγκολλημένο με διαφορετικό είδος συγκόλλησης, όπως αναφέρεται πιο κάτω:
1. Αυτογενείς συγκολλήσεις διαφόρων μετάλλων

2. Μαλακές συγκολλήσεις (ετερογενείς)
 3. Σκληρές συγκολλήσεις (ετερογενείς)
 4. Συγκολλήσεις χαλκοσωλήνων
 5. Συγκολλήσεις χαλυβδοσωλήνων
 6. Ηλεκτροσυγκόλληση χάλυβα με ηλεκτρόδιο
 7. Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης
- Καμινέτο για μαλακές συγκολλήσεις
 - Συσκευή Ο-Α (για τις οξυγονοκολλήσεις)
 - Συσκευή ηλεκτροσυγκόλλησης

Διαδικασία της άσκησης

(α) Σε πρώτη φάση γίνεται επίδειξη συγκολλημένων μεταλλικών τεμαχίων και γίνεται αναγνώριση των συγκολλήσεων από τους μαθητές. Η πορεία έχει ως εξής:

1. Επίδειξη συγκολλημένων τεμαχίων:
 - Ο καθηγητής δείχνει στους μαθητές συγκολλημένα τεμάχια με διάφορες μεθόδους συγκόλλησης.
 - Εξηγεί με απλά λόγια το είδος της συγκόλλησης, όπως αυτό αναφέρεται σ' αυτό το κεφάλαιο.
 - Εξηγεί από τι υλικό είναι το κάθε δείγμα και με ποιο τρόπο μπορούμε να αναγνωρίσουμε το κάθε είδος συγκόλλησης.
 - Δικαιολογεί το γιατί προτιμήθηκε το ένα ή το άλλο είδος συγκόλλησης.
 - Αναφέρει στους μαθητές τους τρόπους αναγνώρισης των ζωνών συγκόλλησης στα συγκολλημένα τεμάχια και οριοθέτησης των ζωνών συγκόλλησης μεταλλικών τεμαχίων στα διάφορα είδη συγκολλήσεων.
2. Τα τεμάχια περιφέρονται στα χέρια των μαθητών και μετά επιστρέφονται στην έδρα.
3. Ο κάθε μαθητής παίρνει ένα φωτοαντίγραφο του φύλλου της άσκησης 1, που είναι ανάλογο με το υπόδειγμα της άσκησης 2/1. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το ίδιο το υπόδειγμα, αν ικανοποιεί τον εξοπλισμό του εργαστηρίου.
4. Τα συγκολλημένα τεμάχια περιφέρονται στους μαθητές ένα-ένα, με σειρά, ώστε να περάσουν όλα τα τεμάχια από όλους τους μαθητές. Ο κάθε μαθητής αναγνωρίζει το είδος κάθε συγκόλλησης και συμπληρώνει το φύλλο της άσκησης.
5. Ο καθηγητής συλλέγει τα φύλλα, κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις και, αν απαιτείται, επαναλαμβάνει την άσκηση, αφού εξηγήσει στους μαθητές τα λάθη τους.

(β) Σε δεύτερη φάση ο καθηγητής εξηγεί στους μαθητές πώς γίνεται στην πράξη η συγκόλληση. Κατά τη φάση αυτή οι μαθητές δε θα συμπληρώσουν κάποιο φύλλο άσκησης. Θα γίνουν τα εξής:

1. Ο καθηγητής θα πραγματοποιήσει μία πρώτη επίδειξη συγκόλλησης στους μαθητές.
2. Τόσο κατά τη διάρκεια της επίδειξης, όσο και αμέσως μετά θα τονίσει τα μέτρα ασφαλείας που θα πρέπει να παίρνονται στο εργαστήριο αλλά και στην πράξη.
3. Τέλος, ο καθηγητής θα κάνει επίδειξη των συσκευών συγκόλλησης όλων των ειδών που διαθέτει το εργαστήριο και θα αναφέρει, επίσης, τις περιπτώσεις χρήσης κάθε συσκευής συγκόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υπόδειγμα άσκησης 1/1

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση την αρίθμηση των συγκολλημένων μεταλλικών τεμαχίων που έχετε στη διάθεσή σας. Στη δεξιά στήλη θα γράψετε το αντίστοιχο γράμμα, ως εξής:

- A: Αυτογενής συγκόλληση
- B: Ετερογενής μαλακή συγκόλληση
- Γ: Ετερογενής σκληρή συγκόλληση
- Δ: Συγκόλληση χαλκοσωλήνα με μαλακή κόλληση
- E: Συγκόλληση χαλκοσωλήνα με σκληρή κόλληση
- Z: Συγκόλληση χαλυβδοσωλήνα
- H: Ηλεκτροσυγκόλληση με ηλεκτρόδιο
- Θ: Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης
- I: Συγκολλήσεις αλουμινίου με ηλεκτροπόντα
- K:
- Λ:

Σε μερικές περιπτώσεις πιθανόν να μην μπορεί να γίνει σίγουρη αναγνώριση του είδους της συγκόλλησης. Στην περίπτωση αυτή θα γράψετε όλα τα γράμματα που μπορεί να αντιστοιχούν.

A/A συγκολλημένων Τεμαχίων	Είδος συγκόλλησης
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΚΡΩΝ

- Γενικά για την προετοιμασία των άκρων που θα συγκολληθούν
- Οι εσωραφές ή βυθισμένες ραφές
- Οι εξωραφές ή γωνιακές ραφές
- Μετωπικές συναρμογές άκρων
- Συναρμογές με επικάλυψη των άκρων
- Συναρμογές μορφής
- Συναρμογές ειδικών περιπτώσεων
- Κριτήρια επιλογής του είδους συγκόλλησης
- Ο συμβολισμός των συγκολλήσεων

3. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΚΡΩΝ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αναγνωρίζουν οι μαθητές τους τρόπους διαμόρφωσης των άκρων μεταλλικών τεμαχίων, που πρόκειται να συγκολληθούν.
- Να είναι σε θέση να επιλέγουν το είδος της διαμόρφωσης των άκρων που απαιτεί η κάθε περίπτωση συγκόλλησης.
- Να μπορούν να κατανοούν τα συνήθη σύμβολα συγκολλήσεων που συναντούν στα σχέδια.

3-1. Γενικά για την προετοιμασία των άκρων που θα συγκολληθούν

Πριν αρχίσουμε οποιαδήποτε εργασία συγκόλλησης μεταλλικών τεμαχίων, θα πρέπει πρώτα να κάνουμε **αναγνώριση** του είδους του μετάλλου, από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα μεταλλικά τεμάχια (χάλυβας, μπρούντζος, αλουμίνιο κτλ.), σύμφωνα, βέβαια, με όσα έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο (1) αυτού του βιβλίου. Κατόπιν, μετρούμε με ένα παχύμετρο **το πάχος** των τεμαχίων που θα συγκολληθούν, για να αποφασίσουμε **το είδος της συναρμογής** (ραφής) και την απαραίτητη προετοιμασία των άκρων τους. Τέλος, αποφασίζουμε για τη μέθοδο και το είδος της συγκόλλησης που θα εφαρμόσουμε (οξυγονοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση).

Αφού γίνουν τα παραπάνω, θα πρέπει να προετοιμαστούν τα άκρα των μεταλλικών τεμαχίων που θα συγκολληθούν. Βέβαια, όπως θα δούμε στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου, υπάρχουν και περιπτώσεις συναρμογών (ραφών), που δεν απαιτούν κανένα είδος προετοιμασίας.

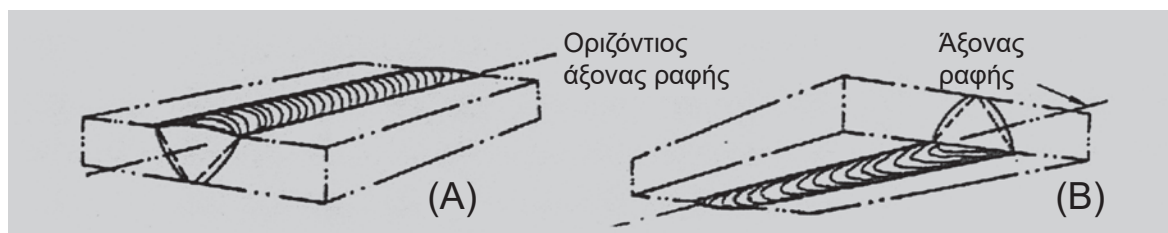
Οι συναρμογές άκρων μεταλλικών τεμαχίων, που συνήθως συναντούμε στις μεταλλικές εφαρμογές, χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Στις **εσωραφές** ή βυθισμένες ραφές
- Στις **εξωραφές** ή γωνιακές ραφές
- Στις **μετωπικές** ή παράλληλες
- Στις **συναρμογές μορφής**
- Στις συναρμογές με **επάλληλη ένωση** των άκρων (με επικάλυψη)
- Στις ραφές **ειδικών περιπτώσεων** (σχισμών κτλ.).

Καθεμία από τις παραπάνω ραφές έχει τα δικά της χαρακτηριστικά και τη δική της τεχνική, που θα αναπτυχθεί στις επόμενες παραγράφους. Ανάλογα με τη θέση των άκρων των τεμαχίων που θα συγκολληθούν και τον άξονα ραφής τους, οι συγκολλήσεις διακρίνονται σε:

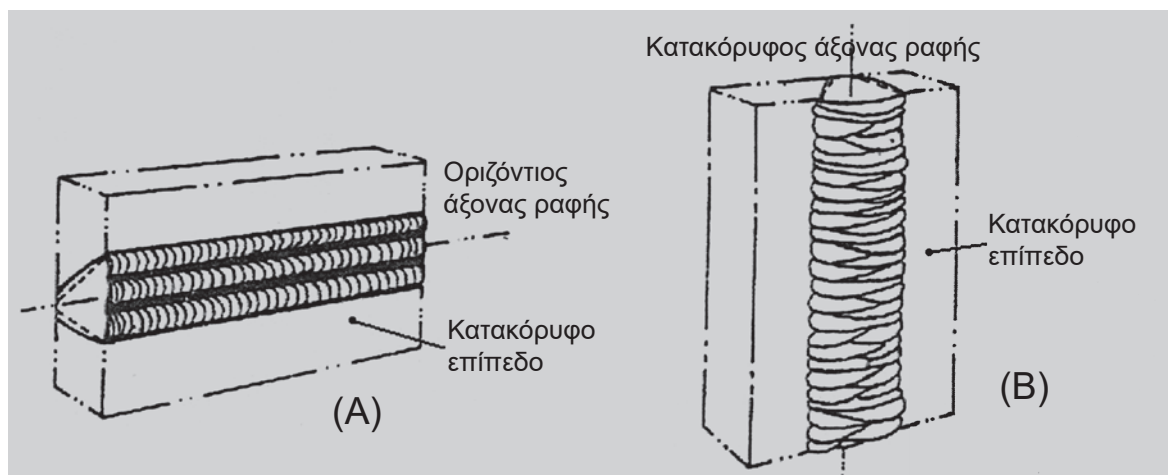
- Συγκολλήσεις σε **οριζόντιο επίπεδο** και **οριζόντιο άξονα**
- Συγκολλήσεις **υπεράνω κεφαλής** (οροφής ή «ουρανού»)
- Συγκολλήσεις σε **κατακόρυφο επίπεδο** και **οριζόντιο άξονα**
- Συγκολλήσεις σε **κατακόρυφο επίπεδο** και **κατακόρυφο άξονα**

Από τις παραπάνω συγκολλήσεις η ευκολότερη και, επομένως, η μικρότερου κόστους είναι η συγκόλληση **οριζόντιου** επιπέδου, όπως φαίνεται στην εικόνα (Α) του σχήματος (3.1). Γι' αυτό, όταν το είδος της κατασκευής μας το επιτρέπει, πραγματοποιούμε τις συγκολλήσεις σε οριζόντιο επίπεδο. Οι συγκολλήσεις που γίνονται **υπεράνω κεφαλής** απαιτούν μεγάλη εμπειρία και ηλεκτρόδια κατάλληλα για εργασίες αυτού του είδους. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να κολλά εύκολα και γρήγορα στα προς συγκόλληση τεμάχια, ώστε να υπερνικάται η δύναμη της βαρύτητας, που τείνει να απομακρύνει την κόλληση από τη θέση της.



Σχήμα (3.1): (Α) Συγκόλληση σε οριζόντιο επίπεδο και άξονα ραφής. (Β) Συγκόλληση υπεράνω κεφαλής (οροφής)

Στο σχήμα (3.2) φαίνονται άλλες δύο κατηγορίες συγκολλήσεων. Η συγκόλληση σε **κατακόρυφο επίπεδο** και οριζόντιο άξονα ραφής, όπως φαίνεται εικόνα (Α) του σχήματος (3.2) και η συγκόλληση σε κατακόρυφο επίπεδο και κατακόρυφο άξονα ραφής (ανεβατή ή κατεβατή συγκόλληση). Βέβαια, σε ειδικές περιπτώσεις αναγκαζόμαστε να συγκολλήσουμε άκρα και σε διαφορετικές θέσεις από αυτές που αναφέρονται πιο πάνω (ραφές υπό γωνία ως προς το επίπεδο των μεταλλικών τεμαχίων).



Σχήμα (3.2): (Α) Συγκόλληση σε κατακόρυφο επίπεδο και οριζόντιο άξονα. (Β) Συγκόλληση σε κατακόρυφο επίπεδο και κατακόρυφο άξονα

3-2. Οι εσωραφές ή βυθισμένες ραφές

Οι **εσωραφές** μεταλλικών τεμαχίων λέγονται και **βυθισμένες ραφές**, γιατί το συγκολλητικό υλικό εισχωρεί (βυθίζεται) στα ειδικά διαμορφωμένα άκρα των τεμαχίων, για να πραγματοποιηθεί η συγκόλλησή τους. Επίσης, αναφέρονται και ως **συναρμογές κατ' άκρα**, επειδή η συγκόλληση πραγματοποιείται στα άκρα δύο μεταλλικών τεμαχίων, ώστε να δημιουργηθεί μια επέκταση της μεταλλοκατασκευής.

Η συναρμογή τεμαχίων με εσωραφή μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με οξυγονοκόλληση, είτε με ηλεκτροσυγκόλληση. Η επιλογή της μεθόδου θα γίνει από τον ειδικό τεχνικό, αφού εκτιμηθούν όλα τα στοιχεία (τεχνικά, οικονομικά κτλ.) κάθε περίπτωσης συναρμογής.

Όπως βλέπουμε και στο σχήμα (3.3), ανάλογα με τη μορφή που δίνεται στα άκρα των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν, οι εσωραφές διακρίνονται σε:

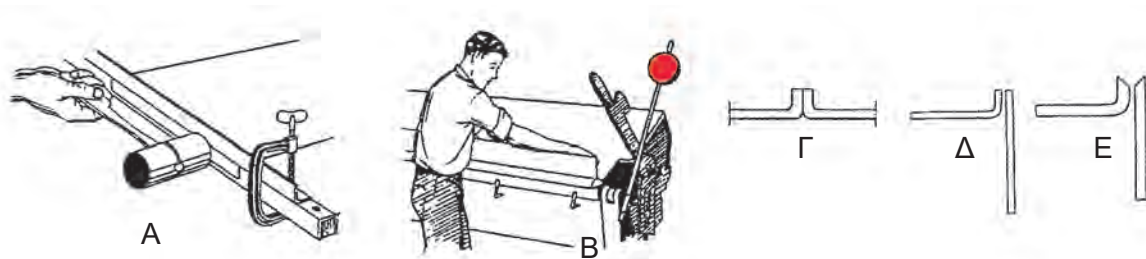
- Ραφές με αναδίπλωση των άκρων ή ραχωτές ραφές
- Ραφές τύπου **I**
- Ραφές τύπου **V**
- Ραφές τύπου **X**
- Ραφές τύπου **K**
- Ραφές τύπου **U**

Με αναδίπλωση		Τύπου X	
Τύπου I		Τύπου U	
Τύπου V		Τύπου K	

Σχήμα (3.3): Μορφές εσωραφών

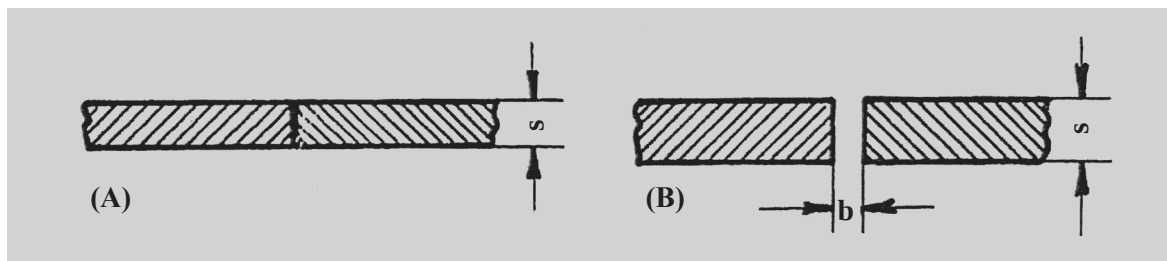
Η επιλογή του είδους της εσωραφής **εξαρτάται βασικά από το πάχος των τεμαχίων** που θα συγκολληθούν. Έτσι, όταν έχουμε ελάσματα πάχους μέχρι **1,5 mm**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η **ραφή με αναδίπλωση** των άκρων των ελασμάτων. Το είδος αυτό της συναρμογής απαιτεί προσεκτική και ίσου ύψους αναδίπλωση των δύο άκρων που θα συγκολληθούν. Η αναδίπλωση των άκρων γίνεται σε καμπτική μηχανή (στράντζα) και τοποθετούνται έτσι, ώστε τα άκρα να εφάπτονται καθ' όλο το μήκος τους. Στερεώνονται καλά σ' αυτή τη θέση με σφικτήρες και αρχίζει η συγκόλλησή τους μόνο από τη μια πλευρά.

Η **ραφή τύπου (I)** είναι από τις συνηθέστερες στην καθημερινή πρακτική των τεχνιτών, γιατί δεν απαιτεί σχεδόν καμιά προετοιμασία. Όπως φαίνεται και στον πίνακα (3-1) η εξωραφή τύπου (I) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πάχος ελασμάτων από 1 έως και 10 mm.



Σχήμα (3.4): Αναδίπλωση άκρων μεταλλικού τεμαχίου: (Α) Με το σφυρί (Β) Με καμπτική μηχανή (Γ), (Δ), (Ε) Τα άκρα των μεταλλικών τεμαχίων έτοιμα προς συγκόλληση

Όταν στη ραφή τύπου **(I)**, τα προς συγκόλληση τεμάχια έχουν πάχος **μέχρι 2 mm**, τοποθετούνται έτσι, ώστε τα άκρα τους να εφάπτονται καθ' όλο το μήκος τους (δε χρειάζεται κάποια απόσταση μεταξύ τους). Από **2 έως 5 mm πάχους**, η απόσταση μεταξύ των ελασμάτων θα πρέπει να είναι **1 έως 2 mm** και από **5 έως 10 mm** η απόσταση θα πρέπει να είναι περίπου **4 mm**. Στις παραπάνω περιπτώσεις ραφής τύπου (I), πάχους μέχρι 5 mm, η συγκόλληση γίνεται μόνο από τη μια πλευρά. Όταν όμως το πάχος των ελασμάτων ξεπερνά τα **5 mm**, απαιτείται συγκόλληση και από τις δύο πλευρές.

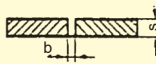
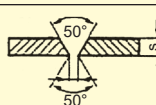


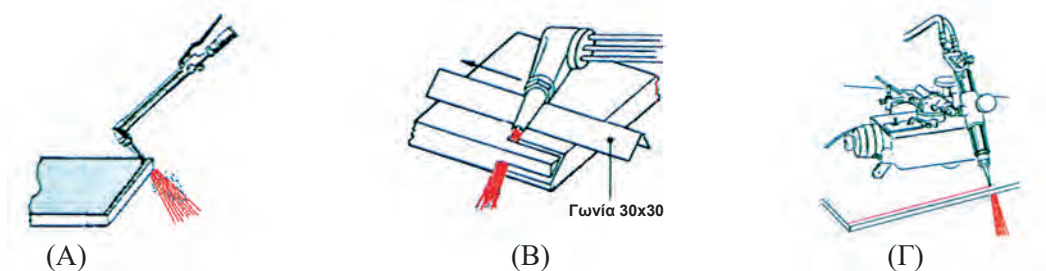
Σχήμα (3.5): Ραφή κατά I: (Α) Πάχος ελασμάτων < 2 mm (Β) Πάχος ελασμάτων > 2 mm

Η **εσωραφή τύπου (V)** ενδείκνυται για περιπτώσεις συγκόλλησης ελασμάτων μεσαίου πάχους από **3 έως 12 mm**. Βλέπουμε ότι σε περιοχές πάχους ελασμάτων από 3 έως και 10 mm, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τα δύο είδη ραφής, δηλαδή και τον τύπο **(I)** και τον τύπο **(V)**. Η επιλογή του ενός ή του άλλου τύπου ραφής θα εξαρτηθεί από τις συνθήκες εργασίας, τον εξοπλισμό που διατίθεται για τη διαμόρφωση των άκρων, τα οικονομικά στοιχεία της συγκόλλησης και από την πείρα του συγκολλητή.

Όπου μπορεί να εφαρμοστεί η ραφή τύπου (I), θα πρέπει να προτιμάται έναντι της (V), γιατί η ραφή τύπου (I) δεν απαιτεί ιδιαίτερη προετοιμασία των άκρων και, επομένως, κοστίζει λιγότερο. **Γενικά, θα λέγαμε ότι η εσωραφή τύπου (V) θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε πάχη ελασμάτων από 5 έως 12 mm.** Τα άκρα των

δύο τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν, λοξοτομούνται (φρεζάρονται) υπό γωνία 25-30° το καθένα, ώστε, όταν τελικά τοποθετηθούν στη θέση της συγκόλλησης, να δημιουργηθεί μεταξύ τους μια γωνία 50-60° (το λεγόμενο αυλάκι).

Πάχος ελασμάτων S (mm)	Τρόπος συγκόλλησης	Είδος ραφής	Τρόποι διαμόρφωσης των άκρων	Διάκενο b (mm)
≤1,5	Από μία πλευρά	Ραφή με αναδίπλωση		-
≤2	Από μία πλευρά	Ραφή I		-
2 - 5	Από μία πλευρά			1 - 2
5 - 10	Από μία πλευρά			< 4
3 - 12	Από μία πλευρά	Ραφή V		2 - 4
> 12	Από δύο πλευρές			< 4

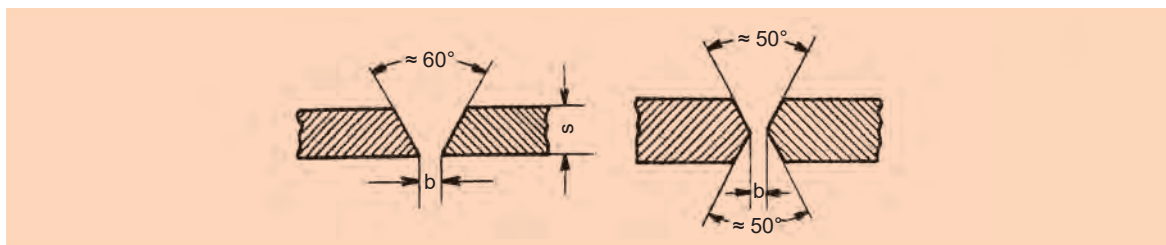


Σχήμα (3.6): Λοξοτόμηση μεταλλικού τεμαχίου (Α) Με οξυγονοκόφτη χειρός (Β) Με τη χρήση ισοσκελούς γωνίας από μορφοσίδηρο για τη διαμόρφωση άκρων υπό γωνία 45° (Γ) Με αυτόματη μηχανή

Η λοξοτόμηση γίνεται με τροχό ή με οξυγονοκόφτη. Στο σχήμα (3.6) φαίνεται η διαδικασία λοξοτόμησης, μεταλλικού τεμαχίου με οξυγονοκόφτη.

Η απόσταση μεταξύ των δύο τεμαχίων στη βάση τους ονομάζεται **ρίζα**. Το μέγεθος της ρίζας εξαρτάται από το πάχος των τεμαχίων και μπορεί να διαμορφώνεται από 1,5 έως 2 mm.

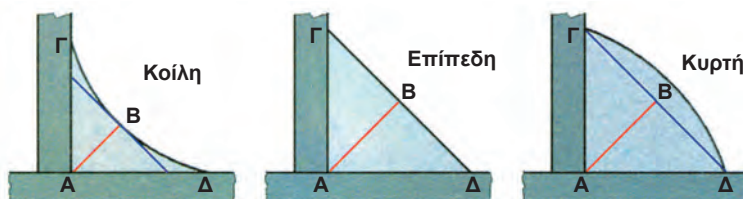
Η ραφή τύπου (X) χρησιμοποιείται συνήθως σε συναρμογή ελασμάτων πάχους πάνω από **12 mm** και μέχρι **25 mm**. Η προετοιμασία των άκρων που θα συγκολληθούν απαιτεί μεγάλη προσοχή και σχετική εμπειρία, ώστε να σχηματιστούν ομοιόμορφα οι λοξές (φρεζάτες) υποδοχές της συγκόλλησης και από τις δύο πλευρές των ελασμάτων. Έτσι θα σχηματιστούν γωνίες 50-60° και από τις δύο πλευρές. Εννοείται βέβαια ότι η ραφή τύπου (X) απαιτεί συγκόλληση και από τις δύο πλευρές.



Σχήμα (3.7): Προετοιμασία των άκρων προς συγκόλληση: (Α) Διαμόρφωση κατά V (Β) Διαμόρφωση κατά X

3-3. Οι εξωραφές ή γωνιακές ραφές

Οι εξωραφές λέγονται και γωνιακές ραφές, γιατί εφαρμόζονται βασικά σε συναρμογές μεταλλικών τεμαχίων υπό γωνία. Στις εξωραφές το συγκολλητικό υλικό, που χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων, δεν εισχωρεί στο εσωτερικό των άκρων της συναρμογής των μεταλλικών τεμαχίων, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των εσωραφών, αλλά δημιουργεί μια ραφή κατά μήκος της γωνίας που σχηματίζουν τα προς συγκόλληση μεταλλικά κομμάτια. Στο σχήμα (3.8) φαίνονται τα στοιχεία μιας εξωραφής σε μεταλλικά κομμάτια υπό γωνία 90° .



Σχήμα (3.8): Εξωραφή τύπου (T) υπό γωνία 90° στην οποία διακρίνονται όλα τα στοιχεία της: A = Ρίζα, AΓ = Ύψος, AΔ = Πλάτος, AB = Θεωρητικό ύψος

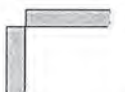
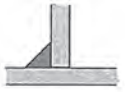
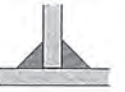
Παρατήρηση επί του σχήματος (3.8): Ονομάζουμε ρίζα μιας συγκόλλησης το μέρος που η κόλληση έχει διεισδύσει στα μεταλλικά τεμάχια, όταν έχουν συγκολληθεί. **Ύψος ραφής** λέμε την απόσταση από την επιφάνεια του οριζοντίου τεμαχίου έως το σημείο που τελειώνει η ραφή στο κατακόρυφο τεμάχιο, όπως στο σχήμα (3.8). **Το πλάτος της ραφής** είναι η απόσταση από τη ρίζα της συγκόλλησης μέχρι το σημείο που τελειώνει επί του οριζοντίου τεμαχίου.

Οι συνηθέστεροι τύποι συναρμογών σε γωνία, φαίνονται στο σχήμα (3.9) και είναι:

- Η μονόπλευρη ραφή τύπου L (γωνίας)
- Η δίπλευρη ραφή τύπου T (τάφ)

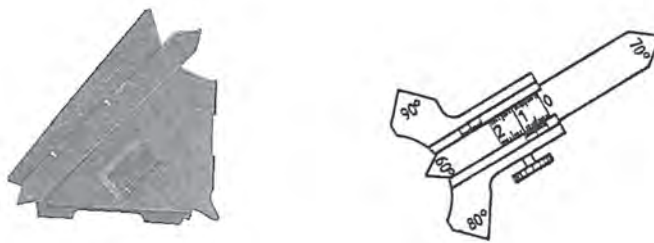
- Η ραφή ελασμάτων σε γωνία (εξωτερική ή εσωτερική ή και τα δύο)
- Η ραφή με τα ελάσματα σε επικάλυψη (μονόπλευρη ή δίπλευρη)

Οι εξωραφές δεν απαιτούν συνήθως ιδιαίτερη προετοιμασία των σημείων συγκόλλησής τους, εκτός ειδικών περιπτώσεων, αρκεί τα προς συγκόλληση άκρα των μεταλλικών τεμαχίων να έχουν κοπεί ευθύγραμμο και οι επιφάνειες συγκόλλησης να έχουν καθαριστεί από σκουριές, λάδια, χρώματα κτλ. που θα μπορούσαν να επιδράσουν αρνητικά στην ποιότητα και στην αντοχή της συγκόλλησης. Τέλος, η προσεκτική στερέωση των τεμαχίων στη θέση που θα συγκολληθούν, αποτελεί βασική προϋπόθεση για μια επιτυχημένη εργασία συγκόλλησης.

Πριν από τη συγκόλληση				
Μετά τη συγκόλληση				
	Μονόπλευρη ραφή	Αμφίπλευρη ραφή	Ραφή σε γωνία	Ραφή με επικάλυψη

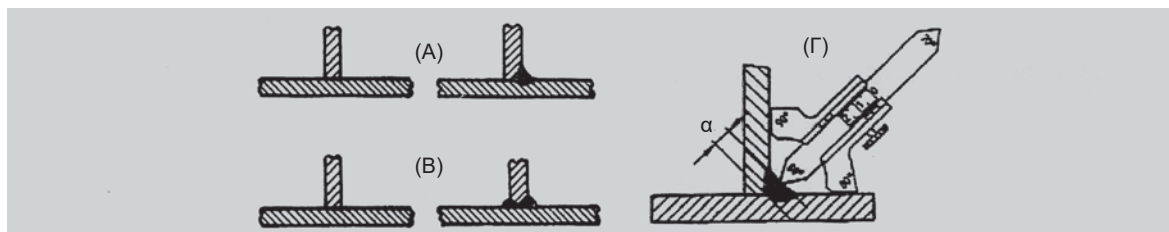
Σχήμα (3.9): Οι συνηθέστεροι τύποι εξωραφών

Ο έλεγχος της γωνίας των δύο τεμαχίων, καθώς και το πάχος της συγκόλλησης γίνεται με ειδικά όργανα, που ονομάζονται **ελεγκτήρες ραφής**, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.10).



Σχήμα (3.10): Ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες που ελέγχουν το πάχος της ραφής και την κάθετη θέση των τεμαχίων

Η **μονόπλευρη** εξωραφή τύπου **T** είναι κατάλληλη για γρήγορες και φθηνές ραφές, όταν η καταπόνηση στα σημεία συγκόλλησης δεν είναι ιδιαίτερα έντονη. Αντίθετα, όταν οι απαιτήσεις σε αντοχή είναι μεγάλες, προτιμάται η **δίπλευρη** εξωραφή, της οποίας όμως το κόστος είναι σχεδόν διπλάσιο. Το ίδιο ισχύει και για εξωραφές που γίνονται μόνο σε εξωτερική γωνία δύο μεταλλικών τεμαχίων ή στην εξωτερική και εσωτερική γωνία (δίπλευρη).



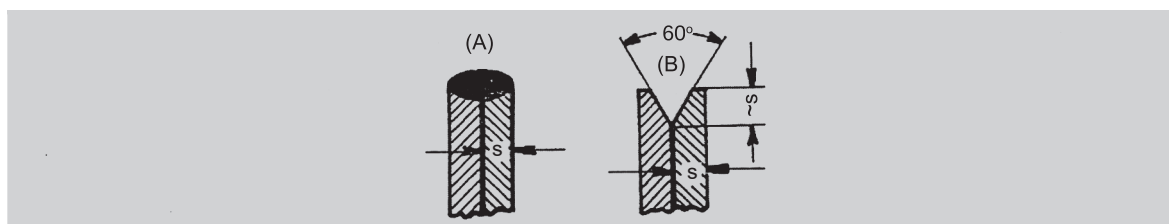
Σχήμα (3.11): Εξωραφή τύπου T: (Α) Με κόλληση μόνο στη μια πλευρά (Β) Με κόλληση και στις δύο πλευρές (Γ) Έλεγχος πάχους "α" της συγκόλλησης

Το πάχος της συγκόλλησης (α), όπως και η διάμετρος της κόλλησης ή του ηλεκτροδίου **εξαρτώνται από το πάχος** των ελασμάτων που πρόκειται να συγκολληθούν. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος των υπό συγκόλληση τεμαχίων, τόσο πιο μεγάλο πρέπει να είναι και το πάχος της ραφής (συγκόλλησης). Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το πάχος (α) μιας εξωραφής βρίσκεται, αν πολλαπλασιάσουμε το πάχος των ελασμάτων (s) με ένα συντελεστή που κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 0,7 mm, δηλαδή $\alpha = (0,5 \dots 0,7) \times s$. Έτσι, αν το πάχος κάθε τεμαχίου είναι 12 mm, το πάχος (α) της ραφής είναι: $\alpha = 0,6 \times 12 = 7,2 \text{ mm}$ (πήραμε ένα μέσο συντελεστή 0,6).

Σημείωση: Όταν τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια δεν είναι ίδιου πάχους, το πάχος της ραφής υπολογίζεται σύμφωνα με το πάχος του τεμαχίου με το μικρότερο πάχος (s).

3-4. Μετωπικές ή παράλληλες συναρμογές άκρων

Μια άλλη κατηγορία ραφών μεταλλικών τεμαχίων είναι οι μετωπικές ραφές. **Οι μετωπικές ραφές** που λέγονται και **παράλληλες**, εφαρμόζονται σε περιπτώσεις συγκόλλησης ελασμάτων των οποίων τα άκρα πρέπει να τοποθετηθούν και να συγκολληθούν κατά παράλληλη διάταξη, ενώ τα ελάσματα σχηματίζουν γωνία μικρότερη των 90° , όπως φαίνεται στο σχήμα (3.12).



Σχήμα (3.12): Μετωπικές ραφές: (Α) Επίπεδη (Β) Τύπου V

Οι μετωπικές ραφές διακρίνονται **σε επίπεδες** και **σε τύπου V**. Οι μετωπικές επίπεδες ραφές εφαρμόζονται σε ελάσματα **μέχρι 5mm** πάχους (s), ενώ οι μετωπικές ραφές **τύπου V**, εφαρμόζονται σε περιπτώσεις ελασμάτων με πάχος **άνω των 3 mm**. Δηλαδή σε πάχη από 3 mm έως 5mm μπορούν να εφαρμοστούν και τα δύο είδη ραφών.

Ανάλογα με το είδος της μετωπικής ραφής διαμορφώνονται και τα άκρα των ελασμάτων. Στις **επίπεδες** μετωπικές ραφές απαιτείται μόνο η απαραίτητη κάμψη των άκρων των ελασμάτων, ώστε να πραγματοποιηθεί η **παράλληλη τοποθέτησή** τους και να σχηματιστεί η επιθυμητή εσωτερική γωνία μεταξύ των ελασμάτων.

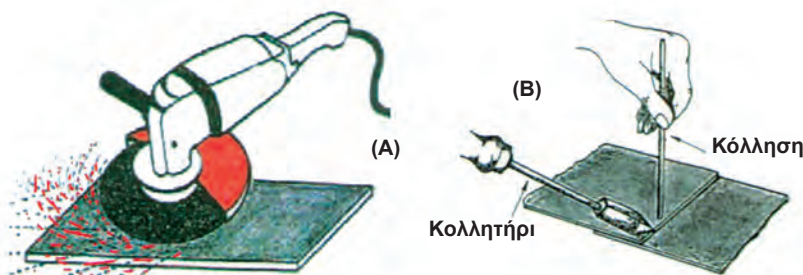
Στις περιπτώσεις μετωπικών ραφών **τύπου V**, τα άκρα των ελασμάτων πρώτα λοξοτομούνται (φρεζάρονται) και μετά κάμπτονται σε καμπτική μηχανή (στράντζα), έτσι ώστε τα προς συγκόλληση άκρα να σχηματίσουν γωνία 60° περίπου.

Οι μετωπικές ραφές μπορούν να πραγματοποιηθούν με οξυγονοκόλληση αλλά και με ηλεκτροσυγκόλληση. Η επιλογή της μεθόδου θα αποφασιστεί από τον ειδικό τεχνικό, αφού λάβει υπόψη του όλους τους παράγοντες που συμβάλλουν σε μια οικονομική συγκόλληση.

3-5. Συναρμογές με επικάλυψη των άκρων

Οι συναρμογές με **επάλληλη ένωση** των άκρων ή **με επικάλυψη**, όπως συνηθίζουν να την ονομάζουν οι τεχνίτες συγκολλητές, είναι ένα είδος εξωραφής. Σ' αυτές τις συναρμογές το άκρο του ενός από τα προς συγκόλληση τεμάχια τοποθετείται πάνω στο άκρο του άλλου, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.13).

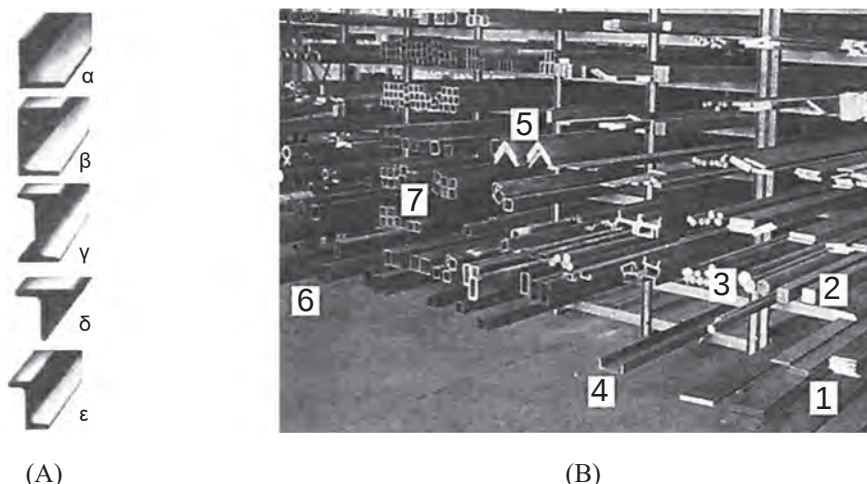
Ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει η συναρμογή με επικάλυψη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μεταλλικών τεμαχίων που θα συγκολληθούν, επιλέγεται και η μέθοδος συναρμογής τους. Άλλοτε χρησιμοποιούνται **μαλακές συγκολλήσεις** (κυρίως κασσιτεροκολλήσεις) και άλλοτε **σκληρές συγκολλήσεις** (μπρουντζοκολλήσεις ή χαλκοκολλήσεις).



Σχήμα (3.13): (Α) Καθαρισμός με λειαντικό τροχό της επιφάνειας που θα συγκολληθεί (Β) Συναρμογή άκρων με επικάλυψη και κασσιτεροκόλληση (με κολλητήρι)

3-6. Συναρμογές μορφής

Οι συναρμογές μορφής αναφέρονται σε συγκολλήσεις μεταλλικών τεμαχίων από **μορφοδοκούς**. Οι μορφοδοκοί ή **δοκοί μορφοσιδήρου** ή προφίλ μορφοσιδήρου είναι χαλύβδινες δοκοί μήκους 4 ή 5 m και υπάρχουν στο εμπόριο σε διατομές που φαίνονται στο σχήμα (3.14).



Σχήμα (3.14): (Α) Τυποποιημένες δοκοί μορφοσιδήρου:
 (α) Ισοσκελής γωνία (β) Πι (γ) Διπλό Ταφ (δ) Ταφ (ε) Ζήτα
 (Β) Αποθήκη με ημικατεργασμένα χαλύβδινα προϊόντα του εμπορίου:
 (1) Χαλύβδινα ελάσματα (2) Τετράγωνες ράβδοι (3) Στρογγυλές ράβδοι
 (4) Δοκός μορφοσιδήρου μορφής Πι (5) Γωνίες (6) Σωλήνες
 (7) Κοιλοδοκοί

Οι μορφοδοκοί παραγγέλλονται στο εμπόριο με τυποποιημένο τρόπο δίνοντας τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το **σύμβολο** της μορφής (L, T, κτλ.)
- Τις **διαστάσεις** της μορφοδοκού (ύψος, πλάτος, μήκος) σε mm
- Τον αριθμό του **προτύπου**, με το οποίο έγινε η **τυποποίηση**¹
- Το **είδος του χάλυβα** κατασκευής της μορφοδοκού

Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, όταν θέλουμε μια μορφοδοκό διπλού Ταφ, ύψους 300 mm και μήκους 4000 mm κατά DIN-1025 από χάλυβα, με όριο θραύσης 370 N/mm², γράφουμε:

T 300 x 4000 DIN 1025 St 37-2

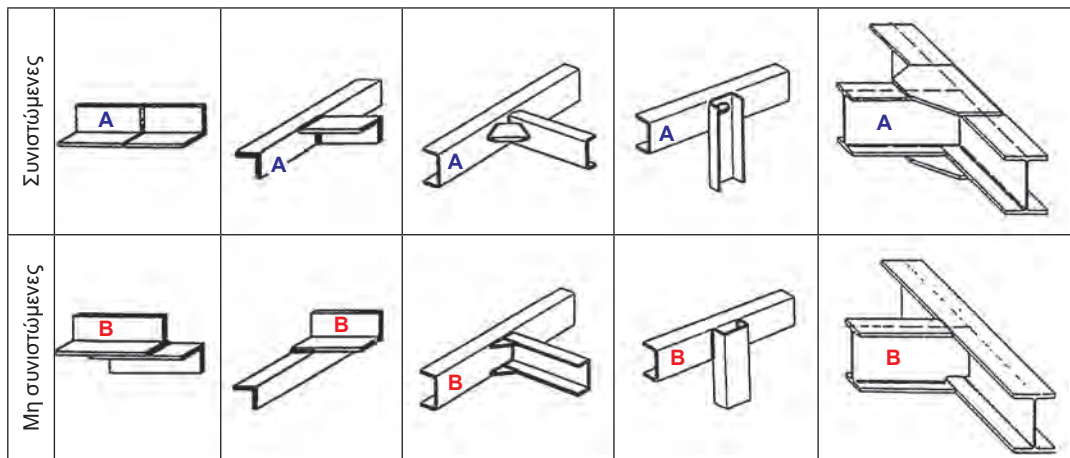
Με τον παραπάνω συμβολισμό έχουμε καταγράψει όλα τα στοιχεία για τη μορφοδοκό που επιθυμούμε (βλέπε και παράγραφο 1-19). Οι συναρμογές μορφοδοκών απαιτούν συγκεκριμένη **προετοιμασία των άκρων**, προσοχή στη **σωστή τοποθέτηση και συγκράτηση** των επιφανειών που θα συγκολληθούν και αρκετή εμπειρία στη χρήση των συσκευών συγκόλλησης².

1. Τα υποχρεωτικά πρότυπα για τη χώρα μας είναι ISO ή EN ή ΕΛΟΤ. Όταν δεν υπάρχει όμως τέτοιο πρότυπο που να καλύπτει το θέμα, χρησιμοποιούνται και άλλα πρότυπα όπως στο παράδειγμα, που χρησιμοποιείται το DIN.

2. Η ποικιλία των συναρμογών μορφής είναι πολύ μεγάλη και η ανάπτυξη της τεχνικής κάθε περίπτωσης ξεφεύγει από το σκοπό αυτού του βιβλίου που προορίζεται κυρίως για τεχνίτες επισκευής αμαξωμάτων.

Στο σχήμα (3.15) δίνονται μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις συναρμογών μορφοδοκών για την κατασκευή σιδηρών κατασκευών.

Σε σοβαρές κατασκευές προηγείται μελέτη από ειδικευμένους τεχνικούς, στην οποία προσδιορίζεται, εκτός των άλλων, και η διαμόρφωση των άκρων των προς συγκόλληση μεταλλικών τεμαχίων, το είδος της ραφής και η μέθοδος συγκόλλησής τους, ώστε η κατασκευή να έχει την απαιτούμενη αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις.



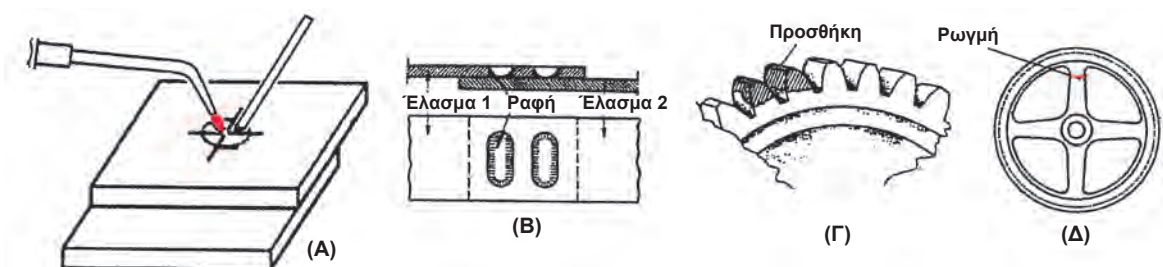
Σχήμα (3.15): Χαρακτηριστικές περιπτώσεις συναρμογής μορφοδοκών, A = Συνιστώμενες B = Μη συνιστώμενες

3-7. Συναρμογές ειδικών περιπτώσεων

Στις ειδικές περιπτώσεις συγκολλήσεων περιλαμβάνονται όλα τα είδη συγκόλλησης που ξεφεύγουν από τις διαδικασίες της καθημερινής πρακτικής (ρουτίνας) ή απαιτούν πιο εξειδικευμένη γνώση. Τέτοιες συγκολλήσεις μπορεί να είναι:

- Οι συγκολλήσεις μέσω οπής
- Οι συγκολλήσεις μέσω σχισμής
- Το γέμισμα ή συμπλήρωση φθαρμένων τμημάτων μιας μεταλλικής επιφάνειας
- Οι επισκευές ρωγμών σε χυτοσιδηρά εξαρτήματα (τροχαλίες, λέβητες κτλ.)

Οι δύο πρώτες περιπτώσεις του σχήματος (3.16) αναφέρονται, συνήθως, σε **συγκολλήσεις με επικάλυψη**. Τα προς συγκόλληση τεμάχια θα πρέπει να προετοιμαστούν με την απαιτούμενη διαμόρφωση των επιφανειών που θα επικαλυφθούν, ώστε να δημιουργηθεί μια ισχυρή συγκόλληση με τα επιθυμητά τεχνικά χαρακτηριστικά. Οι ειδικές συγκολλήσεις αυτού του είδους δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη δυσκολία, εκτός, βέβαια, από τον έλεγχο της ποιότητας που απαιτεί εμπειρία και συσκευές ελέγχου.



Σχήμα (3.16): (Α) Συγκόλληση μέσω οπής (Β) Συγκόλληση μέσω σχισμής (Γ) Επισκευασμένος οδοντωτός τροχός με προσθήκη (γέμισμα) (Δ) Ρωγμή σε τροχαλία από χυτοσίδηρο, η οποία μπορεί να συγκολληθεί.

Οι **συγκολλήσεις ρωγμών** (ή επισκευών) χυτοσιδηρών εξαρτημάτων είναι εργασίες πολύ δύσκολες. Απαιτούν μεγάλη εμπειρία, γνώση της συμπεριφοράς του χυτοσιδήρου στη θέρμανση και στην ψύξη του και συγκεκριμένη διαδικασία, που πρέπει να ακολουθήσει ο τεχνίτης. Οι εργασίες συγκόλλησης ρωγμών ή προσθήκης υλικού σε φθαρμένα χυτοσιδηρά αντικείμενα μπορούν να γίνουν με οξυγονοκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση. Η επιλογή είναι θέμα του τεχνικού που θα αποφασίσει το είδος της συγκόλλησης, αφού πρώτα εξετάσει αν συμφέρει οικονομικά να επισκευαστεί το υπόψη εξάρτημα ή να αντικατασταθεί με καινούργιο.

3-8. Κριτήρια επιλογής του είδους της συγκόλλησης

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου, οι εφαρμογές των συγκολλήσεων στην καθημερινή πρακτική είναι απεριόριστες. Σε μερικές περιπτώσεις εφαρμογών τα τεμάχια μπορούν να συγκολληθούν εύκολα με **πολλές μεθόδους** και η προετοιμασία των άκρων τους να απαιτεί διαφορετική διαμόρφωση.

Σε ειδικές περιπτώσεις η επιλογή μας περιορίζεται σε μια μόνο μέθοδο συγκόλλησης, επειδή τα προς συγκόλληση μέταλλα δεν επιδέχονται συγκόλληση άλλης μορφής ή άλλες μέθοδοι δεν έχουν την αξιοπιστία που απαιτεί η συγκεκριμένη κατασκευή.

Βέβαια, παρά το γεγονός ότι στα αμαξώματα των σύγχρονων αυτοκινήτων συναντά κανείς σχεδόν όλα τα είδη των συγκολλήσεων, οι επισκευαστές αμαξωμάτων περιορίζονται σε συγκεκριμένους τρόπους οξυγονοκολλήσεων και ηλεκτροσυγκολλήσεων.

Κατά την επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης, εκεί που μπορούν να εφαρμοστούν εναλλακτικές μέθοδοι, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια **κριτήρια**, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να τηρούνται αυστηρά. Τα κριτήρια αυτά έχουν σχέση με:

- Την **ασφάλεια** της συναρμογής
- Το **κόστος** (οικονομικά στοιχεία)

- Τη δυνατότητα **επιλογής άλλης μεθόδου** εξίσου ασφαλούς
- Τη δυνατότητα **αξιόπιστου ελέγχου** της συγκόλλησης
- Τις πιθανές **παραμορφώσεις** κατά τη συγκόλληση
- Την **ασφάλεια των εργαζομένων** στο χώρο που θα εργαστούν.

Με τον όρο «**ασφάλεια**» μιας συναρμογής με συγκόλληση, εννοούμε τη δυνατότητα της συγκόλλησης να αντέχει σε συγκεκριμένα όρια καταπονήσεων (σε κάμψη, εφελκυσμό, στρέψη κτλ.), που προσδιορίζονται από τις προδιαγραφές της μελέτης, ώστε να εξασφαλίζεται ασφαλής και αξιόπιστη συμπεριφορά της μεταλλικής κατασκευής.

Όταν η ραφή συγκόλλησης μεταφέρει δυνάμεις από το ένα μεταλλικό τεμάχιο στο άλλο, όπως για παράδειγμα σε μια μεταλλική γέφυρα ή στο σκελετό ενός αυτοκινήτου, **το κρίσιμο στοιχείο** της συγκόλλησης είναι η αντοχή της **σε μηχανικές καταπονήσεις** (κάμψη, εφελκυσμό, κρούση κτλ.). Στις περισσότερες περιπτώσεις κινούμενων κατασκευών οι καταπονήσεις των συγκολλήσεων είναι σύνθετες. Γι' αυτό στις μελέτες των σιδηροκατασκευών, εκτός των άλλων στοιχείων, θα πρέπει να περιλαμβάνεται και ο τρόπος ελέγχου της προβλεπόμενης συγκόλλησης, ώστε να εξασφαλίζονται τα όρια ασφάλειας της ευρύτερης μεταλλικής κατασκευής.

Σε άλλες περιπτώσεις συναρμογών, εκτός από τη μηχανική αντοχή, κυρίαρχο στοιχείο της κατασκευής είναι η **στεγανότητα**. Τέτοιες περιπτώσεις είναι οι κατασκευές δεξαμενής νερού ή πετρελαίου κτλ. Μια διαρροή καυσίμου από μια δεξαμενή (μικρή ή μεγάλη) λόγω μιας προβληματικής συγκόλλησης, μπορεί να έχει απρόβλεπτες συνέπειες στην ασφάλεια των ανθρώπων που ζουν ή εργάζονται στην περιοχή. Οι συνέπειες μπορεί να είναι **οικονομικές** (καταστροφές περιουσιών κτλ.), **οικολογικές** (πυρκαγιές ως αποτέλεσμα της διαρροής), αλλά και να χαθούν **ανθρώπινες ζωές**. Ακόμη σοβαρότερες μπορεί να είναι οι επιπτώσεις στην περίπτωση διαρροής καυσίμου από την κολλητή δεξαμενή καυσίμου (ρεζερβουάρ) ενός αυτοκινήτου.

Όπως σε όλες τις περιπτώσεις κατασκευών, έτσι και στην περίπτωση των συναρμογών με συγκόλληση, **το κόστος** είναι ένα κριτήριο το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη από τους τεχνικούς. Αν οι συγκολλήσεις μιας κατασκευής μπορούν να γίνουν και με οξυγονοασετιλίνη και με ηλεκτροσυγκόλληση, ο ειδικός τεχνικός θα πρέπει να εκτιμήσει το κόστος και με τις δύο μεθόδους και να προτιμήσει το είδος της συγκόλλησης που κοστίζει λιγότερο, χωρίς, βέβαια, να αγνοηθεί ο παράγων «**ασφάλεια**» της κατασκευής.

Για την εκτίμηση του **κόστους** των συγκολλήσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία:

A. Στις οξυγονοσυγκολλήσεις

- Το κόστος των **αερίων** (οξυγόνου και ασετιλίνης)
- Το κόστος **εργασίας** του ειδικευμένου τεχνίτη συγκολλητή
- Το κόστος του **συγκολλητικού υλικού** (κόλλησης)
- Το κόστος των **υλικών καθαρισμού**

- Άλλα **μικροέξοδα συντήρησης** των συσκευών συγκόλλησης και των εξαρτημάτων τους (ακροφύσια, λαστιχένιοι σωλήνες κτλ.)
- Το κόστος της χρήσης **ιδιοσυσκευών** και **εξαερισμού**.

Β. Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις

- Το κόστος της **ηλεκτρικής ενέργειας** που καταναλώνει η συσκευή για την παραγωγή συγκεκριμένου έργου
- Το κόστος **εργασίας** του τεχνίτη ηλεκτροσυγκολλητή
- Το κόστος των **ηλεκτροδίων** που απαιτεί η συγκόλληση
- Το κόστος **αερίου** που τυχόν χρησιμοποιείται σε μερικές περιπτώσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων (MIG, TIG κτλ.)
- Έξοδα **συντήρησης** και **απόσβεσης** του κόστους των συσκευών, όταν πρόκειται για μέσες και μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής με ηλεκτροσυγκόλληση
- Το κόστος της χρήσης **ιδιοσυσκευών** και **εξαερισμού**.

Ένα άλλο κριτήριο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η δυνατότητα **αξιόπιστου ελέγχου της ποιότητας** της συγκόλλησης. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις συγκολλήσεων με μεγάλο συντελεστή ασφάλειας, ο έλεγχος της ραφής είναι απόλυτα αναγκαίος, αφού μέσω αυτής μεταφέρονται δυνάμεις από το ένα μεταλλικό τεμάχιο στο άλλο. Με τον έλεγχο της συγκόλλησης καταγράφεται η ποιότητά της και εντοπίζονται τυχόν σφάλματα που θα πρέπει να διορθωθούν.



Σχήμα (3.17): (Α) Εγκλωβισμός σκουριάς σε ραφή (Β) Πόροι στη ραφή συγκόλλησης

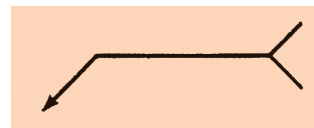
Η ποιότητα μιας ραφής εξαρτάται από τη σωστή επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης, από την ικανότητα του συγκολλητή, αλλά και από την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται. Μια συγκόλληση θεωρείται καλής ποιότητας, όταν:

- Η **εισχώρηση της κόλλησης** στο διάκενο των μεταλλικών τεμαχίων είναι πλήρης.
- Δεν παρουσιάζει **ρωγμές**.
- Δεν έχει **πόρους** αέρα ή φυσαλίδες.
- Δεν περιέχει **σκουριές** (οξειδία).
- Τα προς συγκόλληση τεμάχια δεν παρουσιάζουν **παραμορφώσεις**.
- Παρουσιάζει τις επιθυμητές **μηχανικές ιδιότητες** και τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά, που απαιτεί η κατασκευή.

Οι μέθοδοι ελέγχου της ποιότητας κάθε είδους συγκόλλησης καθώς και οι αιτίες που δημιουργούν συγκολλήσεις με σφάλματα, αναπτύσσονται σε επόμενα κεφάλαια αυτού του βιβλίου.

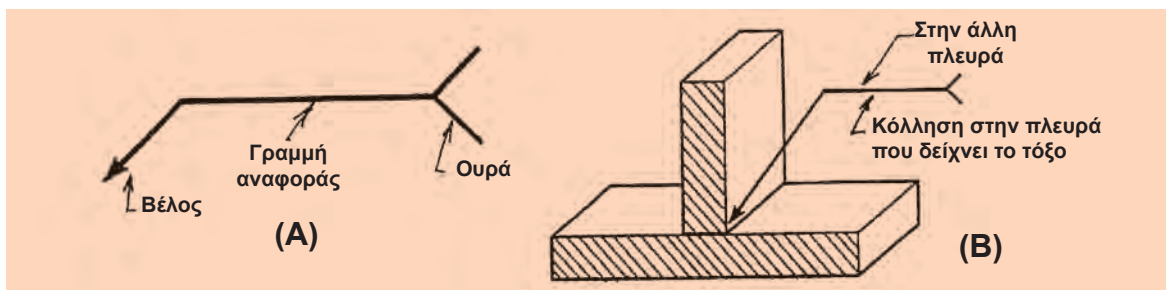
3-9. Ο συμβολισμός των συγκολλήσεων

Όπως σε κάθε τεχνική εργασία κατασκευής προδιαγράφονται όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά της πάνω στο σχέδιο κατασκευής, ώστε να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, έτσι και στις συγκολλήσεις. Για να έχει μια συγκόλληση την απαιτούμενη αντοχή σε συγκεκριμένες μηχανικές καταπονήσεις, θα πρέπει να γίνει με τη μέθοδο, την τεχνική και τα υλικά εκείνα που απαιτεί η κάθε περίπτωση συγκόλλησης. Αν αφήσουμε τον τεχνίτη να επιλέξει το είδος της συγκόλλησης μιας συναρμογής ή δεν του παρασχεθούν οι απαιτούμενες πληροφορίες (οδηγίες) για την πραγματοποίησή της, το αποτέλεσμα μπορεί να μην έχει τα αναμενόμενα **χαρακτηριστικά ασφάλειας ή κόστους**. Για τον προσδιορισμό της απαιτούμενης σε κάθε περίπτωση συγκόλλησης, έχουν θεσπιστεί τα διάφορα **σύμβολα των συγκολλήσεων**, τα οποία τοποθετούνται πάνω στο κατασκευαστικό σχέδιο κάθε συναρμογής. Το σύμβολο της συγκόλλησης αποτελείται από το **βέλος κατεύθυνσης**, τη **γραμμή αναφοράς** και την **ουρά**, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.18).

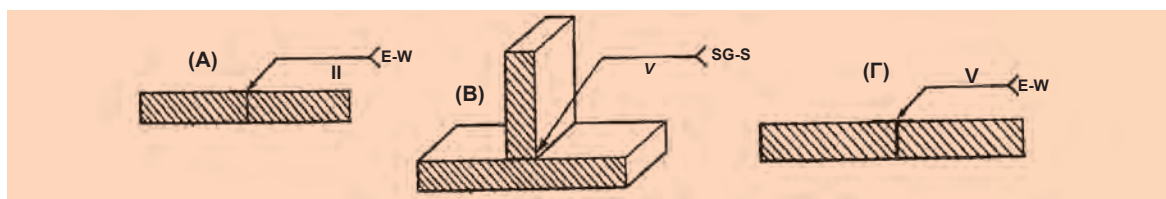


Σχήμα (3.18): Το σύμβολο της συγκόλλησης

Το **βέλος** δείχνει την ακριβή θέση της συγκόλλησης. Στη **γραμμή αναφοράς** αναγράφονται συμβολικά η μορφή των άκρων της συγκόλλησης (V, I, X κτλ.), η πλευρά που θα γίνει η συγκόλληση, η τελική διαμόρφωση της κόλλησης (επίπεδη, κοίλη ή κυρτή), ο τρόπος τελικής διαμόρφωσης (με τροχό), διάφορες χρήσιμες διαστάσεις κτλ. Οι πληροφορίες που γράφονται κάτω από τη γραμμή αναφοράς αναφέρονται στη συγκόλληση της πλευράς που δείχνει το τόξο, ενώ οι πληροφορίες που γράφονται πάνω από τη γραμμή αναφέρονται στην άλλη πλευρά. Στην **«ουρά»** του συμβόλου αναγράφονται τυποποιημένες πληροφορίες σχετικές με το είδος της συγκόλλησης (ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με προστατευτικό αέριο ή φλόγα αερίου). Μεταξύ των στοιχείων που περιλαμβάνονται στην ουρά του βέλους μπορεί να είναι και ο άξονας εργασίας (η θέση συγκόλλησης). Δηλαδή, αν ο άξονας εκτέλεσης της συγκόλλησης είναι οριζόντιος, κατακόρυφος, υπεράνω κεφαλής κτλ. Τους συμβολισμούς αυτούς τους βλέπουμε στον πίνακα (3-2).



Σχήμα (3.19): (Α) Το σύμβολο συγκόλλησης και τα στοιχεία του (Β) Πληροφορίες για την πλευρά που θα γίνει η συγκόλληση.



Σχήμα (3.20): Παραδείγματα συμβολισμών: (Α) Ραφή τύπου (I) με ηλεκτρόδιο (E) και συγκόλληση σε οριζόντιο επίπεδο (Β) Εξωραφή (γωνιακή) στη θέση του τόξου με προστατευτικό αέριο (Γ) Εσωραφή τύπου (V) με ηλεκτρόδιο (E) και ραφή σε οριζόντιο επίπεδο

Πίνακας (3-2): Συμβολισμοί της θέσης συγκόλλησης

Θέση συγκόλλησης	Σχηματική παράσταση	(1) Συμβολισμός κατά DIN (Γερμανικός)	(2) Συμβολισμός κατά AWS (Αμερικάνικος)	(3) Συμβολισμός κατά ISO (Διεθνής)
Ραφή οριζόντια σε οριζόντιο επίπεδο		W	1G	PA
Οριζόντια ραφή σε γωνία		h	2F	PB
Οριζόντια ραφή σε κατακόρυφο επίπεδο		q	2G	PC
Οριζόντια ραφή σε γωνία ουρανού		hu	4F	PD
Ραφή υπεράνω κεφαλής (ουρανού)		U	4G	PE
Κατακόρυφη ραφή, ανεβατή		S	3G↑	PF
Κατακόρυφη ραφή, κατεβατή		F	3G↓	PG

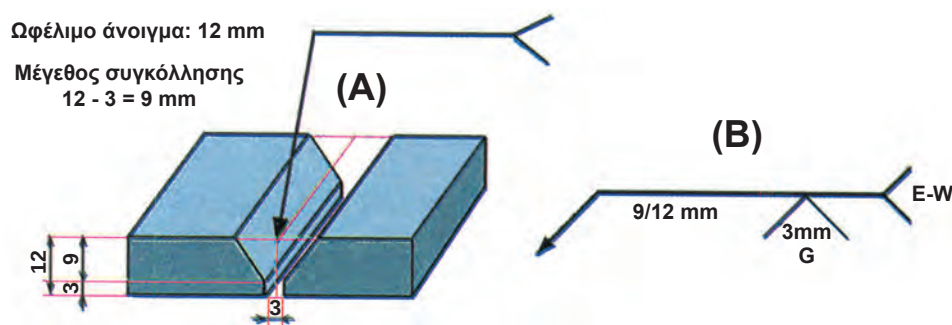
Παρατήρηση: Οι συμβολισμοί κατά ISO είναι αυτοί που ισχύουν διεθνώς και που πρέπει να χρησιμοποιούμε. Οι κατά AWS είναι οι αμερικάνικοι συμβολισμοί. Οι κατά DIN ισχύουν μόνο στη Γερμανία, αλλά χρησιμοποιούνται πολύ στο παρελθόν, πριν καθιερωθεί το σύστημα ISO. Πρέπει να τους γνωρίζουν οι μαθητές επειδή υπάρχουν σε πολλά σχέδια και μερικοί τους χρησιμοποιούν ακόμη. Προς τούτο, για εξάσκηση των μαθητών, στο παρόν βιβλίο θα γίνει χρήση τόσο των συμβολισμών κατά DIN, όσο και των συμβολισμών κατά ISO. Σε πρώτη φάση, θα χρησιμοποιηθούν μόνο οι συμβολισμοί κατά DIN. Οι συμβολισμοί κατά ISO θα αναπτυχθούν λεπτομερώς μαζί με τις ηλεκτροσυγκολλήσεις (στο κεφάλαιο 8) και στη συνέχεια του βιβλίου θα χρησιμοποιούνται μόνον αυτοί. Να σημειωθεί ότι οι θέσεις συγκόλλησης, πλην της ραφής σε οριζόντιο επίπεδο και της οριζόντιας γωνιακής, βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στις ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Στον πίνακα (3-3), εκτός των άλλων στοιχείων, αναφέρεται και ο συμβολισμός κάθε είδους ραφής. Έτσι στην εικόνα (A) του σχήματος (3.20), βλέπουμε στη γραμμή αναφοράς το σύμβολο **(II)**. Το σύμβολο αυτό σημαίνει ότι στη γραμμή που δείχνει το τόξο θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εσωραφή τύπου **(I)**, όπως φαίνεται στον πίνακα (3-3). Στην ουρά του τόξου βλέπουμε τα γράμματα E και W. Το **(E)** μας λέει ότι η συγκόλληση θα γίνει με επενδυμένο ηλεκτρόδιο τόξου, με όλα τα χαρακτηριστικά των ηλεκτροδίων αυτού του τύπου. Το γράμμα **(W)** μας λέει το επίπεδο της συγκόλλησης, που στην περίπτωσή μας σημαίνει ραφή σε οριζόντιο επίπεδο (θέση λεκάνης). Μπορεί, επίσης, να αναγράφεται και ο **πλήρης τύπος** του ηλεκτροδίου (π.χ. E4313). Άλλες πληροφορίες (οδηγίες) που μπορεί να αναγράφονται στη γραμμή αναφοράς είναι:

- Η **τελική επεξεργασία** της συγκόλλησης (ο τρόπος λείανσης της συγκόλλησης)
- Το **μέγεθος** της συγκόλλησης
- Το **άνοιγμα της ρίζας** της συγκόλλησης
- Η **διατομή** της συγκόλλησης, δηλαδή επίπεδη, κυρτή, κοίλη
- Το **ωφέλιμο άνοιγμα**

Ανάλογα με τον τρόπο λείανσης του προσώπου της συγκόλλησης έχουμε τους ακόλουθους συμβολισμούς:

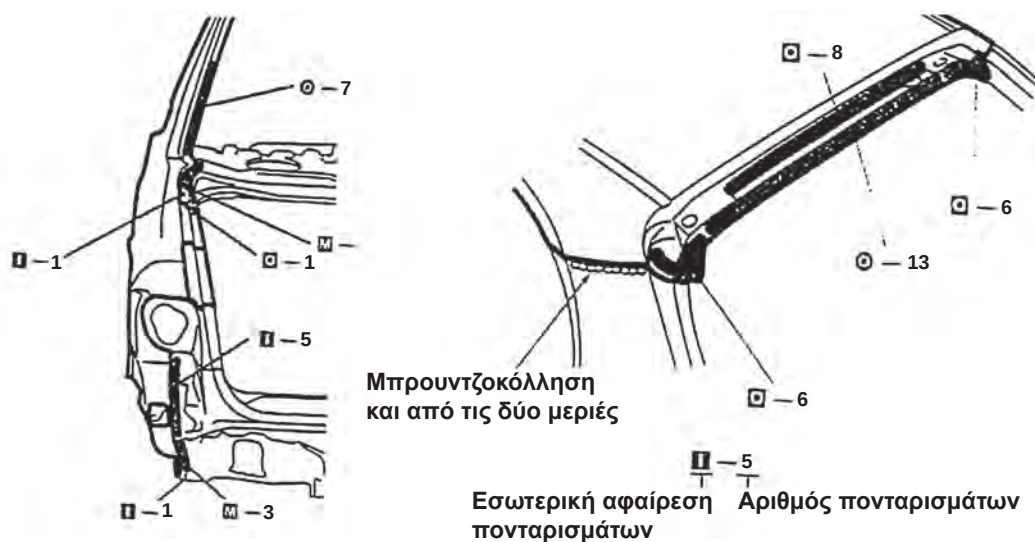
- Με λειαντικό τροχό, το γράμμα **(G)**
- Με κοπίδι, το γράμμα **(C)**
- Με σφυρί, το γράμμα **(H)**
- Με μηχανική επεξεργασία, το γράμμα **(M)**



Σχήμα (3.21): (A) Αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων μιας συγκόλλησης
(B) Παρουσίαση της ίδιας συγκόλλησης με συμβολικό τρόπο

Έτσι στην εικόνα (B) του σχήματος (3.21), το γράμμα (G) που αναγράφεται στη γραμμή αναφοράς σημαίνει ότι η τελική επεξεργασία (λείανση) πρέπει να γίνει με λειαντικό τροχό. Στον πίνακα (3-3) περιλαμβάνονται τα συνηθέστερα σύμβολα των συγκολλήσεων. Εκτός από αυτά τα σύμβολα συγκολλήσεων, χρησιμοποιούνται και πολλά άλλα ειδικών οδηγιών ή πληροφοριών, η αναφορά των οποίων ξεφεύγει από το σκοπό αυτού του βιβλίου.

Στη βιομηχανία αυτοκινήτων τα διάφορα είδη των συγκολλήσεων που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση του αμαξώματος (συγκόλληση των διαφόρων κομματιών), χρησιμοποιούνται ειδικοί συμβολισμοί, μερικοί από τους οποίους φαίνονται στον πίνακα (3-4). Τα σύμβολα του πίνακα (3-4), τοποθετούνται στα σχέδια των βιβλίων του αμαξώματος και δείχνουν τα σημεία στα οποία υπάρχουν συγκολλήσεις στο αμάξωμα, το είδος και τον τρόπο συγκόλλησης, καθώς και τον τρόπο αφαίρεσης των συγκολλήσεων (πονταρισμάτων ή συνεχούς ραφής). Με βάση τις υποδείξεις του κατασκευαστή οι τεχνίτες επισκευής αμαξωμάτων αφαιρούν τα πονταρίσματα ή κόβουν τις ραφές, για να αφαιρεθεί στη συνέχεια το άχρηστο κομμάτι και να τοποθετηθεί το καινούργιο. **Η μέθοδος συγκόλλησης πρέπει να είναι ίδια με εκείνη που έχει γίνει στο εργοστάσιο κατασκευής του αυτοκινήτου** (ηλεκτροπόντα, μπруντζοκόλληση, MIG κτλ.).



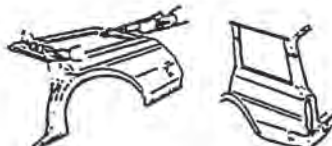
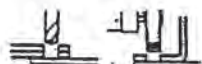
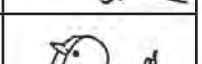
Σχήμα (3.22): Τμήματα αμαξώματος αυτοκινήτου, στα οποία υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή ο τρόπος συγκόλλησης καθώς και ο αριθμός των πονταρισμάτων.

Στον πίνακα (3-4) δίνονται μερικά από τα συνηθισμένα σύμβολα συγκολλήσεων σε αμαξώματα. Στις εικόνες του σχήματος (3.22) δίνονται οδηγίες του κατασκευαστή για το είδος και τη μορφή των συγκολλήσεων στα συγκεκριμένα σημεία.

Πίνακας 3-3: Συνήθη σύμβολα συγκόλλησης μεταλλικών τεμαχίων

A/A	Σύμβολο	Περιγραφή
1		Συγκόλληση τύπου (V) στην πλευρά του βέλους
2		Συγκόλληση τύπου (V) στην άλλη πλευρά (εσωραφή)
3		Συγκόλληση με αναδίπλωση των άκρων
4		Γωνιακή συγκόλληση στην πλευρά του βέλους (εξωραφή)
5		Γωνιακή συγκόλληση στην άλλη πλευρά (εξωραφή)
6		Γωνιακή συγκόλληση και από τις δύο πλευρές
7		Επίπεδη τελική επεξεργασία με λειαντικό τροχό
8		Κυρτή τελική επεξεργασία με μηχανικό μέσο
9		Κοίλη τελική επεξεργασία με λειαντικό τροχό
10		Επιφανειακή συγκόλληση με ύψος ραφής 2,5 mm
11		Συγκόλληση περιφερειακή (γύρω-γύρω)
12		Συγκόλληση από την άλλη πλευρά, τύπου (V) με 60° και επίπεδη τελική επεξεργασία
13		Συγκόλληση τύπου (X)
14		Συγκόλληση τύπου (I)
15		Συγκόλληση με επικάλυψη των άκρων
16		Συγκόλληση μέσα από οπή
17		Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου, με επενδυμένο ηλεκτρόδιο
18		Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου, με επενδυμένο ηλεκτρόδιο, τύπου E4313
19		Συγκόλληση με φλόγα αερίου, σε οριζόντιο επίπεδο
20		Συγκόλληση με προστατευτικό αέριο
21		Σκληρή συγκόλληση με μπρουντζοκόλληση
22		Μαλακή συγκόλληση με κασσιτεροκόλληση
23		Συγκόλληση οξυγονοασετιλίνης
24		Συγκόλληση τύπου (V) με άνοιγμα ρίζας 3 mm
25		Συγκόλληση τύπου (V) με μέγεθος 9 mm και ωφέλιμο άνοιγμα 12 mm

Πίνακας (3-4): Ειδικά σύμβολα στις συγκολλήσεις αμαξωμάτων όπως χρησιμοποιούνται από την Toyota

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ			
	Σημεία στα οποία μπορεί να κοπεί				
	Αφαίρεση μπруντζοκόλλησης				
	Συνεχής ραφή MIG				
	Μπрунτζοκόλληση				
ΑΦΑΙΡΕΣΗ			ΕΠΑΝΑΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ		
ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ
	Αφαίρεση των σημείων συγκόλλησης με ξεπονταριστή			Συγκόλληση με ηλεκτροπόντα εξωτερικά στη μέση	
	Αφαίρεση μόνο εξωτερικά			Συγκόλληση με MIG εξωτερικά	
	Αφαίρεση στη μέση			στη μέση εσωτερικά	
	Αφαίρεση εσωτερικά			Ποντάρισμα με MIG	
					

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι συναρμογές άκρων διακρίνονται σε εσωραφές ή βυθισμένες ραφές, σε εξωραφές ή γωνιακές, σε μετωπικές ή παράλληλες, σε συναρμογές μορφής, σε συναρμογές με επικάλυψη (επάλληλη ένωση) και σε ραφές ειδικών περιπτώσεων.
- Τα άκρα των μεταλλικών τεμαχίων που θα συγκολληθούν με πάχος μέχρι 1 mm δε χρειάζονται καμιά προετοιμασία, εκτός, βέβαια, από τον καθαρισμό τους.
- Το συχνότερο είδος συναρμογής άκρων μεταλλικών τεμαχίων είναι η τύπου (I), γιατί δεν απαιτεί ιδιαίτερη προετοιμασία, εκτός από την εκτίμηση της απόστασης μεταξύ των τεμαχίων που θα συγκολληθούν και τον καθαρισμό των άκρων. Η απόσταση μεταξύ των δύο τεμαχίων εξαρτάται από το πάχος των τεμαχίων.
- Αντίθετα, οι συγκολλήσεις τύπου (V), (X) και (K), που εφαρμόζονται σε τεμάχια σχετικά μεγάλου πάχους (5-25 mm), απαιτούν προσεκτική προετοιμασία των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων και μεγαλύτερη εμπειρία του τεχνίτη.
- Οι μετωπικές ραφές διακρίνονται σε επίπεδες και σε τύπου (V). Οι επίπεδες ραφές εφαρμόζονται σε συναρμογές τεμαχίων με πάχος μέχρι 5 mm, ενώ οι τύπου (V) άνω των 3 mm. Οι μετωπικές ραφές πραγματοποιούνται με οξυγονοκόλληση ή ηλεκτροσυγκόλληση.
- Στις συναρμογές με επικάλυψη μπορεί να χρησιμοποιηθούν μαλακές (κασσιτεροκολλήσεις) ή και σκληρές συγκολλήσεις (π.χ. μπρουντζοκολλήσεις) ή ηλεκτροσυγκολλήσεις.
- Για τον καθαρισμό των επιφανειών που θα συγκολληθούν χρησιμοποιούνται μηχανικά αλλά και χημικά μέσα (αντιοξειδωτικά).
- Οι συναρμογές μορφής αναφέρονται σε συγκολλήσεις μεταλλικών τεμαχίων από μορφοδοκούς. Κατά την παραγγελία μορφοδοκών θα πρέπει να δίνονται τα ακόλουθα στοιχεία: Το σύμβολο της μορφής, οι διαστάσεις της μορφοδοκού, ο αριθμός του προτύπου και το είδος του χάλυβα (π.χ. St).
- Τα κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης σε μια κατασκευή είναι: Η ασφάλεια της συναρμογής, το κόστος, η δυνατότητα επιλογής άλλης μεθόδου, η δυνατότητα αξιόπιστου ελέγχου της ποιότητας της συγκόλλησης και οι πιθανές παραμορφώσεις που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη δοκιμασία της συγκόλλησης με τη μια ή την άλλη μέθοδο.
- Για την εκτίμηση του κόστους των συγκολλήσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία: Το κόστος των αερίων που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση των συγκολλήσεων. Το κόστος του τεχνίτη συγκολλητή. Το κόστος των συγκολλητικών υλικών και των υλικών καθαρισμού, το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος (στις περιπτώσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων) και το κόστος λειτουργίας συστημάτων εξαερισμού.
- Μια συγκόλληση θεωρείται καλής ποιότητας, όταν: η εισχώρηση της κόλλησης είναι πλήρης, δεν παρουσιάζει ρωγμές, πόρους ή φυσαλίδες, δεν περιέχει σκουριές (οξειδία), δε δημιουργεί παραμορφώσεις των προς συγκόλληση τεμαχίων και έχει τις μηχανικές ιδιότητες που απαιτεί η κατασκευή.
- Όπως σε όλες τις περιπτώσεις σχεδιασμού τεχνικών εργασιών χρησιμοποιούνται σύμβολα, έτσι και στην περίπτωση των συγκολλήσεων χρησιμοποιούνται ειδικά σύμβολα με όλες τις αναγκαίες πληροφορίες που αφορούν την κάθε συγκόλληση.
- Στις περιπτώσεις συγκολλήσεων σε αμαξώματα θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά οι οδηγίες των κατασκευαστών. Γι' αυτό ο τεχνίτης αμαξωμάτων θα πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τα ειδικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις αμαξωμάτων αυτοκινήτων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Ποιο στοιχείο των προς συγκόλληση τεμαχίων καθορίζει την απόσταση των άκρων τους;
2. Ποια είδη ραφών γνωρίζετε με βάση τον άξονα ραφής και το επίπεδο των προς συγκόλληση τεμαχίων;
3. Σε ποιες περιπτώσεις συνιστώνται οι μετωπικές επίπεδες ραφές και σε ποιες οι τύποι (V);
4. Αναφέρετε τη διαδικασία προετοιμασίας των άκρων που θα συγκολληθούν με επικάλυψη.
5. Τι εννοούμε με τον όρο «μορφοδοκός» και ποια στοιχεία είναι απαραίτητα για την παραγωγή;
6. Ποια κριτήρια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της μεθόδου μιας συγκόλλησης;
7. Κατά την εκτίμηση του κόστους μιας συγκόλλησης ποια στοιχεία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη;
8. Τι εννοούμε με τον όρο «ασφάλεια» μιας συγκόλλησης;
9. Πότε λέμε ότι μια συγκόλληση είναι καλής ποιότητας;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

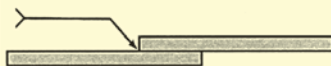
1. Στην περίπτωση εκτέλεσης συγκολλήσεων στο αμάξωμα ενός αυτοκινήτου, ποιος παράγοντας, κατά τη γνώμη σου, είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας, το κόστος, η ασφάλεια ή η ευκολία του συγκολλητή και γιατί;
2. Αν κατά τον έλεγχο μιας συγκόλλησης διαπιστωθεί ότι υπάρχουν σκουριές, ενώ η εμφάνιση της συγκόλλησης είναι άριστη, θα αγνοήσεις το αποτέλεσμα του ελέγχου ή θα επιχειρήσεις να διορθώσεις το σφάλμα; Δικαιολόγησε την επιλογή σου.
3. Δικαιολόγησε το αυξημένο κόστος συγκόλλησης «υπεράνω κεφαλής» (στην οροφή) σε σύγκριση με τις συγκολλήσεις σε οριζόντιο άξονα και επίπεδο.
4. Δώστε το συμβολισμό στις ακόλουθες περιπτώσεις συγκολλήσεων :
 - (α) Θα γίνει σκληρή συγκόλληση B-Cu60Zn, με φλόγα αερίου, σε οριζόντιο επίπεδο και η τελική επεξεργασία θα γίνει με λειαντικό τροχό.

Σχήμα ερώτησης 4(α)



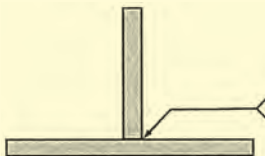
- (β) Ομοίως με την παραπάνω, αλλά θα γίνει κασιτεροκόλληση, τύπου S-Sn50Pb47Sb.

Σχήμα ερώτησης 4(β)



- (γ) Θα γίνει ηλεκτροσυγκόλληση τόξου και από τις δύο πλευρές, με κυρτή επιφάνεια, σε οριζόντιο επίπεδο, τελική επεξεργασία με τροχό και με ηλεκτρόδιο E4313.

Σχήμα ερώτησης 4(γ)



ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 1

Συμβολισμοί συγκολλήσεων στα αμαξώματα

Θα συνταχθούν σχέδια με τους συμβολισμούς των συγκολλήσεων πάνω στα αυτοκίνητα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ των εταιρειών στο θέμα των συμβολισμών. Προς τούτο, θα οργανωθούν επισκέψεις σε οργανωμένα συνεργεία αντιπροσωπίων αυτοκινήτων και θα ζητηθούν στοιχεία σχετικά με τις συγκολλήσεις αυτοκινήτων. Θα ζητηθούν σχέδια με τους συμβολισμούς των συγκολλήσεων. Θα γίνει πίνακας που θα περιέχει όλους τους συμβολισμούς που συγκέντρωσαν οι μαθητές.

Εργασία 2

Συμβολισμοί που ισχύουν γενικά στις συγκολλήσεις

Να αναζητηθούν τα πρότυπα που ισχύουν για τους συμβολισμούς των συγκολλήσεων και να γίνει πίνακας που να περιέχει όλους τους συμβολισμούς. Δίδεται ότι ο αριθμός του ISO που αναφέρει τις θέσεις συγκόλλησης είναι 6947 (ISO-6947). Ο καλύτερος τρόπος για τη διεκπεραίωση της εργασίας είναι μέσω επίσκεψης στη βιβλιοθήκη του ΕΛΟΤ.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Άσκηση 3-1

Τεχνικά χαρακτηριστικά συγκολλήσεων

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να έλθουν οι μαθητές σε πρώτη επαφή με την προετοιμασία που απαιτούν τα άκρα δύο μεταλλικών τεμαχίων πριν από τη συγκόλλησή τους.
- Να εξοικειωθούν με τη διαδικασία επιλογής της απαιτούμενης προετοιμασίας των άκρων μεταλλικών τεμαχίων, με βάση το πάχος τους.
- Να ασκηθούν στην ανάγνωση των συμβολισμών των συγκολλήσεων μεταλλικών τεμαχίων.

Απαιτούμενος εξοπλισμός

- Κομμάτια ελασμάτων διαφόρων παχών
- Σειρά συγκολλημένων τεμαχίων με όλα τα είδη εσωραφών
- Σειρά συγκολλημένων τεμαχίων με όλα τα είδη εξωραφών (γωνιακών ραφών)
- Συγκολλημένα τεμάχια ειδικών συγκολλήσεων (π.χ. μέσω σχισμής ή οπής)
- Σειρά από μικρά τεμάχια μορφοδοκών διαφόρων ειδών
- Ρυθμιζόμενος ελεγκτήρας, για τον έλεγχο του πάχους της συγκόλλησης και της καθετότητας των συγκολλημένων τεμαχίων
- Μεταλλοψάλιδο (ποδοκίνητο ή χειρός)
- Στράντζα (καμπτική μηχανή)

Πορεία εργασίας

1. Ο καθηγητής επιδεικνύει στους μαθητές συγκολλημένα τεμάχια, τα οποία είναι αριθμημένα και τους εξηγεί τον τρόπο διαμόρφωσης των άκρων και το είδος της συγκόλλησής τους (μαλακές και σκληρές).

2. Κατόπιν, διανέμεται στους μαθητές το έντυπο-υπόδειγμα της άσκησης και τους εξηγεί τον τρόπο συμπλήρωσής του. Τα συγκολλημένα μεταλλικά τεμάχια περιφέρονται στα χέρια των μαθητών με τάξη και με τρόπο, ώστε να περάσουν όλα τα συγκολλημένα τεμάχια απ' όλους τους μαθητές.
3. Οι μαθητές τα παρατηρούν προσεκτικά και καταγράφουν στην ειδική στήλη του εντύπου τα ζητούμενα στοιχεία.

Ο καθηγητής συλλέγει τα συμπληρωμένα έντυπα και τα επιστρέφει στο επόμενο μάθημα με τις απαραίτητες διορθώσεις, δίνοντας τις σωστές απαντήσεις και σχολιάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών.

Επίσης, ο καθηγητής μπορεί να δείξει στους μαθητές πώς γίνεται η διαμόρφωση άκρων με αναδίπλωση, χρησιμοποιώντας καμπτική μηχανή (στράντζα), καθώς και διαμόρφωση άκρων κατά (V). Μια άλλη εργαστηριακή δραστηριότητα θα μπορούσε να είναι η επίδειξη από τον καθηγητή παλιών ανταλλακτικών από αμαξώματα αυτοκινήτων με συγκολλημένα επί μέρους εξαρτήματα (μεταλλικά τεμάχια). Ο καθηγητής ζητά από τους μαθητές να αναγνωρίσουν γνωστούς τρόπους διαμόρφωσης των άκρων στις υπάρχουσες στα αμαξώματα συγκολλήσεις. Επίσης, ζητά να σημειωθεί και το είδος κάθε συγκόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υπόδειγμα άσκησης 3/1

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση την αρίθμηση των συγκολλημένων τεμαχίων που σας έχουν δοθεί.

A/A τεμαχίου	Πάχος ελάσματος	Είδος μετάλλου	Είδος ραφής	Συμβολισμός
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

ΜΑΛΑΚΕΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

- Γενικά για τις ετερογενείς συγκολλήσεις
- Μαλακές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων
- Υλικά καθαρισμού των μαλακών συγκολλήσεων
- Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις

4. ΜΑΛΑΚΕΣ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να γνωρίσουν οι μαθητές την έννοια και τα είδη των ετερογενών συγκολλήσεων.
- Να διακρίνουν τις μαλακές από τις σκληρές ετερογενείς συγκολλήσεις.
- Να μπορούν να επιλέγουν και να χειρίζονται την απαιτούμενη συσκευή για κάθε είδος μαλακής ετερογενούς συγκόλλησης.
- Να επιλέγουν το κατάλληλο καθαριστικό και συγκολλητικό υλικό (κόλληση) για κάθε περίπτωση μαλακής συγκόλλησης.
- Να μπορούν να εκτελούν μαλακές συγκολλήσεις.

4-1. Γενικά για τις ετερογενείς συγκολλήσεις

Όπως είδαμε και στην παράγραφο (2-2), οι συγκολλήσεις τήξης διακρίνονται σε ετερογενείς και αυτογενείς. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά και τα είδη των **ετερογενών συγκολλήσεων** στις μορφές που τις συναντούμε στις καθημερινές εφαρμογές.

Κύριο χαρακτηριστικό των ετερογενών συγκολλήσεων είναι ότι για τη σύνδεση (συγκόλληση) δύο μεταλλικών τεμαχίων χρησιμοποιείται υλικό διαφορετικής σύνθεσης από το υλικό των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν. Το υλικό αυτό ονομάζεται **κόλληση**. Η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης είναι πάντα μικρότερη από εκείνη των μεταλλικών κομματιών. Τα μεταλλικά κομμάτια θερμαίνονται μαζί με την κόλληση, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη για κάθε περίπτωση συσκευή θέρμανσης (καμινέτο, συσκευή προπανίου, οξυγονοασετιλίνη). Όταν η θερμοκρασία φθάσει στην θερμοκρασία τήξης της κόλλησης, η κόλληση ρευστοποιείται (λιώνει) και εισχωρεί στους πόρους των επιφανειών που θα συγκολληθούν. Όταν οι επιφάνειες που θερμάνθηκαν επανέλθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, έχει πραγματοποιηθεί κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών και, επομένως, η συγκόλλησή τους.

Για να έχουμε όμως ικανοποιητική πρόσφυση στις προς συγκόλληση επιφάνειες, θα πρέπει οι επιφάνειες να έχουν καθαριστεί σχολαστικά, αλλιώς θα προκύψουν αδύναμες συγκολλήσεις με όλες τις αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να παρουσιάσουν. Τα μηχανικά και τα χημικά μέσα καθαρισμού που χρησιμοποιούνται, καθώς και η διαδικασία καθαρισμού των επιφανειών που θα συγκολληθούν, αναφέρονται σε επόμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου.

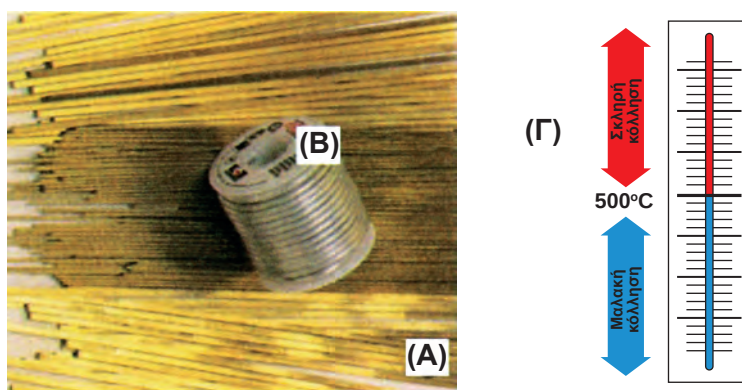
Οι ετερογενείς συγκολλήσεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη θερμοκρασία τήξης της χρησιμοποιούμενης κόλλησης. Έτσι έχουμε:

- **Μαλακές ετερογενείς συγκολλήσεις**
- **Σκληρές ετερογενείς συγκολλήσεις**

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις διακρίνονται επίσης:

- Σε συγκολλήσεις **βαρέων** μετάλλων
- Σε συγκολλήσεις **ελαφρών** μετάλλων

Ονομάζουμε **μαλακές συγκολλήσεις** εκείνες τις συγκολλήσεις στις οποίες η κόλληση που χρησιμοποιείται τήκεται σε θερμοκρασία **κάτω των 500°C** (συνήθως στους 200 με 300°C). Ενώ οι συγκολλήσεις στις οποίες η χρησιμοποιούμενη κόλληση τήκεται σε θερμοκρασία **πάνω από 500°C** ονομάζονται **σκληρές συγκολλήσεις** (500 -1100°C).



Σχήμα (4.1): Μαλακές κολλήσεις που περιέχουν κυρίως κασσίτερο (Sn) και μόλυβδο (Pb): (Α) Σε βέργες (Β) Σε καρούλι (Γ) Θερμοκρασιακός διαχωρισμός μαλακών και σκληρών κολλήσεων

Ονομάζουμε **βαρέα μέταλλα** εκείνα των οποίων το ειδικό βάρος είναι **μεγαλύτερο των 5g/cm³**. Τέτοια γνωστά μας μέταλλα είναι ο σίδηρος, ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος κτλ. Τα μέταλλα των οποίων το ειδικό βάρος είναι **μικρότερο των 5g/cm³** ονομάζονται **ελαφρά μέταλλα**. Ελαφρά μέταλλα χαρακτηρίζονται το αλουμίνιο, το μαγνήσιο κτλ.

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις **χρησιμοποιούνται** στις περιπτώσεις που δεν μπορούμε ή είναι ασύμφορο να θερμάνουμε τα προς συγκόλληση τεμάχια μέχρι του σημείου τήξης τους. Επίσης, όταν έχουμε να συγκολλήσουμε τεμάχια από διαφορετικό μέταλλο και, επομένως, δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε αυτογενή συγκόλληση. Για παράδειγμα, όταν θέλουμε να συγκολλήσουμε κοινό χάλυβα με ειδικό χάλυβα.

4-2. Μαλακές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, στις μαλακές συγκολλήσεις, η κόλληση (συγκολλητικό υλικό) λιώνει σε θερμοκρασίες **κάτω των 500°C**. Στις μαλακές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων (χαλύβων, χαλκού, κραμάτων χαλκού ή

ψευδαργύρου) ως κόλληση χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα η **κασσιτεροκόλληση**. Η κασσιτεροκόλληση είναι **κράμα κασσίτερου (Sn)** και **μόλυβδου (Pb)** σε διάφορες αναλογίες που σχετίζονται με τις εφαρμογές στις οποίες θα χρησιμοποιηθεί η κόλληση. Στις περισσότερες περιπτώσεις κασσιτεροκόλλησης, στη σύνθεσή τους περιέχεται και μικρή ποσότητα **αντιμονίου (Sb)**. Το ποσοστό αντιμονίου στις κασσιτεροκολλήσεις αρχίζει από 0,5% και φτάνει μέχρι και 3,3%. Η παρουσία του αντιμονίου αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή της. Στον πίνακα (4-1) φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συγκολλητικών υλικών (κολλήσεων) για μαλακές συγκολλήσεις.

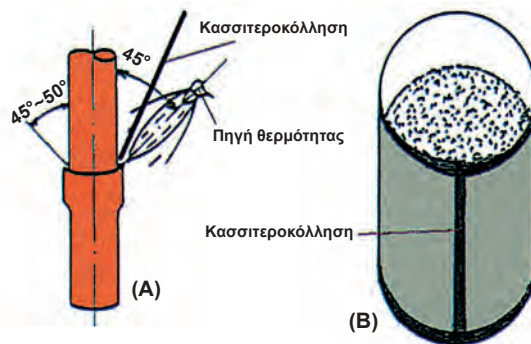
Πίνακας (4-1): Τυπικές μαλακές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων

Συμβολισμός κατά ISO-3677	Θερμοκρασία Τήξης (°C)	Τυπικές εφαρμογές	Επεξήγηση του συμβολισμού των μαλακών κολλήσεων κατά ISO-3677
S-Sn90Pb9Sb	219	Συγκόλληση αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα	• Προηγείται πάντα το γράμμα S • Ακολουθεί παύλα (-) και μετά τα σύμβολα των στοιχείων, με τα αντίστοιχα ποσοστά τους %, κατά σειρά ύψους περιεκτικότητας και με πιθανή απόκλιση $\pm 1\%$. Στο τελευταίο στοιχείο δεν αναγράφεται το ποσοστό του. • Στοιχεία που δεν έχουν λειτουργικό ρόλο (ακαθαρσίες), δεν αναφέρονται. • Το (E) σημαίνει υλικό κατάλληλο και για ηλεκτρικές εφαρμογές. Παράδειγμα: Το S-Pb92Sn8Sb έχει $\pi(\text{Pb}) \approx 92\%$, $\pi(\text{Sn}) \approx 8\%$ και πολύ μικρή $\pi(\text{Sb})$, π.χ. $\pi(\text{Sb}) = 0,5\%$
S-Sn60Pb37Sb(E)	185	Ηλεκτρονική, Ηλεκτρολογία	
S-Sn50Pb47Sb	200	Κόλληση γενικής χρήσης	
S-Pb57Sn40Sb	223	Λεπτές συγκολλήσεις, κόλληση μικρών αντικειμένων	
S-Pb68Sn30Sb	249	Υδραυλικές εργασίες (χαλκοσωλήνες κτλ.)	
S-Pb73Sn25Sb	257	Αντικείμενα από μόλυβδο (φρεάτια, μολυβδοσωλήνες κτλ.)	
S-Pb92Sn8Sb	305	Εργασίες φανοποιίας	
S-Pb99	320	Για ασθενείς συγκολλήσεις	
Sn = κασσίτερος, Pb = μόλυβδος, Sb = αντιμόνιο			

Προσοχή: Επειδή οι ενώσεις του μόλυβδου (Pb) είναι δηλητηριώδεις, οι κασσιτεροκολλήσεις που περιέχουν στη σύνθεσή τους μόλυβδο **πάνω από 10%**, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συγκολλήσεις μεταλλικών αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τροφές (σκεύη κουζίνας, κονσέρβες κτλ.) ή με πόσιμο νερό.

Όπως φαίνεται στον πίνακα (4-1), η θερμοκρασία τήξης των κασσιτεροκολλήσεων εξαρτάται από τη σύνθεσή τους και, κυρίως, από την αναλογία σε κασσίτερο

και μόλυβδο. Όσο αυξάνεται το ποσοστό σε μόλυβδο, αυξάνεται και η θερμοκρασία τήξης της κασσιτεροκόλλησης.



Σχήμα (4.2): Μεταλλικές κατασκευές συγκολλημένες με κασσιτεροκόλληση (Α) Συγκόλληση χαλκοσωλήνων (Β) Δοχείο υγρών

Για να πραγματοποιείται γρήγορα μια κασσιτεροκόλληση (επομένως και πιο οικονομικά), θα πρέπει να «απλώνει» εύκολα πάνω στα προς συγκόλληση μεταλλικά κομμάτια. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα κασσίτερου μίας κασσιτεροκόλλησης, τόσο πιο γρήγορα και εύκολα απλώνει. Όμως, όσο αυξάνει το ποσοστό κασσίτερου στη σύνθεση της κασσιτεροκόλλησης, τόσο αυξάνεται και το κόστος της.

Στην πράξη έχει διαπιστωθεί ότι οι κολλήσεις με περιεκτικότητα σε κασσίτερο μεταξύ **40% και 50%** δουλεύονται εύκολα και το κόστος τους διαμορφώνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Γι' αυτό και οι κασσιτεροκολλήσεις αυτών των συνθέσεων προτιμούνται στις διάφορες εφαρμογές μαλακών συγκολλήσεων, εκτός, βέβαια, από τις περιπτώσεις συγκόλλησης αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τροφές (επειδή το υπόλοιπο ποσοστό είναι κυρίως μόλυβδος).

Οι κασσιτεροκολλήσεις δε δίνουν συγκολλήσεις με αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Γι' αυτό και χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, για να εξασφαλίζεται η **στεγανότητα** μιας κατασκευής, παρά για μεταφορά δυνάμεων.

Εκτός από τις συνηθισμένες συνθέσεις μαλακών κολλήσεων που αναφέρονται στον πίνακα (4-1) κυκλοφορούν στο εμπόριο και ειδικές μαλακές κολλήσεις που χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που οι προδιαγραφές μιας συγκόλλησης δεν ικανοποιούνται από τις κοινές κασσιτεροκολλήσεις. Έτσι π.χ. στις περιπτώσεις συγκολλήσεων σε σωλήνες ψυγείων που οι θερμοκρασίες σε άλλους σωλήνες είναι πολύ υψηλές και σε άλλους χαμηλές (όπως και οι πιέσεις) χρησιμοποιούνται κασσιτεροκολλήσεις με **95 % κασσίτερο και 5 % αντιμόνιο** (S-Sn95Sb5). Η κασσιτεροκόλληση αυτής της σύνθεσης έχει μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις από την κόλληση με σύνθεση **95% κασσίτερο και 5% μόλυβδο** (S-Sn95Pb5).

Στην σύνθεση των μαλακών κολλήσεων συχνά υπάρχουν **κάδμιο (Cd)**, **άργυρος (Ag)**, ή **βισμούθιο (Bi)**, σύμφωνα με τις ιδιότητες που θέλουμε να έχει η κόλληση. Με την προσθήκη ενός ή περισσοτέρων από τα πιο πάνω μέταλλα στη σύνθεση των κασσιτεροκολλήσεων, αυξάνεται η σκληρότητά τους και στις περισσότερες περιπτώσεις ελαττώνεται το σημείο τήξης τους (κάδμιο, βισμούθιο).

***Προσοχή:** Το κάδμιο, όταν λιώνει κατά τη συγκόλληση, αποδεσμεύει δηλητηριώδεις ατμούς που βλάπτουν σοβαρά την υγεία των εργαζομένων. Γι' αυτό οι χώροι στους οποίους γίνονται συγκολλήσεις με κόλληση που περιέχει κάδμιο, θα πρέπει να εξαερίζονται πολύ καλά.*

4-3. Υλικά καθαρισμού των μαλακών συγκολλήσεων

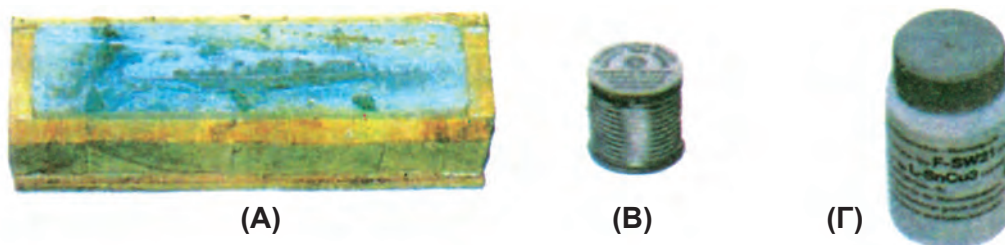
Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο, οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν πρέπει να είναι καθαρές κι απαλλαγμένες από οξειδία. Μόνο τότε θα έχουμε καλή διείσδυση της κόλλησης και, επομένως, συγκόλληση καλής ποιότητας. Όμως, όσο καλά κι αν καθαριστεί μια μεταλλική επιφάνεια με μηχανικά μέσα (π.χ. με λειαντικό τροχό), απομένουν στην επιφάνεια τα οξειδία, τα οποία εμποδίζουν τη συγκόλληση ή συμβάλλουν στη δημιουργία συγκόλλησης κακής ποιότητας. Γι' αυτό, πριν από τη διαδικασία κάθε συγκόλλησης, καθαρίζουμε πάντα τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν με χημικά υλικά καθαρισμού (αντιοξειδωτικά).

Σκοπός των χημικών υλικών καθαρισμού είναι:

- **Να καθαρίζουν τις θερμές μεταλλικές επιφάνειες και να διαλύουν τα οξειδία που υπάρχουν σ' αυτές.**
- **Να καθαρίζουν τη μαλακή κόλληση από τα υπάρχοντα οξειδία της.**
- **Να εμποδίζουν την είσοδο αέρα στο σημείο συγκόλλησης και να αποφεύγεται έτσι ο σχηματισμός οξειδίων.**

Για να εκπληρώνει τους παραπάνω σκοπούς ένα υλικό καθαρισμού, θα πρέπει να παραμένει σε υγρή κατάσταση στις θερμοκρασίες που πραγματοποιούνται οι μαλακές συγκολλήσεις (200 – 300°C).

Τα υλικά καθαρισμού μαλακών συγκολλήσεων χωρίζονται σε:



Σχήμα (4.3): (Α) Πλάκα αμμωνιακού άλατος (νισαντήρι) (Β) Κασσιτεροκόλληση σε καρούλι (Γ) Αποξειδωτική πάστα καθαρισμού για μαλακές συγκολλήσεις

- Όξινα
- Ουδέτερα

Από τα **όξινα** υλικά καθαρισμού, το πλέον χρησιμοποιούμενο είναι το **σπίρτο του άλατος**, που παρασκευάζεται με βάση το υδροχλωρικό οξύ και τα άλατά του, κυρίως το **χλωριούχο ψευδάργυρο**.

Ο **χλωριούχος ψευδάργυρος** (ZnCl_2) χρησιμοποιείται ευρύτατα διαλυμένος σε νερό με την ονομασία **σβησμένο σπίρτο του άλατος**. Είναι κατάλληλος μόνο για συγκολλήσεις που απαιτούν θερμοκρασία άνω των 260°C . Αν όμως προστεθεί στο μείγμα και **χλωριούχο αμμώνιο** (NH_4Cl), το καθαριστικό υλικό που προκύπτει μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις κασσιτεροκολλήσεις **από 180°C και άνω**.

***Προσοχή:** Το υδροχλωρικό οξύ είναι καυστικό υγρό. Γι' αυτό θα πρέπει να το μεταχειριζόμαστε με προσοχή και να παίρνουμε όλες τις αναγκαίες προφυλάξεις για την προστασία μας.*

Το χλωριούχο αμμώνιο (νισαντήρι) που φαίνεται στην εικόνα (Α) του σχήματος (4.3) κυκλοφορεί σε στερεά μορφή και χρησιμοποιείται, κυρίως, για τον καθαρισμό του κολλητηρίου που χρησιμοποιούμε στις κασσιτεροκολλήσεις.

Εκτός από τα αναφερθέντα πιο πάνω υλικά καθαρισμού υπό μορφή διαλύματος, στο εμπόριο υπάρχουν και όξινα υλικά καθαρισμού σε μορφή πάστας ή λίπους, όπως στην εικόνα (Γ) του σχήματος (4.3). Η μορφή αυτή των καθαριστικών υλικών δίνει καλύτερα αποτελέσματα καθαρισμού των προς συγκόλληση επιφανειών, επειδή γίνεται καλύτερη επάλειψη των επιφανειών στη θέση της συγκόλλησης. Τα υπολείμματά τους θα πρέπει να απομακρύνονται **με τη χρήση ζεστού νερού**. Αν δε γίνει καθαρισμός της συγκόλλησης από τα υλικά καθαρισμού, μπορεί στο μέλλον να προκύψουν προβλήματα διάβρωσης γύρω από τα σημεία της συγκόλλησης.

Μερικές μαλακές κολλήσεις έχουν τη μορφή λεπτού σωλήνα, που στο εσωτερικό του υπάρχει **όξινη πάστα** καθαρισμού, ενώ τα τοιχώματα του σωλήνα αποτελούν την κόλληση. Το είδος αυτό της κόλλησης διατίθεται συνήθως σε καρούλια, όπως φαίνεται στο σχήμα (4.3), εικόνα (Β).

Τα **ουδέτερα** υλικά καθαρισμού έχουν ως βάση της παρασκευής τους το **κολοφώνιο**. Το κολοφώνιο παράγεται από το ρετσίνι, όταν του αφαιρεθεί το τερεβινθέλαιο (νέφτι) με τη διαδικασία της απόσταξης. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, σε συγκόλληση **γαλβανισμένων επιφανειών** και σε συγκολλήσεις ακροδεκτών σε καλώδια, λόγω του ότι δεν είναι διαβρωτικά και δεν καταστρέφουν τις μονώσεις. Κυκλοφορούν σε **μορφή σκόνης, αλοιφής ή διαλύματος**. Περιέχουν οξύ σε μικρή ποσότητα, αλλά αρκετή για τον καθαρισμό των προς συγκόλληση επιφανειών, ενώ η παρουσία του κολοφωνίου εμποδίζει το σχηματισμό οξειδίων στη θέση της συγκόλλησης.

Στον πίνακα (4-2) φαίνεται το σύστημα τυποποίησης των υλικών καθαρισμού σύμφωνα με το **ISO 9454**. Π.χ. υλικό καθαρισμού ρητίνης με κολοφώνιο, χωρίς αλογόνα υλικά, σε μορφή πάστας, χαρακτηρίζεται ως 1.1.3.C.

Πίνακας (4-2): Κατάταξη των υλικών καθαρισμού των μαλακών κολλήσεων σύμφωνα με τα κύρια συστατικά τους

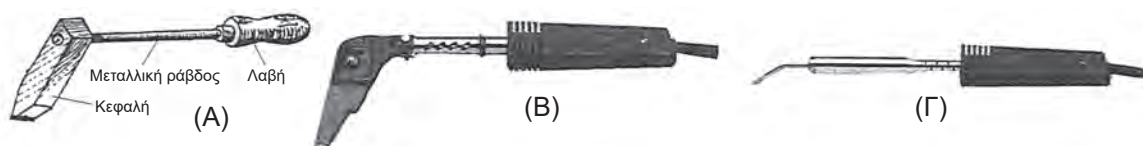
Τύπος υλικού καθαρισμού	Βάση του υλικού καθαρισμού	Ενεργοποίηση του υλικού καθαρισμού	Κατάσταση του υλικού καθαρισμού
1 Ρητίνης	1 Κολοφώνιο 2 Χωρίς κολοφώνιο	1 Χωρίς υλικό ενεργοποίησης 2 Με αλογόνα υλικά ενεργοποίησης 3 Χωρίς αλογόνα υλικά	Α Υγρό
2 Οργανικά	1 Διαλυτά στο νερό 2 Μη διαλυτά στο νερό		
3 Ανόργανα	1 Άλατα	1 Με χλωριούχο αμμώνιο 2 Χωρίς χλωριούχο αμμώνιο	B Στερεό
	2 Οξέα	1 Φωσφορικό οξύ 2 Άλλα οξέα	C Πάστα
	3 Βάσεις	1 Αμινιοβάσεις / αμμωνία	

4-4. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις είναι απλά στη χρήση τους, μεταφέρονται εύκολα και είναι μικρού κόστους. Τα κυριότερα από τα εργαλεία αυτά είναι:

- Τα κολλητήρια (συγκολλητήρες)
- Οι λίμες (λεπτόδοντες)
- Συρματόβουρτσες
- Πινέλα
- Σφιγκτήρες

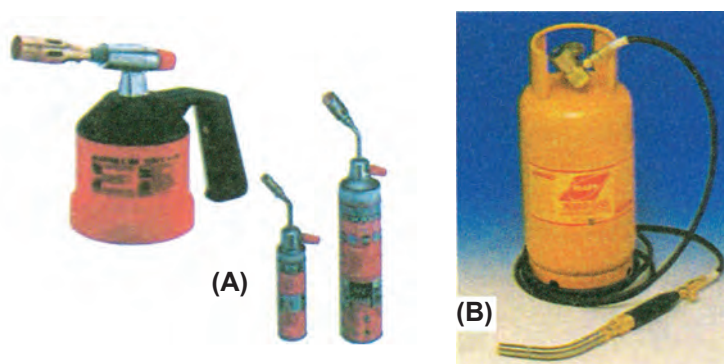
Τα κολλητήρια που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις διακρίνονται στα κολλητήρια που θερμαίνονται **με φλόγα** και στα **ηλεκτρικά**. Αποτελούνται από την κεφαλή, τη λαβή και τη σιδερένια ράβδο που συνδέει την κεφαλή με τη λαβή χειρισμού του κολλητηριού, όπως στην εικόνα (Α) του σχήματος (4.4).



Σχήμα (4.4): (Α) Απλό γωνιακό κολλητήριο που πυρώνεται με φλόγα (Β) Ηλεκτρικό γωνιακό κολλητήριο (Γ) Ηλεκτρικό κολλητήριο που χρησιμοποιείται συνήθως από τους ηλεκτρολόγους και ηλεκτρονικούς, για τη σύνδεση ακροδεκτών

Η **κεφαλή** των κολλητηριών είναι κατασκευασμένη από χαλκό, γιατί ο χαλκός, όπως είναι γνωστό, παρουσιάζει **μεγάλο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μεγάλη θερμοχωρητικότητα**. Δηλαδή αποθηκεύει μεγάλο ποσό θερμότητας κατά τη θέρμανσή του, την οποία, στη συνέχεια, μεταφέρει στις προς συγκόλληση επιφάνειες και στην κόλληση, για να θερμανθούν και να πραγματοποιηθεί η συγκόλληση. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα της κεφαλής του κολλητηριού, τόσο μεγαλύτερο ποσό θερμότητας αποθηκεύει και τόσο περισσότερες κολλήσεις μπορεί να πραγματοποιήσει.

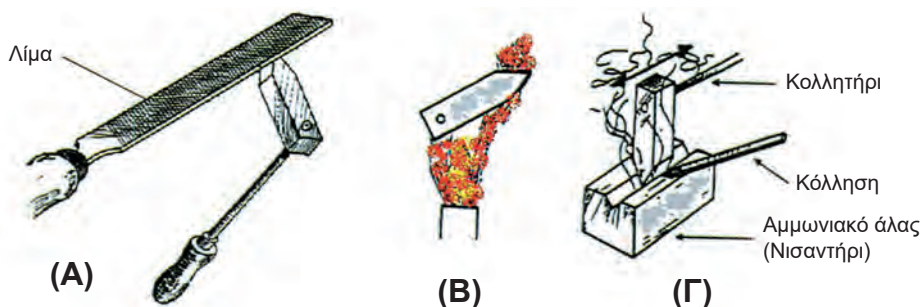
Τα απλά κολλητήρια ζυγίζουν από **250 έως 500 gr** και θερμαίνονται σε φλόγα αερίου καυσίμου (όπως το προπάνιο, το βουτάνιο κτλ.) ή σε καυστήρα βενζίνης. Όταν η κεφαλή αρχίσει να κοκκινίζει, το κολλητήρι έχει αποκτήσει θερμοκρασία 500 με 600°C, η οποία είναι ικανοποιητική για την πραγματοποίηση κασσιτεροκολλήσεων. Η θέρμανση του κολλητηριού πρέπει να γίνεται σε ολόκληρη την κεφαλή και όχι μόνο στη μύτη. Έτσι θα έχουμε τη δυνατότητα να μεταφέρουμε στα σημεία της συγκόλλησης μεγαλύτερο ποσό θερμότητας ικανό να ολοκληρώσει τη συγκόλληση.



Σχήμα (4.5): Συσκευές συγκόλλησης προπανίου: (Α) Συσκευές συγκόλλησης προπανίου για μικρές εργασίες (Β) Φιάλη προπανίου που χρησιμοποιείται σε μαλακές συγκολλήσεις μεγάλης έκτασης.

Η κεφαλή του κολλητηριού και, ειδικά, η μύτη του θα πρέπει να καθαρίζεται συχνά από τα οξείδια που σχηματίζονται κατά τις συγκολλήσεις. Κατά τον καθαρισμό του κολλητηριού προηγείται θέρμανση της κεφαλής του και ακολουθεί ο **μηχανικός** και **χημικός** του καθαρισμός. Ο μηχανικός καθαρισμός γίνεται με λιμάρισμα της μύτης του κολλητηριού με μια ψιλόδοντη λίμα. Ακολουθεί ο χημικός του καθαρισμός, που συνίσταται στο τρίψιμο της θερμής μύτης του κολλητηριού πάνω σε νισαντήρι (αμμωνιακό άλας). Όπως έχει αναφερθεί και στην παράγραφο (4-3), το νισαντήρι είναι ένα καθαριστικό υλικό σε στερεά μορφή και χρησιμοποιείται για το χημικό καθαρισμό του κολλητηριού. Συνήθως, αμέσως μετά το χημικό καθαρισμό, ακολουθεί επικασσιτέρωση (γάνωμα) της μύτης του κολλητηριού, για να διευκολύνεται η μεταφορά της κόλλησης στις θέσεις των συγκολλούμενων επιφανειών.

Προσοχή: Κατά τον καθαρισμό του κολλητηριού σε νισαντήρι, εκλύονται επικίνδυνα αέρια, η εισπνοή των οποίων θα πρέπει να αποφεύγεται.



Σχήμα (4.6): Προετοιμασία του κολλητηριού για την κασσιτεροκόλληση: (Α) Μηχανικός καθαρισμός (λιμάρισμα) (Β) Θέρμανση του κολλητηριού (Γ) Χημικός καθαρισμός και επικασσίτρωση (γάνωμα) της μύτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Ονομάζουμε μαλακές συγκολλήσεις αυτές στις οποίες η κόλληση, που χρησιμοποιείται, τήκεται σε θερμοκρασία κάτω των 500°C.
- Στις μαλακές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων, ως συγκολλητικό υλικό (κόλληση) χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα η κασσιτεροκόλληση. Δηλαδή κράμα κασσίτερου (Sn) και μολύβδου (Pb) σε διάφορες αναλογίες σύνθεσης.
- Κασσιτεροκολλήσεις που περιέχουν στη σύνθεσή τους μόλυβδο πάνω από 10%, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συγκολλήσεις αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με τροφές ή πόσιμο νερό, γιατί οι ενώσεις μολύβδου είναι δηλητηριώδεις.
- Οι κασσιτεροκολλήσεις με περιεκτικότητα σε κασσίτερο μεταξύ 40 και 50% δουλεύονται εύκολα και το κόστος τους είναι αρκετά χαμηλό.
- Όταν μια μαλακή κόλληση περιέχει στη σύνθεσή της κάδμιο (Cd), θα πρέπει να γίνεται καλός εξαερισμός του χώρου συγκόλλησης, γιατί το κάδμιο αποδεσμεύει δηλητηριώδεις ατμούς.
- Σκοπός των καθαριστικών υλικών είναι να καθαρίζουν και χημικώς τις θερμές μεταλλικές επιφάνειες που θα συγκολληθούν και να διαλύουν τα οξειδία.
- Τα συνήθη καθαριστικά υλικά για μαλακές συγκολλήσεις είναι το σπίρτο του άλατος (υδροχλωρικό οξύ), η πάστα καθαρισμού και το νισαντήρι (χλωριούχο αμμώνιο).
- Τα ουδέτερα καθαριστικά υλικά (με βάση το κολοφώνιο) κυκλοφορούν σε μορφή σκόνης, αλοιφής ή σε διάλυμα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε συγκολλήσεις γαλβανισμένων επιφανειών.
- Οι κεφαλές των κολλητηριών μαλακών συγκολλήσεων, κατασκευάζονται από χαλκό, γιατί ο χαλκός έχει μεγάλο συντελεστή αγωγιμότητας και μεγάλη θερμοχωρητικότητα.
- Η μύτη του κολλητηριού πρέπει να είναι πάντα καθαρή. Γι' αυτό γίνεται συχνός μηχανικός και χημικός καθαρισμός του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Τι εννοούμε με τον όρο μαλακή ετερογενής συγκόλληση;
2. Ποια μέταλλα ονομάζουμε βαρέα και ποια ελαφρά;
3. Ποια είναι τα μέταλλα που συνθέτουν τις συνήθεις μαλακές κολλήσεις;
4. Ποιος ο σκοπός της προσθήκης αντιμονίου στη σύνθεση των κασσιτεροκολλήσεων;
5. Γιατί δε χρησιμοποιείται κόλληση με περιεκτικότητα σε μόλυβδο πάνω από 10% σε σκεύη τροφών ή πόσιμου νερού;
6. Ποια μέτρα πρέπει να παίρνονται σε χώρους που γίνονται συγκολλήσεις με χρήση κόλλησης που περιέχει στη σύνθεσή της κάδμιο;
7. Σε ποιες περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση κόλλησης S-Sn95Sb5 (95% κασσίτερο και 5% αντιμόνιο) και σε ποιες S-Sn95Pb5 (95% κασσίτερο και 5% μόλυβδο);
8. Ποιες ιδιότητες προσδίδει στην κασσιτεροκόλληση η προσθήκη καδμίου ή αργύρου;
9. Τι είναι το σπίρτο του άλατος, το σβησμένο σπίρτο του άλατος και το νισαντήρι;
10. Γιατί ο χημικός καθαρισμός των προς συγκόλληση επιφανειών είναι απαραίτητος;
11. Γιατί τα καθαριστικά υλικά υπό μορφή πάστας έχουν καλύτερα αποτελέσματα;
12. Ποιο πλεονέκτημα παρουσιάζουν τα ουδέτερα υλικά χημικού καθαρισμού;
13. Γιατί οι κεφαλές των κολλητηριών μαλακών συγκολλήσεων κατασκευάζονται από χαλκό;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Υποθέστε ότι εκτελούσατε μια εργασία κατασκευής δοχείων για αποθήκευση ελαιόλαδου (ντεπόζιτα) με κόλληση S-Sn95Pb5 και σας τέλειωνε η κόλληση που χρησιμοποιούσατε. Διαπιστώσατε ότι η τοπική αγορά δε διαθέτει αυτό τον τύπο κασσιτεροκόλλησης. Ποια από τις παρακάτω κασσιτεροκολλήσεις που υπάρχουν στην τοπική αγορά θα επιλέγατε και γιατί;
 - S-Pb92Sn8Sb
 - S-Sn60Pb37Sb(E)
 - S-Sn90Pb9Sb
2. Για την επισκευή διαρροής σε ψυγείο αυτοκινήτου, ποια σύνθεση κασσιτεροκόλλησης θα προτιμούσατε και γιατί;
3. Στην κατασκευή δοχείων από γαλβανισμένη λαμαρίνα τι είδους καθαριστικό υλικό θα χρησιμοποιούσατε και γιατί;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 4-1

Συγκέντρωση δειγμάτων υλικών μαλακών συγκολλήσεων

Θα συγκεντρωθούν, κατά το δυνατόν, περισσότερα δείγματα υλικών και θα κολληθούν σε πινακίδα. Κάτω από το κάθε υλικό θα αναγράφεται η ονομασία του και η χημική του σύσταση.

Εργασία 4-2

Υλικά συγκολλήσεως του εμπορίου

Θα συγκεντρωθούν προσπεκτούς υλικών μαλακών κολλήσεων και των υλικών χημικού καθαρισμού. Θα γίνει αναζήτηση των προτύπων που ισχύουν για το κάθε υλικό μαλακής συγκόλλησης και θα συνταχθεί πίνακας με τις διαφορετικές τους ονομασίες.

Εργασία 4-3

Τυποποίηση υλικών συγκολλήσεως με άλλα συστήματα τυποποίησης

Εκτός από το σύστημα τυποποίησης των μαλακών κολλήσεων κατά ISO (διεθνές σύστημα τυποποίησης), υπάρχουν και άλλα συστήματα τυποποίησης που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αγορά, παρ' όλον ότι δεν είναι υποχρεωτικά στη χώρα μας. Τα πλέον συνηθισμένα από αυτά τα πρότυπα είναι τα **DIN** (γερμανικά). Συναντώνται όμως, στην αγορά και πρότυπα άλλων χωρών, όπως τα **B.S.** (αγγλικά) και τα **AWS** (αμερικάνικα). Οι μαθητές, στα πλαίσια αυτής της άσκησης, θα διατυπώσουν συνοπτικά τους κανόνες που ισχύουν σε άλλα συστήματα τυποποίησης, με τρόπο ανάλογο με αυτόν που είναι διατυπωμένοι οι κανόνες στον πίνακα (4-1) και θα γράψουν τις αντιστοιχίες σε πίνακα. Προς υποβοήθηση των μαθητών, δίνονται, ως υπόδειγμα, στον πίνακα (4-3), οι αντιστοιχίες μεταξύ ISO και DIN για τα είδη μαλακών κολλήσεων του πίνακα (4-1).

Πίνακας (4-3): Αντιστοιχία μαλακών συγκολλήσεων κατά ISO και κατά DIN

Συμβολισμός κατά ISO	Συμβολισμός κατά DIN
S-Sn90Pb9Sb	LSn-90
S-Sn60Pb37Sb(E)	LSn-60
S-Sn50Pb47Sb	LSn-50
S-Pb57Sn40Sb	LSn-40
S-Pb68Sn30Sb	LSn-30
S-Pb73Sn25Sb	LSn-25
S-Pb92Sn8Sb	LSn-8
S-Pb99	LPb-99

Sn = κασσίτερος, Pb = μόλυβδος, Sb = αντιμόνιο

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 4-1

Συγκόλληση ελασμάτων με κασσιτεροκόλληση

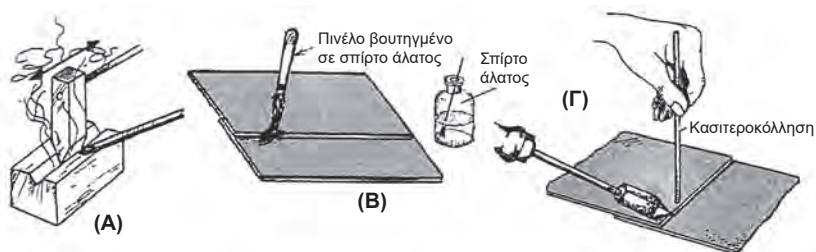
Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει να είναι ικανός:

- Να διαβάζει τα αναφερόμενα σε ένα απλό σχέδιο συγκόλλησης.
- Να εφαρμόζει τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιεί σωστά τα μέτρα προστασίας του.
- Να χρησιμοποιεί με το σωστό τρόπο τα εργαλεία και τις συσκευές των κασσιτεροκολλήσεων.
- Να πραγματοποιεί κασσιτεροκολλήσεις, εφαρμόζοντας τα όσα διδάχθηκε σ' αυτό το κεφάλαιο.

Απαιτούμενα εργαλεία, συσκευές, υλικά

- Συσκευή θέρμανσης προπανίου (καμινέτο)
- Απλός συγκολλητήρας (κολλητήρι), σε ειδική βάση
- Λίμα ψιλόδοκτη
- Πινέλο
- Σφιγκτήρας
- Μεταλλικός κανόνας
- Χαράκτης
- Δύο τεμάχια γαλβανισμένης λαμαρίνας διαστάσεων 240x120, πάχους από 0,5 έως 1 mm
- Κασσιτεροκόλληση 50/50
- Νισαντήρι
- Σβησμένο σπίρτο του άλατος



Σχήμα (4.7): Η διαδικασία μαλακής συγκόλλησης με επικάλυψη των άκρων (Α) Καθαρισμός και γάνωμα του κολλητηριού (Β) Χημικός καθαρισμός των επιφανειών με σβησμένο σπίρτο του άλατος (Γ) Η συγκόλληση

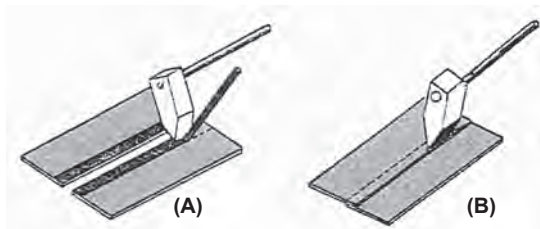
Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Φοράτε φόρμα εργασίας και γάντια, όταν πιάνετε τεμάχια λαμαρίνας ή όταν χρησιμοποιείτε καθαριστικά υλικά που περιέχουν υδροχλωρικό οξύ.

- Όταν εκτελείτε συγκολλήσεις σε κλειστό χώρο με κόλληση, που η σύνθεσή της περιλαμβάνει μεγάλα ποσοστά μολύβδου (π.χ. S-Pb92Sn8) ή περιέχει κάδμιο, θα πρέπει ο χώρος να εξαερίζεται καλά ή να φοράτε μάσκα οξυγόνου.
- Όταν χρησιμοποιείτε καμινέτο ή άλλη συσκευή με φλόγα, απομακρύνετε κάθε εύφλεκτο υλικό από το χώρο εργασίας, γιατί μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά ή ακόμη και έκρηξη.

Πορεία εργασίας

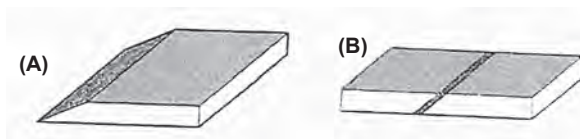
- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (4-1).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες του φύλλου της άσκησης



Σχήμα (4.8): Συγκόλληση με επικασσιτεροκόλληση (Α) Επικασσιτέρωση των επιφανειών (Β) Διαδικασία συγκόλλησης

Παρατήρηση I: Σε μερικές περιπτώσεις μαλακών συγκολλήσεων, πριν από τη συγκόλληση, γίνεται επικασσιτέρωση (γάνωμα) των προς συγκόλληση επιφανειών. Η διαδικασία μιας τέτοιας συγκόλλησης φαίνεται στο σχήμα (4.8) και περιλαμβάνει:

- Καθαρισμό των επιφανειών που θα συγκολληθούν (μηχανικό και χημικό).
- Επικασσιτέρωση (γάνωμα), δηλαδή θέρμανση των επιφανειών και επίστρωση κόλλησης.
- Στερέωση των δύο τεμαχίων στη θέση συγκόλλησής τους.
- Θέρμανση των προς συγκόλληση επιφανειών με το κολλητήρι.
- «Στρώσιμο» της κόλλησης και καθάρισμα από τα υπολείμματα των καθαριστικών υλικών.
- Έλεγχο της ποιότητας της συγκόλλησης.



Σχήμα (4.9): (Α) Λοξοτομημένο μεταλλικό τεμάχιο (Β) Τα δύο τεμάχια συγκολλημένα με κασσιτεροκόλληση

Παρατήρηση II: Εκτός από τις συνηθισμένες μαλακές συγκολλήσεις με επικάλυψη, μαλακές συγκολλήσεις (κασσιτεροκολλήσεις) μπορούν να γίνουν και σε συνδέσεις κατ' άκρα. Αυτού του είδους οι συγκολλήσεις πραγματοποιούνται σε περιπτώσεις μεταλλικών τεμαχίων με σχετικά μεγάλο πάχος, γιατί απαιτείται λοξοτόμηση των άκρων τους, όπως φαίνεται στο σχήμα (4.9). Μια τέτοια διαδικασία μαλακής συγκόλλησης περιλαμβάνει:

- Λοξοτόμηση των προς συγκόλληση άκρων.
- Καθαρισμό (μηχανικό και χημικό) των άκρων.
- Θέρμανση και επикаσσιτέρωση (γάνωμα) των επιφανειών που θα συγκολληθούν.
- Στερέωση των δύο άκρων στη θέση συγκόλλησης με σφιγκτήρα.
- Θέρμανση των επιφανειών που θα συγκολληθούν με φλόγα προπανίου, μέχρι που να παρατηρήσουμε λιώσιμο της κόλλησης ανάμεσα στις λοξοτομημένες επιφάνειες.
- Καθάρισμα των υπολειμμάτων των υλικών καθαρισμού.
- Έλεγχο της ποιότητας της συγκόλλησης.

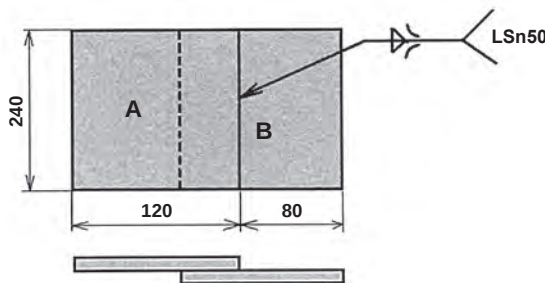
Οι παραπάνω δύο παρατηρήσεις μπορούν να αναπτυχθούν από τον καθηγητή και να δοθούν ως κανονικές εργαστηριακές ασκήσεις προς άσκηση των μαθητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υπόδειγμα άσκησης 4/1

Μαλακή συγκόλληση με επικάλυψη των άκρων

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
1	• Διαβάστε προσεχτικά το σχέδιο της άσκησης. • Χαράξτε πάνω στη λαμαρίνα τις διαστάσεις των δύο κομματιών που θα συγκολληθούν, σύμφωνα με το σχέδιο της άσκησης. Κατόπιν κόψτε τα με τη βοήθεια ψαλιδιού (ποδοκίνητο ή χειρός, ανάλογα με το πάχος της λαμαρίνας).
2	• Καθαρίστε καλά τις προς συγκόλληση επιφάνειες (επικαλυπτόμενα τμήματα) με μηχανικά μέσα (σμουριδόπανο, βούρτσα, μάλλινο ύφασμα κτλ.).
3	• Τοποθετήστε τα δύο τεμάχια (Α και Β) στη θέση που πρέπει να συγκολληθούν και στερεώστε τα με σφιγκτήρες ή άλλο μέσο στερέωσης.
4	• Επαλείψτε με ένα πινέλο τις προς συγκόλληση επιφάνειες με χημικό υλικό καθαρισμού.
5	• Ανάψτε τη συσκευή θέρμανσης του κολλητηριού (φλόγιστρο) και θερμάνετε την κεφαλή του μέχρι να κοκκινίσει, σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί στην παράγραφο (4-4).
6	• Προετοιμάστε το κολλητήρι (καθαρίστε το μηχανικά και χημικά).
7	• Με τη βοήθεια του θερμού κολλητηριού θερμάνετε τις προς συγκόλληση επιφάνειες και κατόπιν τοποθετήστε την κόλληση στις επιφάνειες που έχετε θερμάνει με το κολλητήρι. Η κόλληση θα λιώσει και θα εισχωρήσει στους πόρους των προς συγκόλληση επιφανειών με τη βοήθεια του τριχοειδούς φαινομένου.
8	• Στρώστε την κόλληση με το θερμό κολλητήρι κατά μήκος της ραφής, ώστε να «ποτίσει».
9	• Καθαρίστε τη ραφή με σαπουνό-νερο και επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία και στην άλλη πλευρά των τεμαχίων.
10	• Ελέγξτε την ποιότητα των δύο ραφών με τη βοήθεια του καθηγητή σας.



Σχήμα (4.10)

ΑΣΚΗΣΗ 4-2**Μαλακή συγκόλληση χαλκοσωλήνων με κασσιτεροκόλληση****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει να γνωρίζει:

- Να χειρίζεται με σωστό και ασφαλή τρόπο τα εργαλεία και τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις χαλκοσωλήνων και των χάλκινων εξαρτημάτων τους.
- Να επιλέγει τα απαιτούμενα υλικά (καθαριστικά και κόλληση) που απαιτεί μια κασσιτεροκόλληση χαλκοσωλήνων.
- Να πραγματοποιεί κασσιτεροκολλήσεις σε δίκτυα χαλκοσωλήνων.
- Να ελέγχει την ποιότητα της συγκόλλησης.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές και υλικά

- Συσκευή θέρμανσης προπανίου (φλόγιστρο)
- Κόφτης χαλκοσωλήνων
- Ξύστρα απόξεσης γρεζιών
- Δύο κομμάτια σκληρού χαλκοσωλήνα Φ 15, μήκους 300 mm το καθένα
- Κολλητά εξαρτήματα σύνδεσης χαλκοσωλήνων Φ 15 (μούφες, γωνιές, ταφ κτλ.)
- Ατσαλόμαλλο ή σμυριδόπανο
- Πάστα καθαρισμού
- Κασσιτεροκόλληση 50/50
- Δοχείο με νερό
- Μάλλινο ύφασμα

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Όπως σε όλες τις περιπτώσεις εργασιών με φλόγα, απομακρύνετε από το χώρο συγκόλλησης κάθε εύφλεκτο υλικό, που θα μπορούσε να προκαλέσει πυρκαγιά.
- Έχετε απόλυτο έλεγχο της μετακίνησης του φλόγιστρου της συσκευής θέρμανσης και προσέχετε τους συμμαθητές σας που βρίσκονται κοντά σας, ώστε να μην τους προξενήσετε εγκαύματα από τυχαία επαφή με τη φλόγα.
- Φοράτε πάντα τη φόρμα σας και χρησιμοποιείτε πάντα τα μέσα προστασίας, που διαθέτει το εργαστήριο.

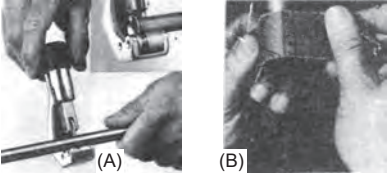
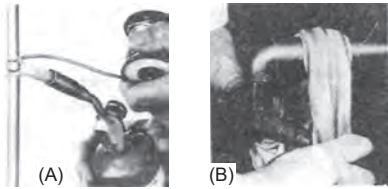
Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής παίρνει το φύλλο της άσκησης (4-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες του φύλλου της άσκησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υπόδειγμα άσκησης 4/2

Σύνδεση δύο κομματιών χαλκοσωλήνα με μούφα

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΕΙΔΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ
1	Κόψτε με τη βοήθεια του σωληνοκόφτη χαλκοσωλήνων δύο κομμάτια Φ 15 και μήκους 300 mm, σχήμα (4.11).	 Σχήμα (4.11): (Α) Το κόψιμο των τεμαχίων χαλκοσωλήνα (Β) Ο καθαρισμός των άκρων με σμυριδόπανο.
2	Καθαρίστε τα άκρα των σωλήνων που θα συγκολληθούν με τη βοήθεια της ειδικής ξύστρας.	
3	Καθαρίστε τα άκρα των σωλήνων που θα συγκολληθούν (εξωτερικά) με ατσαλόμαλλο ή σμυριδόπανο (μηχανικός καθαρισμός).	
4	Καθαρίστε τα άκρα της μούφας (εσωτερικά) με ατσαλόμαλλο ή σμυριδόπανο.	 Σχήμα (4.12): (Α) Η θέρμανση των προς συγκόλληση επιφανειών των χαλκοσωλήνων και η τοποθέτηση της κόλλησης (Β) Ο καθαρισμός των υπολειμμάτων της πάστας καθαρισμού
5	Επαλείψτε τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν με πάστα καθαρισμού (χημικός καθαρισμός).	
6	Τοποθετήστε τα δύο κομμάτια χαλκοσωλήνα στις υποδοχές της μούφας και στερεώστε τα καλά, για να μη μετακινηθούν κατά τη συγκόλληση.	
7	Ανάψτε τη συσκευή θέρμανσης προττανίου και ρυθμίστε τη φλόγα της σε μέγεθος που να «αγκαλιάζει» σχεδόν το χαλκοσωλήνα, σχήμα (4.12).	Η συγκόλληση των δύο τεμαχίων χαλκοσωλήνα μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο (οριζόντιο, κατακόρυφο, υπό γωνία). Σε όλες τις θέσεις η κόλληση εισχωρεί ανάμεσα στις προς συγκόλληση επιφάνειες λόγω του τριχοειδούς φαινομένου, αρκεί οι επιφάνειες των σωλήνων να είναι καθαρές και να μην υπάρχουν παραμορφώσεις στις διατομές τους.
8	Θερμάνετε ομοιόμορφα τα δύο τμήματα της μούφας στα οποία θα συγκολληθούν τα κομμάτια του χαλκοσωλήνα.	
9	Τοποθετείτε δοκιμαστικά, κατά διαστήματα, την κόλληση στο σημείο σύνδεσης των χαλκοσωλήνων (όχι στη φλόγα). Όταν παρατηρήσετε ρευστοποίηση της κόλλησης, απομακρύνετε αμέσως τη φλόγα και, αφού τοποθετήσετε κόλληση, αφήστε τα δύο κομμάτια χαλκοσωλήνα ακίνητα για μερικά δευτερόλεπτα. Η κόλληση έχει εισχωρήσει ομοιόμορφα στις επιφάνειες που συγκολλούνται λόγω του τριχοειδούς φαινομένου.	
10	Καθαρίστε τα υπολείμματα των υλικών καθαρισμού με βρεγμένο πανί.	Δε χρειάζεται συνεχής τροφοδότηση των συγκολλούμενων τεμαχίων με κόλληση. Το απαιτούμενο μήκος κασσιτεροκόλλησης, δεν υπερβαίνει τη διάμετρο του χαλκοσωλήνα. Δεν πρέπει η κόλληση να χύνεται έξω από τα συγκολλώμενα τμήματα και για λόγους εμφάνισης, αλλά και για οικονομικούς λόγους (σπατάλη υλικών).
11	Πραγματοποιήστε οπτικό έλεγχο της ποιότητας της εργασίας σας με τη βοήθεια του καθηγητή σας.	
12	Επαναλάβετε την παραπάνω άσκηση με διάφορα εξαρτήματα (γωνιές, ταφ, διακόπτες κτλ.) δημιουργώντας ένα στοιχειώδες δίκτυο σωλήνωσης.	

ΑΣΚΗΣΗ 4-3

Επισκευή πόρτας αυτοκινήτου με χρήση κασσιτεροκόλλησης

Στις περιπτώσεις που κάποιο σημείο του αμαξώματος ενός αυτοκινήτου σκουριάσει τοπικά και δημιουργηθεί τρύπα, μπορεί να επισκευαστεί με γέμισμα του κενού με κασσιτεροκόλληση. Η επισκευή αυτής της μορφής έχει μεγαλύτερο κόστος συγκριτικά με τη χρήση άλλων μεθόδων και υλικών επισκευής, αλλά το αποτέλεσμα είναι πολύ καλύτερο. Η άσκηση που ακολουθεί δίνει βήμα-βήμα τη διαδικασία επισκευής πόρτας αυτοκινήτου με κασσιτεροκόλληση.

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει να μπορεί:

- Να επιλέγει τα εργαλεία και υλικά που απαιτεί μια τέτοια επισκευή αμαξώματος.
- Να εκτελεί εργασίες επισκευής αμαξωμάτων σε αυτοκίνητα με χρήση κασσιτεροκόλλησης.
- Να διακρίνει τις περιπτώσεις επισκευής με χρήση κασσιτεροκόλλησης.

Απαιτούμενα εργαλεία-συσκευές και υλικά

- Συσκευή θέρμανσης υγραερίου (προπανίου)
- Σμυριδοτροχός και σμυριδόπανα
- Ψιλόδοντη ράσπα με δυνατότητα ρύθμισης των άκρων της
- Ισχυρή ηλεκτρική σκούπα
- Σπάτουλα από ξύλο
- Πινέλο
- Καθαρό ύφασμα
- Πάστα καθαρισμού για κασσιτεροκόλληση
- Μαλακή κόλληση 50/50 ή άλλη που να χρησιμοποιείται με φλόγα
- Παλιές πόρτες, καπό, φτερά και άλλα τμήματα αμαξωμάτων από αυτοκίνητα

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Λάβετε όλα τα μέτρα ασφαλείας που απαιτούνται κατά την εκτέλεση μαλακών συγκολλήσεων, όπως αυτά αναφέρονται και σε προηγούμενες ασκήσεις αυτού του κεφαλαίου. Επίσης, ο χώρος θα πρέπει να εξαερίζεται καλά, γιατί η καύση χρωμάτων ή άλλων υλικών φανοποιίας μπορεί να βλάψει την υγεία σας.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής παίρνει το φύλλο της άσκησης (4-3)
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες του φύλλου της άσκησης.
- Κατά την εκτέλεση της άσκησης συμβουλευείται τα σχήματα των παρατηρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υπόδειγμα άσκησης 4/3 Φύλλο 1/2

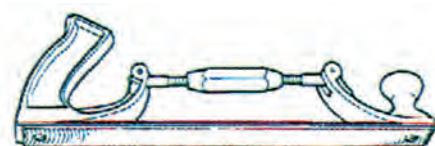
Επισκευή πόρτας αυτοκινήτου με χρήση κασσιτεροκόλλησης

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΕΙΔΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ
1	Κάνετε ένα καλό μηχανικό καθαρισμό του φθαρμένου (τρύπιου) τμήματος της πόρτας, από τα χρώματα και άλλα υλικά, με τη βοήθεια ενός σμυριδοτροχού (με χονδρό σμυριδόπανο ή άλλο κατάλληλο υλικό). Ο καθαρισμός να επεκτείνεται και σε 5-6 cm πέρα από το φθαρμένο μεταλλικό τμήμα.	 <i>Σχήμα (4.13): Μηχανικός καθαρισμός με σμυριδοτροχό</i>
2	Απομακρύνετε τη σκόνη που δημιουργήθηκε από το σμυριδοτροχό, από χρώματα, σκουριές, μέταλλα, άλλα υλικά, που αποτελούν την επικάλυψη του αμαξώματος, χρησιμοποιώντας ισχυρή ηλεκτρική σκούπα.	
3	Επαλείψτε την προς επισκευή επιφάνεια με πάστα καθαρισμού.	 <i>Σχήμα (4.14): Επάλειψη με πάστα καθαρισμού</i>
4	Ανάψτε τη συσκευή θέρμανσης (προπανίου) και θερμάνετε ομοιόμορφα την επιφάνεια που θα γεμίσετε με κασσιτεροκόλληση. Παρατήρηση: Αν από υπερθέρμανση της μεταλλικής επιφάνειας ή από εναπόθεση υπερβολικής ποσότητας κόλλησης, πέσουν σταγόνες κασσιτεροκόλλησης σε κάποιο σημείο του αμαξώματος, σκουπίστε τις αμέσως με ένα πανί.	 <i>Σχήμα (4.15): Θέρμανση της επιφάνειας με φλόγα προπανίου</i>
5	Ακουμπήστε την κασσιτεροκόλληση πάνω στη θερμή μεταλλική επιφάνεια και αφήστε ένα κομμάτι της να λιώσει και να σκεπάσει όλη την καθαρισμένη επιφάνεια γύρω από την τρύπα. Κάνετε δηλαδή ένα γάνωμα της επιφάνειας με κασσιτεροκόλληση.	 <i>Σχήμα (4.16): Προσθήκη κόλλησης</i>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Υπόδειγμα άσκησης 4/3 Φύλλο 2/2

Επισκευή πόρτας αυτοκινήτου με χρήση κασσιτεροκόλλησης

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	ΕΙΔΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ
6	Θερμαίνοντας συνεχώς την επικασσιτερωμένη μεταλλική επιφάνεια, προσθέστε ένα κομμάτι κόλλησης κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μαλακώσει μεν αρκετά, αλλά χωρίς να λιώσει (να ρευστοποιηθεί).	
7	Χρησιμοποιώντας την ξύλινη σπάτουλα, απλώστε τη ζεστή κόλληση σε όλη την περιοχή που πρέπει να επισκευαστεί.	Σχήμα (4.17): Απλώστε την κόλληση ομοιόμορφα με τη σπάτουλα
8	Με τη βοήθεια της φλόγας θερμάνετε ελαφρώς και ομοιόμορφα την προστεθείσα κόλληση, ώστε να δημιουργηθεί μια ομοιογενής επιφάνεια από κασσιτεροκόλληση.	
9	Προσθέστε με τον ίδιο τρόπο κασσιτεροκόλληση, ώστε να γεμίσουν τα κενά και μέχρι που η επισκευασθείσα επιφάνεια να αποκτήσει ένα ύψος ελαφρά μεγαλύτερο από την επιφάνεια του αμαξώματος.	
10	Όταν η κασσιτεροκόλληση στερεοποιηθεί, αφαιρέστε με την ειδική ράσπα (ή με λειαντικό τροχό), το τμήμα της κασσιτεροκόλλησης, που εξέρει από την επιφάνεια του αμαξώματος. Έτσι, το επισκευασμένο κομμάτι θα αποκτήσει επιφάνεια ίσου ύψους με την υπόλοιπη μεταλλική επιφάνεια του αμαξώματος. Παρατήρηση: Η ράσπα πρέπει να ρυθμιστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το κέντρο της να εξέρει ελαφρά (να μην είναι επίπεδη). Έτσι θα μπορεί να κατευθύνεται εύκολα προς τα σημεία που απαιτούν αφαίρεση κόλλησης και να πετύχετε άριστη ομοιομορφία των επιφανειών του αμαξώματος.	 Σχήμα (4.19): Ρυθμιζόμενη ειδική ράσπα για την αφαίρεση της κόλλησης που προεξέρει  Σχήμα (4.20): Ο τρόπος χρήσης της ειδικής ράσπας

ΣΚΛΗΡΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- Γενικά
- Υλικά καθαρισμού
- Η συσκευή οξυγονοκόλλησης
- Εργαλεία και εξοπλισμός εργασίας του οξυγονοσυγκολλητή
- Προβλήματα κατά τη χρήση της συσκευής οξυγονοασετιλίνης
- Μερικές αξιοσημείωτες παρατηρήσεις για τις οξυγονοκολλήσεις
- Ελαττώματα οξυγονοκολλήσεων

5. ΣΚΛΗΡΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να διακρίνουν οι μαθητές τις σκληρές από τις μαλακές συγκολλήσεις.
- Να επιλέγουν τα υλικά καθαρισμού και το είδος της κόλλησης.
- Να χειρίζονται με ασφάλεια τη συσκευή οξυγονοκόλλησης.
- Να εντοπίζουν ελαττώματα που μπορεί να προκύψουν κατά την πραγματοποίηση των οξυγονοκολλήσεων.
- Να χειρίζονται με ευχέρεια και ασφάλεια τις συσκευές οξυγονοκοπής.

5-1. Σκληρές κολλήσεις

Στην παράγραφο (4-1) κάναμε μία σύντομη αναφορά στον ορισμό των **σκληρών ετερογενών συγκολλήσεων και των βαρέων μετάλλων**. Σ' αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά **των σκληρών κολλήσεων** (συγκολλητικών υλικών), που χρησιμοποιούνται στις διάφορες εφαρμογές και ιδιαίτερα στις επισκευές των αυτοκινήτων, **στα υλικά καθαρισμού** των σκληρών συγκολλήσεων, στις χρησιμοποιούμενες **συσκευές θέρμανσης** των προς συγκόλληση επιφανειών και στην **τεχνική των σκληρών συγκολλήσεων**.

Οι κολλήσεις που χρησιμοποιούνται στις σκληρές συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων είναι κυρίως **κράματα χαλκού**. Βέβαια, και ο καθαρός χαλκός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κόλληση, αλλά το σημείο τήξης του είναι πολύ υψηλό (1083°C) και η συγκόλληση σ' αυτή τη θερμοκρασία γίνεται πολύ δύσκολα. **Γι' αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις**. Μια τέτοια περίπτωση είναι εκείνη που μετά τη συγκόλληση τα μεταλλικά τεμάχια θα πρέπει να υποστούν βαφή. Έτσι η θερμοκρασία βαφής ($750\text{--}900^{\circ}\text{C}$) δε φτάνει στη θερμοκρασία τήξης του καθαρού χαλκού και, επομένως, δεν επηρεάζεται η συγκόλληση. Τα συνηθέστερα είδη σκληρών κολλήσεων είναι:

- **Οι μπρουντζοκολλήσεις**
- **Ο ασημοκολλήσεις**

Ο συμβολισμός των σκληρών κολλήσεων κατά ISO-3677

- Προηγείται πάντα το γράμμα *B*
- Ακολουθεί παύλα (-) και μετά τα σύμβολα των στοιχείων, με τα αντίστοιχα ποσοστά τους %, κατά σειρά ύψους περιεκτικότητας και με πιθανή απόκλιση ± 1 %. Εκτός από το πρώτο στοιχείο στα άλλα ενδέχεται να παραλείπεται το ποσοστό τους.
- Στοιχεία με ποσοστό κάτω του 1 %, που έχουν λειτουργικό ρόλο αναγράφονται στο τέλος, σε παρένθεση.
- Ακολουθεί παύλα (-) και αναγράφεται η θερμοκρασία τήξης (πήξης). Αν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας πήξης και τήξης αναγράφεται πρώτα η θερμοκρασία πήξης, ακολουθεί 'I' και μετά η θερμοκρασία τήξης.

Παραδείγματα:

- (1) Σκληρή κόλληση με $\pi(\text{Ag})=72\%$, $\pi(\text{Cu})=27\%$, $\pi(\text{Li})=0,4\%$, με μη λειτουργική πρόσμιξη $\pi(\text{Si})=0,4\%$ και σημείο τήξης 760°C συμβολίζεται *B-Ag72Cu(Li)-760*
- (2) Με $\pi(\text{Cu})=60\%$, $\pi(\text{Zn})=39\%$, σημείο πήξης 850°C και τήξης 875°C συμβολίζεται *B-Cu60Zn-850/875*

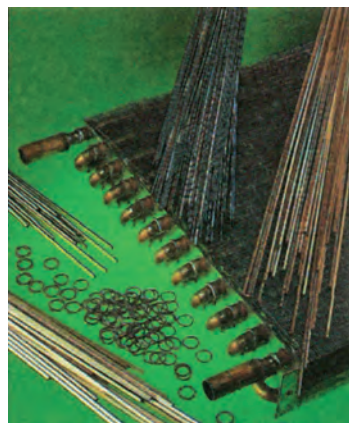
Οι μπруντζοκολλήσεις είναι κράματα χαλκού (Cu) και ψευδαργύρου (Zn), που περιλαμβάνουν στη σύνθεσή τους μικρά ποσοστά κασσίτερου (Sn), αργύρου (Ag), νικελίου (Ni) κτλ., τα οποία δίνουν στην κόλληση **χαμηλότερο σημείο τήξης, μεγαλύτερη αντοχή και βελτίωση της ρευστότητάς της.**

Η μπруντζοκόλληση με ίση περίπου περιεκτικότητα σε χαλκό και ψευδάργυρο χρησιμοποιείται ευρέως στις περισσότερες περιπτώσεις σκληρών συγκολλήσεων και ιδιαίτερα **στα αμαξώματα των αυτοκινήτων.** Ο πίνακας (5-1), περιλαμβάνει τα περισσότερα συνηθισμένα είδη μπрунτζοκολλήσεων, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, καθώς και τις περιπτώσεις χρήσης τους.

Προσοχή: Ο ψευδάργυρος που περιέχεται στις μπрунτζοκολλήσεις βράζει στους 920 °C. Ο εξατμιζόμενος ψευδάργυρος με την παρουσία του οξυγόνου του αέρα και της φλόγας, δίνει λευκούς καπνούς, οι οποίοι εμποδίζουν την παρατήρηση των σημείων της συγκόλλησης. Επίσης, με την εξατμισμό μέρους του ψευδαργύρου, μειώνεται η περιεκτικότητά της κόλλησης σε ψευδάργυρο, με συνέπεια να αυξάνεται το σημείο τήξης και να αλλάζουν τα τεχνικά της χαρακτηριστικά. Γι' αυτό κατά τις συγκολλήσεις με μπрунτζοκόλληση, η θερμοκρασία θα πρέπει να περιορίζεται στο επίπεδο που απαιτεί η τήξη της κόλλησης, για να γίνει η συναρμογή, χωρίς να υπερθερμαίνεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1: Τα συνηθέστερα είδη μπрунτζοκόλλησης και οι χρήσεις τους

Σύμβολο	Συνήθεις χρήσεις
B-Cu98-1070	Συγκόλληση χάλκινων αντικειμένων
B-Cu85Zn-1020	
B-Cu63Zn-910	Αμαξώματα αυτοκινήτων, συγκόλληση χάλυβα και χυτοσιδήρου
B-Cu54Zn-870	
B-Cu48Zn-845	
B-Cu50Zn45Ag-810	Για χάλυβα πάχους <1 mm,
B-Cu92P-710	Σε μικρές καταπονήσεις
Cu = Χαλκός, Ag = Άργυρος, Si = Πυρίτιο P = Φώσφορος, Zn = Ψευδάργυρος	



Σχήμα (5.1): Μπрунτζοκολλήσεις διαφόρων μορφών

Οι ασημοκολλήσεις είναι οι σκληρές κολλήσεις, οι οποίες στη σύνθεσή τους περιέχουν **άργυρο (Ag)** σε ποσοστό πάνω από **8%** και τα συνηθέστερα είδη τους φαίνονται στον πίνακα (5-2). Σε ειδικές περιπτώσεις το ποσοστό σε άργυρο (ασήμι) μπορεί να ξεπεράσει και το 50%. Το κόστος των ασημοκολλήσεων είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο των μπρουντζοκολλήσεων. Όμως οι άριστες

ιδιότητές τους έχουν επιβάλει τη χρήση τους σε πολλές εφαρμογές που απαιτούν σκληρή συγκόλληση σε **χαμηλές θερμοκρασίες**. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του αργύρου (ασημιού) στη σύνθεση της ασημοκολλήσεως, **τόσο χαμηλότερο είναι το σημείο τήξης της και τόσο ευκολότερα «δουλεύεται»**.

Οι ασημοκολλήσεις κυκλοφορούν στο εμπόριο σε **μορφή σύρματος, ελάσματος, ράβδων ή σκόνης**. Επειδή είναι πολύ ακριβές, πρέπει να συλλέγονται τα υπολείμματα και να επαναχρησιμοποιούνται, εφ' όσον είναι δυνατόν και οικονομικά συμφέρον.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2: Τα συνηθέστερα είδη ασημοκολλήσεων για συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων

Σύμβολο	Συνήθεις χρήσεις
B-Cu55Zn36Ag8-850	Συγκολλήσεις σε χάλυβες, χαλκό και κράματα με π(Cu)>56%
B-Cu52Zn35Ag12-830	
B-Cu49Zn29Ag12Cd-800	Μικρές συγκολλήσεις σε χάλυβες, χαλκό, και κράματα χαλκού
B-Cu49Zn23Ag15Cd-770	
B-Cu43Ag20ZnCd-750	
B-Cu43Zn31Ag25-720	Χαλκός σε μικρά πάχη
B-Cu42Ag25ZnCd-750	
B-Cu40Ag27ZnMnNi-840	Ανοξειδωτοι χάλυβες
Ag=Άργυρος Cu=Χαλκός Cd=Καδμίο Zn=Ψευδάργυρος Mn=Μαγγάνιο Ni = Νικέλιο	

5-2. Υλικά καθαρισμού των σκληρών συγκολλήσεων

Όπως σε όλα τα είδη συγκόλλησης, που είδαμε σε προηγούμενες παραγράφους, έτσι και στις σκληρές συγκολλήσεις, τα τεμάχια που θα συγκολληθούν χρειάζονται **μηχανικό και χημικό καθαρισμό**. Ο μηχανικός καθαρισμός γίνεται συνήθως με λειαντικό τροχό, ατσαλόμαλλο, σμυριδόπανο ή άλλα κατάλληλα για κάθε περίπτωση μέσα. Ο χημικός καθαρισμός των προς συγκόλληση επιφανειών στις σκληρές συγκολλήσεις γίνεται με **αντιοξειδωτικά υλικά** που σκοπός τους είναι:

- Να καθαρίσουν τις προς συγκόλληση επιφάνειες από τις υπάρχουσες οξειδώσεις.
- Να εμποδίσουν το σχηματισμό νέων οξειδίων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.
- Να διευκολύνουν την ομοιόμορφη εξάπλωση της συγκόλλησης μεταξύ των επιφανειών που θα συγκολληθούν.

Τα πιο συνηθισμένα υλικά καθαρισμού στις σκληρές συγκολλήσεις είναι:

- **Ο βόρακας**
- **Το βορικό οξύ**
- **Ενώσεις χλωριδίων και φθοριδίων**
- **Ενώσεις φωσφόρου**

Ο βόρακας (άλας βορίου και νατρίου) κυκλοφορεί στο εμπόριο σε μορφή πάστας ή σκόνης. Τήκεται στους 741 °C, οπότε διαλύει όλα τα οξείδια από τα γνωστά μας μέταλλα (σίδηρο, χαλκό, ψευδάργυρο κτλ.) εκτός από το **αλουμίνιο** και το **χρώμιο**. Επομένως, για τις συγκολλήσεις αυτών των μετάλλων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται άλλα **ειδικά υλικά καθαρισμού**. Ο βόρακας, που παραμένει στη ραφή μετά τη συγκόλληση υπό μορφή άλατος, πρέπει να απομακρύνεται (όπως όλα τα καθαριστικά υλικά). Η απομάκρυνση των υπολειμμάτων του βόρακα πολλές φορές είναι δύσκολη και απαιτεί υπομονή και μεθοδικότητα. Ο βόρακας χρησιμοποιείται σε συγκολλήσεις οι οποίες απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 750°C.



Σχήμα (5.2): Υλικά χημικού καθαρισμού σε σκόνη και πάστα

Σημείωση: Οι σκληρές κολλήσεις που περιέχουν φώσφορο, όπως π.χ. η B-Cu92P-710 (με περίπου 8% φώσφορο), όταν χρησιμοποιούνται σε συγκολλήσεις χάλκινων τεμαχίων (φύλλα ή εξαρτήματα χαλκοσωλήνων), δε χρειάζονται υλικά χημικού καθαρισμού, επειδή οι ατμοί του φωσφόρου δεσμεύουν τα οξείδια του χαλκού και, επομένως, οι προς συγκόλληση επιφάνειες καθαρίζονται ικανοποιητικά για τις ανάγκες της συγκόλλησης.

Το βορικό οξύ έχει θερμοκρασία τήξης 580°C. Η διάλυση όμως των οξειδίων των γνωστών μας μετάλλων αρχίζει σε θερμοκρασίες πάνω από τους 850°C. Γι' αυτό το βορικό οξύ πρέπει **να χρησιμοποιείται** ως υλικό καθαρισμού για κολλήσεις, των οποίων η θερμοκρασία τήξης είναι **μεγαλύτερη των 850°C**, όπως είναι οι χαλκοκολλήσεις ή οι μπруντζοκολλήσεις. Τα υπολείμματα του βορικού οξέος, που μένουν στη θέση της συγκόλλησης, καθαρίζονται πολύ πιο εύκολα από τα υπολείμματα του βόρακα. Σε ειδικές περιπτώσεις σκληρών συγκολλήσεων χρησιμοποιούνται και μείγματα βόρακα και βορικού οξέος.

Τα χλωρίδια και φθορίδια (ενώσεις του χλωρίου και του φθορίου) είναι υλικά καθαρισμού κατάλληλα για θερμοκρασίες συγκόλλησης **μικρότερες των 800°C** (συνήθως χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες από 600 έως 800°C).

Στις περιοχές αυτές των θερμοκρασιών, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο βόρακας ή το βορικό οξύ, των οποίων η αντιοξειδωτική δράση αρχίζει σε θερμοκρασίες πάνω από τους 850°C.

Τα υλικά αυτά καθαρισμού (χλωρίδια και φθορίδια) διαλύουν και τα **οξείδια του αλουμινίου και του χρωμίου**. Άρα, είναι κατάλληλα και για συγκολλήσεις αλουμινίου με μπρούντζο, καθώς και ανοξείδωτων χαλύβων (οι οποίοι περιέχουν χρώμιο). Στο εμπόριο κυκλοφορούν και ως «βόρακες αλουμινίου».

ΠΙΝΑΚΑΣ (5-3): Καθαριστικά υλικά σκληρών συγκολλήσεων

Είδος καθαριστικού υλικού (αποξειδωτικού)	Θερμοκρασίες εργασίας (°C)	Παράδειγμα χρησιμοποιούμενης κόλλησης
Βόρακας	750 έως 1000	Μπρουντζοκολλήσεις
Βορικό οξύ	850 έως 1000	Μπρουντζοκολλήσεις
Χλωρίδια-Φθορίδια	600 έως 800	Ασημοκολλήσεις
Φωσφορούχες ενώσεις	> 1000	Χαλκοκολλήσεις

Προσοχή: Οι ατμοί των χλωριδίων και ιδιαίτερα των φθοριδίων είναι δηλητηριώδεις και δεν πρέπει να εισπνέονται. Στους χώρους στους οποίους πραγματοποιούνται συγκολλήσεις με καθαριστικά υλικά, χλωρίδια και φθορίδια, θα πρέπει να γίνεται καλός εξαερισμός.

Οι φωσφορούχες ενώσεις (συνήθως άλατα φωσφορικού οξέος), είναι υλικά καθαρισμού, που χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασίες εργασίας **πάνω από 1000°C** (π.χ. σε χαλκοκολλήσεις). Όμως, όταν μια σκληρή κόλληση περιέχει στη σύνθεσή της φωσφόρο, όπως π.χ. η B-Cu92P-710 (με 8% φώσφορο), δεν απαιτείται η χρήση φωσφορούχων καθαριστικών υλικών, γιατί το περιεχόμενο φώσφορο στην κόλληση δρα και ως αντιοξειδωτικό.

5-3. Η συσκευή οξυγονοασετιλίνης

Για την πραγματοποίηση σκληρών συγκολλήσεων, απαιτούνται θερμοκρασίες πολύ υψηλές (500 έως 1100°C). Τέτοιες θερμοκρασίες μπορούμε να πετύχουμε μόνο με φλόγα **οξυγόνου-ασετιλίνης**. Έτσι ο τεχνίτης-συγκολλητής πρέπει να γνωρίζει με κάθε λεπτομέρεια τη συσκευή οξυγόνου-ασετιλίνης (O-A) και τα εξαρτήματα που την αποτελούν, για να εργάζεται **με ασφάλεια** και να είναι **αποδοτικός**.

Η φλόγα (O-A) φτάνει τη θερμοκρασία των **3200°C** περίπου. Τέτοια θερμοκρασία δεν μπορεί να δώσει κανένα άλλο αέριο καιγόμενο με το οξυγόνο, εκτός από την **ασετιλίνη**. Γιατί η ασετιλίνη έχει μεγάλη **θερμογόνο δύναμη (kJ/L)** και καίγεται με μεγάλη ταχύτητα. Στη συσκευή (O-A) το καύσιμο αέριο είναι η ασετιλίνη (C₂H₂), ενώ το οξυγόνο συντελεί στην καύση της ασετιλίνης.

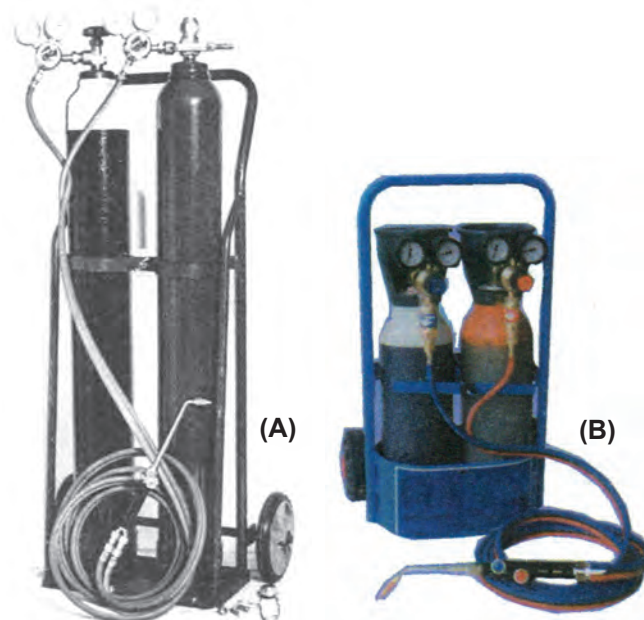
Το οξυγόνο (O₂) είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Δεν καίγεται, αλλά προκαλεί την καύση. Παράγεται από τον υγροποιημένο ατμοσφαιρικό αέρα (με ψύξη στους -200°C) ή με ηλεκτρόλυση του νερού (διαχωρισμό του οξυγόνου από το υδρογόνο). Αποθηκεύεται σε χαλύβδινες **φιάλες των 40 L με πίεση 150 bar** (15MPa). Επομένως, μια φιάλη οξυγόνου περιέχει 40 × 150 = 6000 L οξυγόνου.

Προσοχή: Η ασετιλίνη σε μικρή ανάμειξη με τον εισπνεόμενο αέρα δεν είναι δηλητηριώδης. Όταν όμως το ποσοστό ξεπεράσει το 40%, προκαλεί ασφυξία. Η ασετιλίνη σε πιέσεις μεγαλύτερες των 15 bar (1500kPa) μπορεί να εκραγεί.

Η ασετιλίνη (C_2H_2) είναι άχρωμη αλλά με έντονη οσμή. Παράγεται από το ανθρακασβέστιο (CaC_2), όταν αντιδράσει με νερό. Αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες των 40 L υπό πίεση 15 bar¹ (1500 kPa), γιατί σε μεγαλύτερες πιέσεις μπορεί να προκληθεί έκρηξη. Για να αποφευχθεί αυτός ο κίνδυνος, οι φιάλες στις οποίες αποθηκεύεται ασετιλίνη περιέχουν **ακετόνη**. Η ακετόνη έχει την ιδιότητα να διαλύει την ασετιλίνη σε μεγάλη ποσότητα. Περίπου **150 φορές** μεγαλύτερη ποσότητα από τον όγκο της. Έτσι, μια φιάλη ασετιλίνης 40 L περιέχει $40 \times 150 = 6000$ L. Δηλαδή ίδιο όγκο με εκείνο της φιάλης του οξυγόνου των 40 L.

Η συσκευή οξυγόνου –ασετιλίνης αποτελείται από:

- Τις φιάλες οξυγόνου (Ο) και ασετιλίνης (Α)
- Τα κλείστρα των φιαλών (Ο) και (Α)
- Τους μανομετρικούς εκτονωτές (Ο) και (Α)
- Τους ελαστικούς σωλήνες (Ο) και (Α)
- Βαλβίδες αντεπιστροφής (φλογοπαγίδες)
- Τον καυστήρα (σαλιμό)
- Το ακροφύσιο (μπεκ)

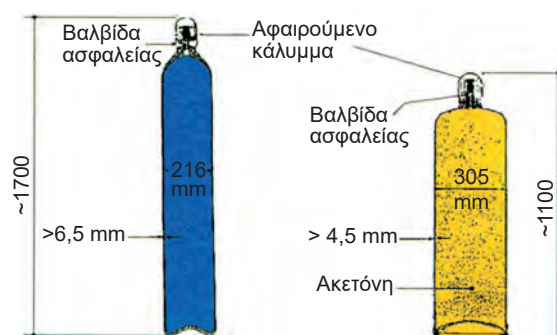


Σχήμα (5.3): Συσκευές οξυγονοασετιλίνης (Α) Για εργασίες συγκόλλησης σχετικά μεγάλες (Β) Για εργασίες συγκόλλησης σχετικά μικρές

1. 1 bar = 100 kPa

(α) Οι φιάλες

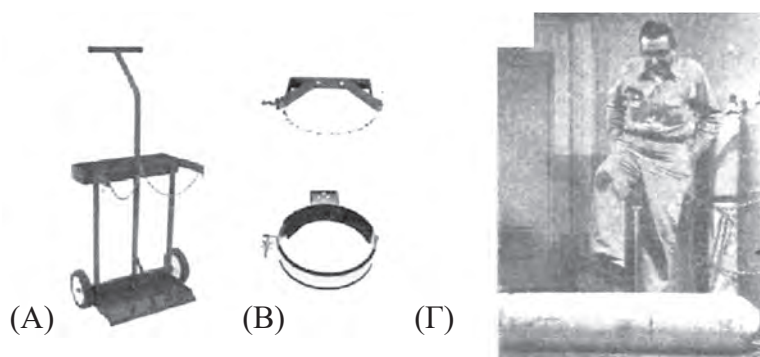
- Η **φιάλη οξυγόνου** είναι χρώματος **μπλε**. Η εξωτερική διάμετρός της είναι, συνήθως, 216 mm ενώ το ύψος της περίπου 1700 mm, όπως φαίνεται και στο σχήμα (5.4), περίπτωση (Α).
- Η **φιάλη της ασετιλίνης** έχει, συνήθως, **κίτρινο** ή **κόκκινο** χρώμα και μπορεί να έχει τις ίδιες διαστάσεις με εκείνες του οξυγόνου. Σε πολλές όμως περιπτώσεις συσκευών οξυγόνου-ασετιλίνης, η φιάλη της ασετιλίνης είναι **μεγαλύτερης διαμέτρου και μικρότερου ύψους**. Συνήθως έχει διάμετρο 305 mm και ύψος περίπου 1100 mm όπως στο σχήμα (5.4), περίπτωση (Β). Έτσι, οι φιάλες διακρίνονται πιο εύκολα και **αποφεύγονται πιθανά λάθη**.



Σχήμα (5.4): Τυπικές μορφές φιαλών: (Α) Οξυγόνου (Β) Ασετιλίνης

Μέτρα ασφαλείας σχετικά με τις φιάλες (Ο-Α):

1. Οι φιάλες (Ο-Α) πρέπει να στερεώνονται σε τοίχο και να ασφαρίζονται με αλυσίδες ή άλλο κατάλληλο μέσο. Με τον ίδιο τρόπο θα πρέπει να στερεώνονται κατά τη μετακίνησή τους πάνω σε αυτοκίνητο.
2. Η μετακίνηση των φιαλών (Ο-Α) δεν πρέπει ποτέ να γίνεται με κύλιση σε οριζόντια θέση πάνω στο δάπεδο. Θα πρέπει πάντα να τοποθετούνται πάνω σε ειδικό καρότσι μετακίνησης φιαλών, όπως φαίνεται στην εικόνα (Α) του σχήματος (5.3).



Σχήμα (5.5): (Α) Καρότσι μεταφοράς φιάλης (Β) Εξαρτήματα στερέωσης φιαλών (αλυσίδα, κολλάρο) (Γ) Ανεπίτρεπτος τρόπος μετακίνησης φιαλών.

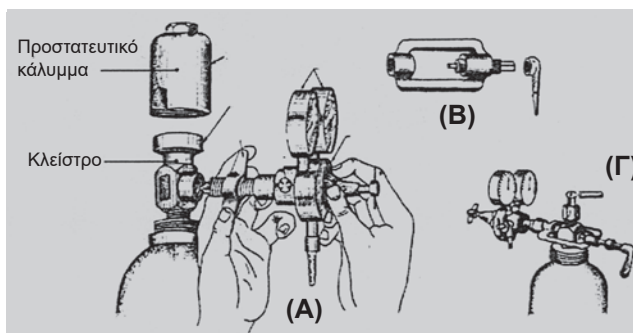
3. Οι φιάλες δεν πρέπει να εκτίθενται στον ήλιο ή κοντά σε άλλες πηγές θερμότητας, διότι η πίεση στο εσωτερικό των φιαλών αυξάνεται πολύ και μπορεί να προκληθεί ατύχημα.
4. Οι φιάλες ασετιλίνης δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται σε οριζόντια θέση (στο δάπεδο), γιατί το διαλυτικό υγρό (ακετόνη) φεύγει από τη φιάλη και παρασύρεται προς τον καυστήρα με κίνδυνο ατυχήματος.
5. Στους χώρους εργασίας θα πρέπει να υπάρχουν μόνο οι φιάλες που χρησιμοποιούμε. Η αποθήκευση φιαλών με αέρια (Ο-Α) θα πρέπει να γίνεται μόνο σε ειδικούς χώρους κατάλληλα διαμορφωμένους και με όλα τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας.
6. Κατά τη μεταφορά και τη φύλαξη των φιαλών θα πρέπει να τοποθετούνται τα χαλύβδινα προστατευτικά καλύμματά τους.

Προσοχή: Σε περίπτωση που εκδηλωθεί πυρκαγιά σε φιάλη ασετιλίνης, ο χειριστής της συσκευής πρέπει να ενεργήσει ψύχραιμα και γρήγορα, κάνοντας τα ακόλουθα:

- Να διακόψει αμέσως την παροχή της ασετιλίνης κλείνοντας το κλείστρο της.
- Αν δεν μπορεί να φτάσει γρήγορα στο κλείστρο και να κλείσει την παροχή της ασετιλίνης, μπορεί να χρησιμοποιήσει **πυροσβεστήρα διοξειδίου του άνθρακα**. Η χρήση του πυροσβεστήρα μπορεί να γίνει **για λίγα μόνο λεπτά της ώρας από την εκδήλωση της πυρκαγιάς**. Όταν όμως στο εσωτερικό της φιάλης έχει αρχίσει η διάσπαση της ασετιλίνης, θα πρέπει να εκτοξεύεται από μακριά μεγάλη ποσότητα νερού (με σωλήνα από λάστιχο) για την ψύξη των φιαλών, ώστε να αποφευχθεί η έκρηξη. Σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να πάρουμε μέτρα προφύλαξης, **γιατί τα θραύσματα των φιαλών μπορεί να εκτιναχτούν σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων και να προξενήσουν θύματα**.

(β) Τα κλείστρα

Με τα κλείστρα των φιαλών οξυγόνου και ασετιλίνης ελέγχεται το άνοιγμα και το κλείσιμο των φιαλών και, επομένως, η τροφοδότηση της συσκευής με οξυγόνο και ασετιλίνη. Επίσης, στα κλείστρα συνδέονται και οι μανομετρικοί εκτονωτές. Ο χειρισμός του κλείστρου της ασετιλίνης γίνεται με **ειδικό κλειδί** που πρέπει να φυλάγεται πάντα σε συγκεκριμένη θέση της συσκευής (Ο-Α), κατά προτίμηση πάνω στο κλείστρο και δεμένο με αλυσιδάκι. Το ίδιο κλειδί χρησιμοποιείται, επίσης,



Σχήμα (5.6): (Α) Σύνδεση μανομετρικού εκτονωτή οξυγόνου στο κλείστρο της φιάλης (Β) Σφιγκτήρας σύνδεσης εκτονωτή ασετιλίνης με το ειδικό κλειδί του (Γ) Μανομετρικός εκτονωτής ασετιλίνης

και για το σφίξιμο του σφιγκτήρα του μανομετρικού εκτονωτή πάνω στη φιάλη της ασετιλίνης. Τα κλείστρα των φιαλών καλύπτονται πάντα με προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα.

(γ) Οι μανομετρικοί εκτονωτές

Σκοπός των μανομετρικών εκτονωτών (οξυγόνου και ασετιλίνης) είναι να **μειώνουν** την υψηλή πίεση του αερίου που βρίσκεται στις φιάλες, σε χαμηλή και σταθερή πίεση εργασίας. Σε κάθε μανομετρικό εκτονωτή υπάρχουν δύο μανόμετρα. Το ένα μανόμετρο μετρά την **πίεση του αερίου μέσα στη φιάλη** (μανόμετρο υψηλής πίεσης) και το άλλο την **πίεση παροχής** προς τον καυστήρα (μανόμετρο χαμηλής πίεσης).

⇒ Τα **μανόμετρα οξυγόνου υψηλής πίεσης** φέρουν κλίμακα από 0 έως 315 bar, ενώ η κλίμακα των μανομέτρων χαμηλής πίεσης είναι βαθμονομημένη **από 0 έως 16 bar**.

⇒ Τα **μανόμετρα ασετιλίνης υψηλής πίεσης** φέρουν κλίμακα **από 0 έως 25 bar**, ενώ τα μανόμετρα χαμηλής πίεσης έχουν κλίμακα **από 0 έως 2,5 bar**.

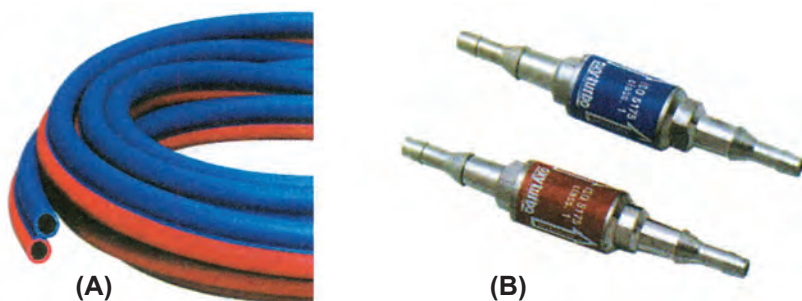
Ο μανομετρικός εκτονωτής **οξυγόνου** συνδέεται στο κλείστρο της φιάλης με τη βοήθεια ενός μαστού **με δεξιόστροφο σπείρωμα**, ενώ ο μανομετρικός εκτονωτής ασετιλίνης προσαρμόζεται στο κλείστρο της φιάλης μέσω σφιγκτήρα (καβαλέτου) **με αριστερόστροφο σπείρωμα** (όπως όλα τα εξαρτήματα του εξοπλισμού της ασετιλίνης). Στην εικόνα (B) του σχήματος (5.6) φαίνεται ο σφιγκτήρας σύνδεσης του μανομετρικού εκτονωτή στη φιάλη ασετιλίνης. Σε κάθε μανομετρικό εκτονωτή (Ο-Α) υπάρχει και ένας ρυθμιστής της πίεσης εργασίας, με τον οποίο μπορούμε να ρυθμίσουμε την απαιτούμενη πίεση για κάθε περίπτωση συγκόλλησης.



Σχήμα (5.7): Μανομετρικοί εκτονωτές: (Α) Οξυγόνου (Β) Ασετιλίνης

(δ) Οι ελαστικοί σωλήνες οξυγόνου και ασετιλίνης

Οι ελαστικοί σωλήνες συνδέουν την έξοδο των μανομετρικών εκτονωτών (χαμηλή πίεση) με τον καυστήρα (σαλιμό). Μέσα από τους σωλήνες τα αέρια οξυγόνου και ασετιλίνης οδηγούνται χωριστά από τις φιάλες στον **καυστήρα**, όπου αναμειγνύονται για να οδηγηθούν στο **ακροφύσιο** (μπεκ) για τη δημιουργία φλόγας.



Σχήμα (5.8): Ελαστικοί σωλήνες: (Α) Οξυγόνου (μπλε) και ασετιλίνης (κόκκινο) (Β) Βαλβίδες αντεπιστροφής (Ο-Α) (φλογοπαγίδες)

Οι ελαστικοί σωλήνες συνδέονται με τους μανομετρικούς εκτονωτές με **ρακόρ και σφιγκτήρα**. Όπως όλα τα εξαρτήματα του οξυγόνου είναι δεξιόστροφα και της ασετιλίνης αριστερόστροφα, έτσι και το ρακόρ σύνδεσης του σωλήνα του οξυγόνου είναι δεξιόστροφο, ενώ της ασετιλίνης αριστερόστροφο. Το χρώμα του σωλήνα **του οξυγόνου είναι μπλε, ενώ της ασετιλίνης κόκκινο**.

Προσοχή:

- Μετά τη σύνδεση οποιουδήποτε εξαρτήματος της συσκευής οξυγονοασετιλίνης, είναι απαραίτητος ο έλεγχος διαρροών με σαπουνοδιάλυμα (με τους σωλήνες υπό πίεση).
- Απαγορεύεται αυστηρά να λαδώνουμε ή να τοποθετούμε γράσο στα σπειρώματα των συνδέσμων των εξαρτημάτων της συσκευής (Ο-Α). **Υπάρχει κίνδυνος έκρηξης.**
- Οι σωλήνες οξυγόνου και ασετιλίνης θα πρέπει να ελέγχονται συχνά για **σχισμές ή πρόωρες φθορές** και να αντικαθίστανται, όταν η κατάστασή τους δεν εμπνέει εμπιστοσύνη.

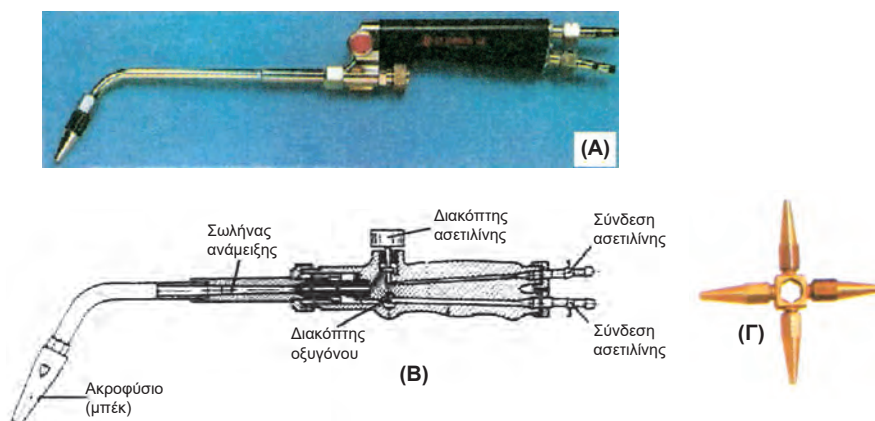
(ε) Οι βαλβίδες αντεπιστροφής ή φλογοπαγίδες

Σκοπός των βαλβίδων αντεπιστροφής (φλογοπαγίδων), που φαίνονται στο σχήμα (5.8), εικόνα (Β), είναι να μην επιτρέπουν επιστροφή της φλόγας προς τις φιάλες (Ο-Α). Τοποθετούνται αμέσως μετά τους μανομετρικούς εκτονωτές ή λίγο πριν από τον καυστήρα. Οι φλογοπαγίδες είναι εξαρτήματα που μας εξασφαλίζουν **ασφάλεια** κατά τη χρήση της συσκευής (Ο-Α), γι' αυτό θα πρέπει πάντα να διατηρούνται σε καλή κατάσταση και να ελέγχεται η λειτουργία τους.

(στ) Ο καυστήρας ή σαλιμό

Σκοπός του καυστήρα είναι η **ανάμειξη των δύο αερίων** (οξυγόνου και ασετιλίνης) στην επιθυμητή αναλογία, την οποία θα πρέπει να διατηρεί καθ' όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης. Κάθε καυστήρας (Ο-Α) αποτελείται από τη **χειρολαβή**, στην οποία συνδέονται οι δύο σωλήνες (Ο-Α), από τους **διακόπτες-ρυθμιστές** του

οξυγόνου (χρώματος μπλε) και της ασετιλίνης (χρώματος κόκκινου), από το **θάλαμο ανάμειξης** των δύο αερίων και από το **ακροφύσιο** (μπεκ).



Σχήμα (5.9): (Α) Καυστήρας (σαλιμό) οξυγονοασετιλίνης (Β) Εσωτερική δομή του καυστήρα (Γ) Σετ τεσσάρων ακροφυσίων βιδωμένων στην ειδική βάση φύλαξής τους

Ο καυστήρας (Ο-Α) κατασκευάζεται συνήθως από ορείχαλκο, ενώ **το ακροφύσιο από χαλκό**, για να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούν οι σκληρές συγκολλήσεις. Τα δύο αέρια (οξυγόνο και ασετιλίνη) οδηγούνται μέσα από τους διακόπτες-ρυθμιστές στο θάλαμο ανάμειξης. Εκεί αναμειγνύονται και καταλήγουν στο ακροφύσιο (μπεκ), όπου γίνεται η καύση. Τα ακροφύσια (μπεκ) χαρακτηρίζονται από την **κατανάλωση ασετιλίνης** σε λίτρα ανά ώρα (L/h). Όταν σ' ένα ακροφύσιο αναγράφεται π.χ. ο αριθμός 100, σημαίνει ότι δίνει φλόγα με κατανάλωση ασετιλίνης 100 L/h.

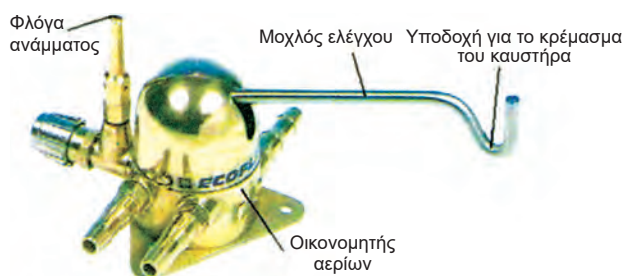
Κάθε καυστήρας οξυγονοασετιλίνης συνοδεύεται από ένα **σετ ακροφυσίων** (4-6 τεμάχια). Το μέγεθος του μπεκ που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά, θα εξαρτηθεί από το πάχος των ελασμάτων. Στον πίνακα (5-4), φαίνεται το απαιτούμενο μέγεθος ακροφυσίου για κάθε πάχος ελασμάτων που πρόκειται να συγκολληθούν.

Πίνακας 5-4: Αντιστοιχία μεταξύ μεγέθους ακροφυσίου και διαμέτρου κόλλησης σε διάφορα πάχη ελασμάτων

Πάχος ελάσματος (mm)	Ακροφύσιο (παροχή ασετιλίνης, L/h)	Διάμετρος κόλλησης (mm)
0,5	50	1,5
0,8	70	1,5
1	100	1,5
1,5	140	2
2	200	2
2,5	250	2
3	315	3
4	400	3
5	500	3
6	630	3
8	800	4
10	1000	5

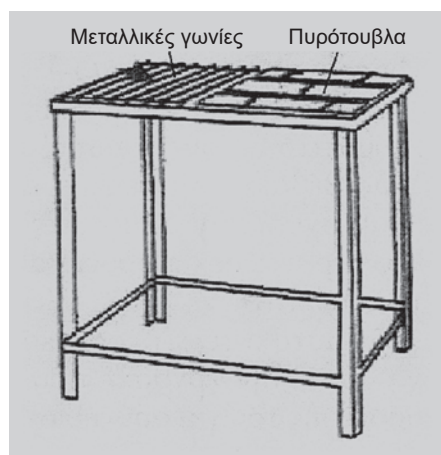
Η παροχή του οξυγόνου και της ασετιλίνης προς τον αναμικτήρα και το ακροφύσιο (προς καύση), γίνεται από τους ρυθμιστικούς διακόπτες οξυγόνου και ασετιλίνης. Με τους διακόπτες αυτούς (δικλείδες) ρυθμίζεται η απαιτούμενη φλόγα για την εργασία που πρόκειται να εκτελεσθεί.

Όταν όμως ο συγκολλητής, για κάποιο λόγο, πρέπει να διακόψει την εργασία συγκόλλησης (για να καθαρίσει τη συγκόλληση, να στερεώσει τα προς συγκόλληση τεμάχια κτλ.), ή θα πρέπει να σβήσει τον καυστήρα ή να τον αφήσει να καίει χωρίς παραγωγή κάποιου έργου. Στην πρώτη περίπτωση (σβήσιμο του καυστήρα) **θα δαπανήσει αρκετό χρόνο** να ξανανάψει τον καυστήρα και να ρυθμίσει πάλι τη φλόγα. Στη δεύτερη περίπτωση σπαταλούνται αέρια (οξυγόνο και ασετιλίνη) με ένα μικρό ή μεγάλο οικονομικό κόστος. Για να αποφεύγονται και οι δύο πιο πάνω αρνητικές επιπτώσεις κατά τις μικρές διακοπές των εργασιών συγκόλλησης, οι συσκευές (Ο-Α) συνοδεύονται από ειδικό μηχανισμό ελέγχου του μείγματος, που ονομάζεται **οικονομητής μείγματος αερίων** και φαίνεται στο σχήμα (5.10).



Σχήμα (5.10): Οικονομητής μείγματος αερίων που λειτουργεί με το κρέμασμα του καυστήρα

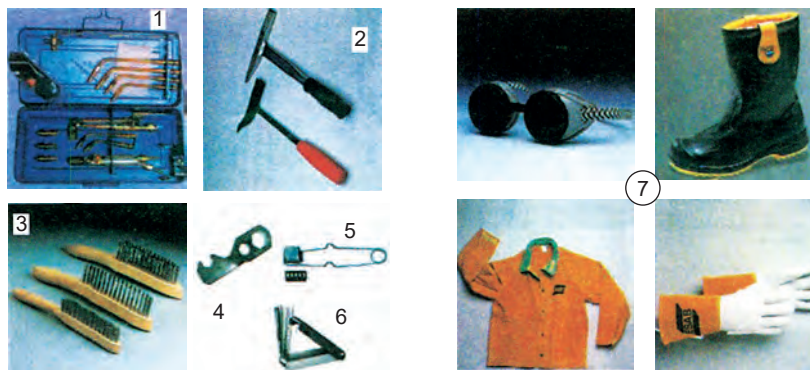
Όταν ο καυστήρας κρεμαστεί στην ειδική υποδοχή του οικονομητή καυσαερίων, η παροχή μείγματος μειώνεται στο ελάχιστο δυνατόν, που είναι όμως αρκετή για τη διατήρηση μιας μικρής φλόγας, περιορίζοντας, έτσι, την κατανάλωση των αερίων. Όταν ο οξυγονοκολλητής θελήσει να συνεχίσει την εργασία του και ξεκρεμάσει τον καυστήρα από τη θέση του, η παροχή προς τον καυστήρα επανέρχεται αυτόματα στην αρχική αναλογία των αερίων χωρίς καθυστερήσεις για νέες ρυθμίσεις, δηλαδή όπως είχε ρυθμιστεί πριν από τη διακοπή της εργασίας. Έτσι κερδίζονται χρόνος και χρήματα που μπορεί να είναι πολύ σημαντικά σε συγκολλήσεις μεγάλων έργων.



Σχήμα (5.11): Ειδικό τραπέζι οξυγονοσυγκολλήσεων, με πυρότουβλα και γωνίες ή σωλήνες

5-4. Εργαλεία και εξοπλισμός εργασίας του οξυγονοκολλητή

Ο οξυγονοκολλητής, εκτός από τη συσκευή οξυγόνου-ασετιλίνης και των παρελκόμενων εξαρτημάτων της, στην άσκηση της εργασίας του χρειάζεται και κάποια εργαλεία (γενικής χρήσης και ειδικά εργαλεία συγκολλητή). Τέτοια εργαλεία και προστατευτικά εξαρτήματα φαίνονται στα σχήματα (5.11) και (5.12).



Σχήμα (5.12): Ο εξοπλισμός του οξυγονοκολλητή: (1) Μεταλλική θήκη με τα απαραίτητα εξαρτήματα οξυγονοκόλλησης και οξυγονοκοπής (2) Ειδικά σφυριά οξυγονοκολλητή (3) Συρματόβουρτσες (4) Ειδικό κλειδί συσκευών O-A (5) Αναπτήρας οξυγονοκολλητή (6) Σετ συρμάτων καθαρισμού των ακροφυσίων (7) Μέσα προστασίας: γυαλιά, μπότες, δερμάτινο σακάκι και γάντια

5-5. Προβλήματα κατά τη χρήση της συσκευής O-A

Όπως σε όλες τις τεχνικές εργασίες, που χρησιμοποιούμε συσκευές ή μηχανές, δημιουργούνται προβλήματα κατά τη χρήση τους, έτσι και στην περίπτωση της χρήσης της συσκευής (O-A) υπάρχουν τα σχετικά προβλήματα.

Στον πίνακα (5-5) είναι συγκεντρωμένα μερικά από τα πλέον συνηθισμένα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο συγκολλητής και οι πιθανές αιτίες που τα προκαλούν. Βέβαια, θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι η χρήση της συσκευής συγκόλλησης (O-A) σχετίζεται με **υψηλές θερμοκρασίες**, με αέριο που **αναφλέγεται** και σε ειδικές περιπτώσεις **μπορεί να εκραγεί** με ανυπολόγιστες ζημιές αλλά και με ανθρώπινα θύματα.

Γι' αυτό ο τεχνίτης συγκολλητής θα πρέπει να έχει συγκεντρωμένη την προσοχή του στην εργασία που εκτελεί και να παρακολουθεί τη συμπεριφορά της συσκευής του για ασυνήθιστα φαινόμενα. Τέτοια ασυνήθιστα φαινόμενα μπορεί να είναι:

- Να διακόπτεται η φλόγα χωρίς λόγο.
- Να συμβαίνουν μικροεκρήξεις.
- Να γίνεται αναστροφή της φλόγας (φλογοεπιστροφή), προς τις φιάλες κτλ.

Τα συμπτώματα της φλογοεπιστροφής είναι:

- Ισχυρό ζέσταμα της λαβής του καυστήρα
- Ασυνήθιστο χαρακτηριστικό σφύριγμα στο ακροφύσιο

ΠΙΝΑΚΑΣ (5-5)

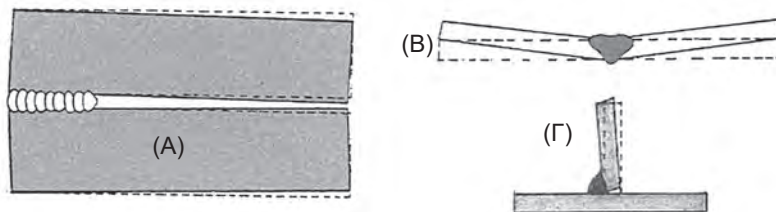
Πρόβλημα	Πιθανές αιτίες που προκαλούν το πρόβλημα
• Η φλόγα διακόπτεται (χωρίς δική μας ενέργεια).	• Η πίεση οξυγόνου είναι πολύ μεγάλη. • Το ακροφύσιο είναι φραγμένο (βουλωμένο).
• Εκρηκτικός ήχος στο ακροφύσιο κατά το άναμμα της φλόγας	• Η πίεση του οξυγόνου ή της ασετιλίνης δεν είναι σωστή. • Η εσωτερική ανάμειξη των αερίων στον καυστήρα δεν είναι πλήρης (ατελής). • Το ακροφύσιο (μπεκ) είναι πολύ μεγάλο. • Το ακροφύσιο (μπεκ) είναι ακάθατο.
• Η φλόγα αυξομειώνεται (χωρίς δική μας ενέργεια).	• Υγρασία στο αέριο ή μέσα στους ελαστικούς σωλήνες • Ανεπαρκής παροχή ασετιλίνης
• Το ακροφύσιο κοκκινίζει και λειτουργεί με ασυνήθιστο θόρυβο.	• Το ακροφύσιο (μπεκ) έχει υπερθερμανθεί. • Το ακροφύσιο είναι βουλωμένο. • Κακή ρύθμιση του αερίου (ασετιλίνης) • Έχουν κολλήσει μεταλλικά υπολείμματα στο ακροφύσιο.
• Η ροή του οξυγόνου αναστρέφεται (το οξυγόνο κατευθύνεται προς τη δίοδο της ασετιλίνης).	• Το ακροφύσιο είναι βουλωμένο ή ακάθατο. • Η πίεση του οξυγόνου είναι πολύ υψηλή. • Ο καυστήρας (σαλιμό) ή οι ρυθμιστικές βαλβίδες (δικλείδες) είναι χαλασμένες.
• Επιστροφή της φλόγας (ακούγεται ένα χαρακτηριστικό σφύριγμα και θερμαίνεται η λαβή του καυστήρα).	• Το ακροφύσιο είναι βουλωμένο ή ακάθατο. • Η πίεση οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή. • Το ακροφύσιο έχει υπερθερμανθεί. • Μικρή παροχή ασετιλίνης προς τον καυστήρα

5-6. Μερικές αξιοσημείωτες παρατηρήσεις για τις οξυγονοσυγκολλήσεις και τις εφαρμογές τους

(α) Δημιουργία παραμορφώσεων

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των συγκολλήσεων, δημιουργούνται συχνά **παραμορφώσεις** των προς συγκόλληση τεμαχίων, όπως βλέπουμε και στο σχήμα (5.13).

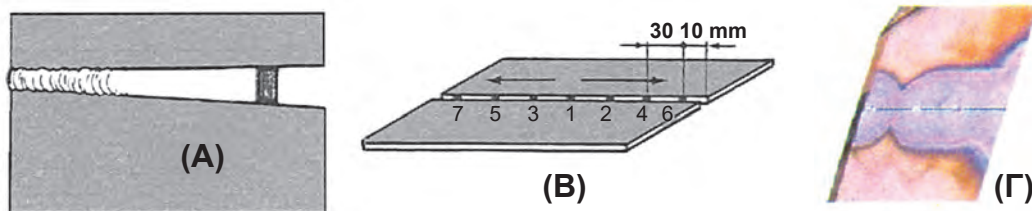
Για να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες αυτές παραμορφώσεις κατά τη θέρμανση και την ψύξη των μεταλλικών τεμαχίων (από τις τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη



Σχήμα (5.13): Συνήθεις παραμορφώσεις κατά τις συγκολλήσεις τεμαχίων με φλόγα οξυγονοασετιλίνης

διαστολή και συστολή τους), έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται μερικές πρακτικές μέθοδοι περιορισμού των παραμορφώσεων.

Η πιο κοινή μέθοδος αποφυγής παραμορφώσεων είναι η μέθοδος του **πονταρίσματος**. Κάνουμε δηλαδή πονταρισιές (τσιμπήματα) στα προς συγκόλληση τεμάχια σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους 30 περίπου φορές το πάχος των τεμαχίων. Σε ελάσματα π.χ. 2mm τα «τσιμπήματα» θα απέχουν μεταξύ τους $2 \times 30 = 60$ mm. Έτσι, τα προς συγκόλληση τεμάχια, κατά τη ραφή τους θα παραμείνουν στη θέση τους χωρίς παραμορφώσεις. Όμως η μεγάλη θερμοκρασία δεν είναι ο μόνος παράγοντας που συμβάλλει στη δημιουργία παραμορφώσεων κατά τις συγκολλήσεις με φλόγα οξυγονοασετιλίνης. Το μέγεθος της παραμόρφωσης εξαρτάται και από πολλούς άλλους παράγοντες².



Σχήμα (5.14): Προετοιμασία των τεμαχίων για να αποφευχθεί η παραμόρφωση κατά τη συγκόλληση. (Α) Η μέθοδος της σφήνας (Β) Η μέθοδος πονταρίσματος (Γ) Πραγματικά πονταρίσματα

Άλλες μέθοδοι αποφυγής παραμορφώσεων κατά τις συγκολλήσεις με φλόγα (Ο-Α), που σπάνια θα συναντήσουν οι τεχνίτες είναι:

- Η μέθοδος **ψύξης της ραφής** με ψυχρές μεταλλικές πλάκες.
- Η μέθοδος **τοποθέτησης σφήνας** μεγέθους ίσου με τη ρίζα της συγκόλλησης, ανάμεσα στα συγκολλώμενα τεμάχια. Η σφήνα έχει διαστάσεις ίσες με την απόσταση μεταξύ των προς συγκόλληση μετάλλων και μετακινείται συνεχώς μπροστά από την περιοχή συγκόλλησης μέχρι την ολοκλήρωσή της, όπως φαίνεται στο σχήμα (5.14), περίπτωση (Α).

2. Η λεπτομερής ανάπτυξη τους ξεφεύγει από το σκοπό αυτού του βιβλίου

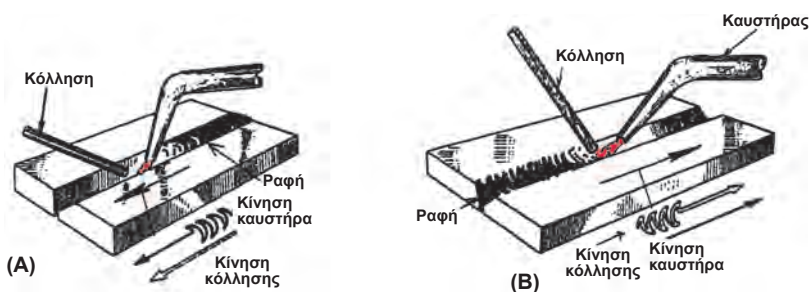
(β) Η διεύθυνση κίνησης του καυστήρα

Οι οξυγονοκολλήσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη διεύθυνση κίνησης του καυστήρα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Έτσι έχουμε:

- Οξυγονοκολλήσεις **προς τα αριστερά**
- Οξυγονοκολλήσεις **προς τα δεξιά**

Η προς τα αριστερά συγκόλληση **χρησιμοποιείται** σε ελάσματα με σχετικά μικρό πάχος (μέχρι 4 mm). Στις προς τα αριστερά συγκολλήσεις η συγκολλητική ράβδος (κόλληση) προηγείται του καυστήρα, όπως φαίνεται στο σχήμα (5.15) περίπτωση (Α). Ο καυστήρας κινείται με ελαφρές κινήσεις ζιγκ-ζαγκ, ενώ η ράβδος της κόλλησης κινείται ευθύγραμμα βυθιζόμενη στο τήγμα (λιωμένο μέταλλο), για να λιώσει κι αυτή και να σχηματιστεί η ραφή.

Αντίθετα, **οι προς τα δεξιά συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται** σε ραφές ελασμάτων σχετικά μεγάλου πάχους (άνω των 4 mm). Ο καυστήρας προηγείται της κόλλησης κινούμενος ευθύγραμμα, ενώ η κόλληση βυθίζεται στο τήγμα με μικρές κινήσεις ζιγκ-ζαγκ, που φαίνονται στο σχήμα (5.15), περίπτωση (Β).



Σχήμα (5.15): (Α) Συγκόλληση προς τα αριστερά (Β) Συγκόλληση προς τα δεξιά

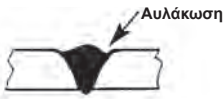
5-7. Ελαττώματα οξυγονοκολλήσεων

Τα συνηθέστερα ελαττώματα (σφάλματα) που παρατηρούνται στις συγκολλήσεις φλόγας (Ο-Α) φαίνονται στον πίνακα (5-6).

Όσο εμπειρότερος και καλύτερα εκπαιδευμένος είναι ο τεχνίτης οξυγονοκολλητής, τόσο λιγότερα είναι τα ελαττώματα στις εργασίες συγκόλλησης. Τα κύρια στοιχεία που επηρεάζουν την ποιότητα συγκόλλησης είναι:

- Η επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης
- Η ρύθμιση της πίεσης των αερίων και η σωστή ρύθμιση της φλόγας
- Η σωστή επιλογή του μεγέθους του ακροφυσίου
- Το είδος και η διάσταση της κόλλησης
- Η δεξιότητα του οξυγονοκολλητή

Πίνακας (5-6): Συνήθη σφάλματα συγκολλήσεων με φλόγα οξυγονοασετιλίνης

Είδος σφάλματος	Σχηματική απεικόνιση	Πιθανές αιτίες
Συγκόλληση με αυλακώσεις στη ραφή		- Επιλογή μεγάλου ακροφυσίου - Μικρή απόσταση του ακροφυσίου από μέταλλα
Συγκόλληση με ελλειπή διείσδυση της κόλλησης		- Επιλογή μικρού ακροφυσίου - Η συγκόλληση γίνεται ταχύτερα απ' ό,τι πρέπει - Η απόσταση του πυρήνα της φλόγας από το μέταλλο είναι πολύ μεγάλη - Διάκενο αρμού μικρό
Συγκόλληση με υπερυψωμένη τη ραφή		- Επιλογή βέργας συγκολλητικού υλικού μεγαλύτερης διαμέτρου από αυτή που απαιτεί η συγκεκριμένη συγκόλληση - Υπερβολική εναπόθεση κόλλησης
Συγκόλληση με εγκλωβισμό φυσαλίδων ή πόρων στη ραφή		- Ακάθαρτες επιφάνειες συγκόλλησης - Συγκολλητικό υλικό κακής ποιότητας - Κακή ρύθμιση της φλόγας (μεγαλύτερη από εκείνη που απαιτεί το πάχος των ελασμάτων της συγκόλλησης) - Μη ομαλή ψύξη του μετάλλου μετά τη συγκόλληση
Συγκόλληση με εμφανή την έλλειψη συγκολλητικού υλικού (κόλληση)		Μικρότερη ποσότητα συγκολλητικού υλικού από την απαιτούμενη
Ρωγμές στη ραφή συγκόλλησης		- Ακατάλληλο συγκολλητικό υλικό - Απότομη ψύξη της συγκόλλησης - Τάσεις που αναπτύσσονται μέσα στα μεταλλικά τεμάχια που συγκολλούνται.

5-8. Κοπή με φλόγα οξυγονοασετιλίνης

Μια από τις μεθόδους κοπής σιδηρούχων μετάλλων, είναι και η μέθοδος με τη χρήση **φλόγας οξυγονοασετιλίνης**.

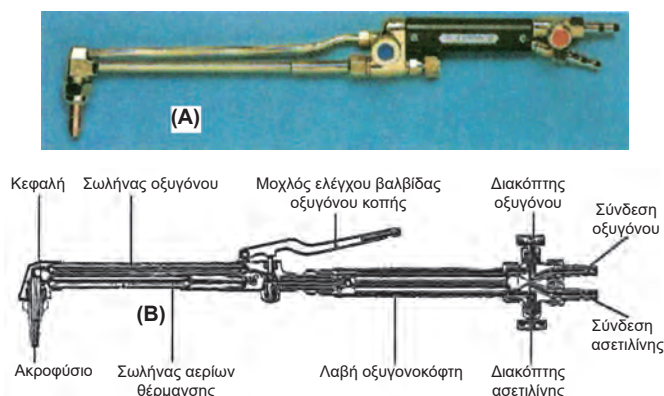
Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ιδιότητα του οξυγόνου **να οξειδώνει τα μέταλλα με μεγάλη ταχύτητα, όταν είναι πυρακτωμένα**. Έτσι, αν θερμάνουμε ένα μέταλλο μέχρι να πυρακτωθεί και εμψύσουμε στο πυρακτωμένο σημείο καθαρό οξυγόνο με μεγάλη πίεση, θα σχηματισθούν **οξειδία**, τα οποία απομακρύνονται με την πίεση με την οποία παρέχεται το οξυγόνο. Στο σημείο που σχηματίζονται τα οξειδία, και μετά την απομάκρυνσή τους, επέρχεται διάσπαση της συνοχής του μετάλλου, με αποτέλεσμα την κοπή του.

(α) Οι συσκευές οξυγονοκοπής (πυροκόφτες)

Για την κοπή των μετάλλων με φλόγα οξυγονοασετιλίνης χρησιμοποιείται ειδικό εργαλείο, που ονομάζεται **οξυγονοκόφτης ή πυροκόφτης ή φλόγιστρο κοπής**.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα (5.16), ο πυροκόφτης αποτελείται από :

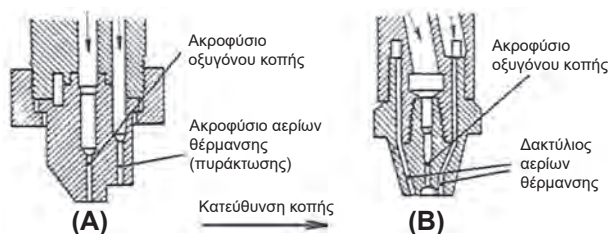
- Τις υποδοχές σύνδεσης των σωλήνων του οξυγόνου και ασετιλίνης
- Τις δικλείδες (διακόπτες) οξυγόνου και ασετιλίνης
- Τη χειρολαβή
- Τους ρυθμιστικούς διακόπτες οξυγόνου και ασετιλίνης **θέρμανσης**
- Το χειρομοχλό της βαλβίδας παροχής οξυγόνου **κοπής**
- Το σωλήνα **αερίου θέρμανσης**
- Το σωλήνα **οξυγόνου κοπής**
- Το ακροφύσιο (μπεκ)



Σχήμα (5.16): (Α) Συνήθης εξωτερική μορφή πυροκόφτη (Β) Η Εσωτερική δομή πυροκόφτη

Το ακροφύσιο συνδέεται με σπείρωμα στο άκρο του οξυγονοκόφτη. Έτσι, μπορούμε να το αλλάζουμε κάθε φορά που οι απαιτήσεις κοπής του μετάλλου αλλάζουν. Τα ακροφύσια κοπής κυκλοφορούν στο εμπόριο σε δύο τύπους. Τα ακροφύσια **90°** και τα ακροφύσια **75°**.

Στα ακροφύσια καταλήγουν δύο σωληνάκια. Στο ένα σωληνάκι διοχετεύεται το μείγμα οξυγόνου-ασετιλίνης για τη θέρμανση (πυράκτωση) του σημείου κοπής του μετάλλου και στο άλλο διοχετεύεται το καθαρό οξυγόνο κοπής.



Σχήμα (5.17): Ακροφύσια οξυγονοκόφτη με διαφορετική διαρρύθμιση των οπών του αερίου θέρμανσης και οξυγόνου κοπής

Το μείγμα οξυγόνου-ασετιλίνης καταλήγει σ' έναν αριθμό μικρών οπών, που σχηματίζουν ένα κύκλο, στο κέντρο του οποίου καταλήγει ο σωλήνας καθαρού οξυγόνου κοπής. Έτσι, με την καύση του μείγματος οξυγονοασετιλίνης πραγματοποιείται αρχικά η πυράκτωση του μετάλλου και κατόπιν, πιέζοντας το μοχλό παροχής καθαρού οξυγόνου κοπής, παρέχεται στο κέντρο του ακροφυσίου οξυγόνο με πίεση και αρχίζει η κοπή του μετάλλου.

Το μέγεθος του ακροφυσίου εξαρτάται από το πάχος του ελάσματος που πρόκειται να κόψουμε. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του μετάλλου, τόσο μεγαλύτερο (μεγαλύτερης παροχής) πρέπει να είναι το ακροφύσιο. Από τους πίνακες των κατασκευαστών επιλέγεται το κατάλληλο μέγεθος ακροφυσίου.

Παρατήρηση: Οι πίνακες αντιστοιχίας πάχους ελάσματος και μεγέθους ακροφυσίου των διαφόρων κατασκευαστών, δεν ταυτίζονται πάντοτε. Γι' αυτό, όταν αγοράζουμε ακροφύσια ή σετ οξυγονοκοπής, θα πρέπει να διαβάζουμε προσεκτικά και τα στοιχεία ή τις οδηγίες του κατασκευαστή.

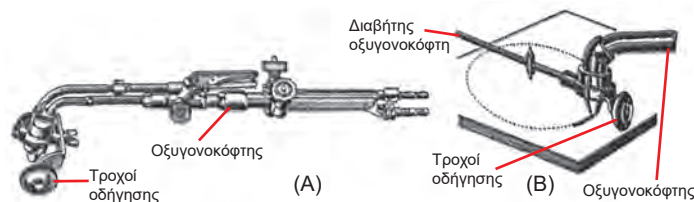
Κατά τη διαδικασία της οξυγονοκοπής ελασμάτων, η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια του ελάσματος πρέπει να παραμένει σταθερή και ανάλογη του πάχους του ελάσματος. Για ελάσματα πάχους **3 έως 50mm**, η απόσταση θα πρέπει να είναι **3 έως 5mm**, ενώ για πάχη **50 έως 150mm**, **5 με 8mm**. Σε μεγαλύτερα πάχη ελασμάτων η απόσταση μεταξύ ακροφυσίου και ελάσματος μεγαλώνει, αλλά σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10mm. Οι οξυγονοκόφτες που συναντούμε στην καθημερινή πρακτική, είναι τριών ειδών :

- Οι οξυγονοκόφτες **χειρός** (κοινός οξυγονοκόφτης)
- Οι οξυγονοκόφτες με **τροχούς οδήγησης**
- Οι **αυτόματοι** (προγραμματιζόμενοι) οξυγονοκόφτες

Ο πιο γνωστός τύπος οξυγονοκόφτη, που χρησιμοποιείται στις μεταλλοκατασκευές ή στα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων, είναι ο οξυγονοκόφτης χειρός (κοινός οξυγονοκόφτης). Χρησιμοποιείται συνήθως στις περιπτώσεις μικρών εργασιών κοπής που δεν είναι τυποποιημένης μορφής.

Πίνακας (5-7): Επιλογή μεγέθους ακροφυσίου οξυγονοκοπής

Μέγεθος ακροφυσίου	Πάχος μετάλλου mm	Πίεση οξυγόνου (bar)	Πίεση ασετιλίνης (bar)
1	0-6	1,5	0,5
2	6-12	2,0	0,5
3	12-75	3,0	0,5
4	75-150	3,0	1,0
5	150-200	4,0	1,0
6	200-250	5,5	1,0



Σχήμα (5.18): Οξυγονοκόφτες με τροχούς οδήγησης (Α) Ευθείας κοπής (Β) Κυκλικής κοπής

Ο οξυγονοκόφτης με τροχούς οδήγησης χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις οξυγονοκοπής μεγάλης διαδρομής και διάρκειας, στις οποίες η συγκράτηση του οξυγονοκόφτη με το χέρι θα ήταν πολύ κουραστική και αντιπαραγωγική. Οι τροχοί οδήγησης μετακινούν εύκολα και χωρίς κόπο τον οξυγονοκόφτη πάνω σε προκαθορισμένη γραμμή που έχει χαραχθεί στο έλασμα που θέλουμε να κόψουμε και σε σταθερή απόσταση μεταξύ ελάσματος και ακροφυσίου.

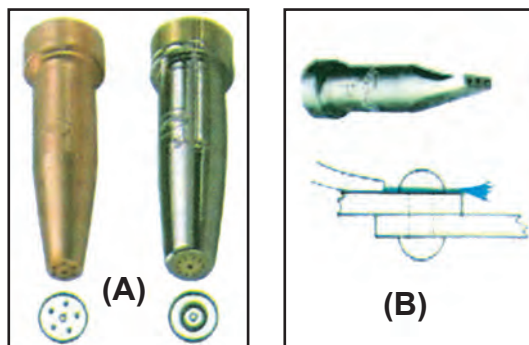
Σε περιπτώσεις τυποποιημένων εργασιών κοπής μεγάλης έκτασης, χρησιμοποιούνται **προγραμματιζόμενες μηχανές κοπής** στις οποίες οι κινήσεις του οξυγονοκόφτη γίνονται αυτόματα, μετά από τον κατάλληλο προγραμματισμό³.

(β) Η ασφάλεια κατά την οξυγονοκοπή

Τα συνήθη ασφαλιστικά εξαρτήματα τα οποία αρκούν για τη οξυγονοκόλληση δεν παρέχουν πλήρη ασφάλεια και κατά την οξυγονοκοπή. Τα ασφαλιστικά πρέπει να είναι σε θέση να ελέγχουν και την πίεση του οξυγόνου κοπής καθώς και να μπορούν να διακόπτουν ακαριαία την παροχή των αερίων σε περίπτωση υπερθέρμανσής τους. Στο σχήμα (5.20) φαίνεται ένα τέτοιο ασφαλιστικό, το οποίο εμποδίζει την ανάπτυξη ανεπίτρεπτων πιέσεων καθώς και τη δημιουργία φλογοεπιστροφής. Το μειονέκτημά τους είναι ότι κοστίζουν περισσότερο σε σύγκριση με τις απλές φλογοπαγίδες που χρησιμοποιούνται στις οξυγονοκολλήσεις.

(γ) Εκτίμηση των ποσοτήτων των αερίων που απαιτούνται για την οξυγονοκοπή

Είναι πολύ συνηθισμένο να τελειώνει το περιεχόμενο των φιαλών, ιδίως του οξυγόνου, και να διακόπτεται αναγκαστικά η εργασία. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, κατά τη διαδικασία οξυγονοκοπής, το ακροφύσιο τροφοδοτείται αφ' ενός με μείγμα οξυγόνου-ασετιλίνης (για τη θέρμανση



Σχήμα (5.19): (Α) Κοινά ακροφύσια οξυγονοκοπής (Β) Λοξό ακροφύσιο κοπής πείρων, πρετσινιών, κτλ.



Σχήμα (5.20): Ασφαλιστικό κατά της φλογοεπιστροφής που τοποθετείται στις συσκευές οξυγονοκοπής

3. Η περιγραφή, η λειτουργία και τεχνικά χαρακτηριστικά των προγραμματιζόμενων οξυγονοκοπών ξεφεύγουν από το σκοπό αυτού του βιβλίου, γι' αυτό και δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο.

του μετάλλου) και αφ' ετέρου με καθαρό οξυγόνο μεγάλης σχετικά πίεσης, με τη βοήθεια του οποίου συντελείται η αποκοπή. Επομένως, η κατανάλωση οξυγόνου είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη της ασετιλίνης.

Για να μπορούμε να εκτιμούμε την απαιτούμενη ποσότητα αερίων για μια παραγωγική εργασία οξυγονοκοπής, ώστε να μην ξεμείνουμε από αέρια, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα ακόλουθα στοιχεία :

- **Την κατανάλωση οξυγόνου** για κάθε μέτρο οξυγονοκοπής ελάσματος συγκεκριμένου πάχους
- **Την κατανάλωση ασετιλίνης** για κάθε μέτρο οξυγονοκοπής ελάσματος συγκεκριμένου πάχους
- **Την ταχύτητα κοπής** ελάσματος συγκεκριμένου πάχους

Ο πίνακας (5-8) που ακολουθεί, δίνει **ενδεικτικά στοιχεία** της κατανάλωσης οξυγόνου και ασετιλίνης για διάφορα πάχη ελασμάτων, καθώς και την αντίστοιχη ταχύτητα κοπής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-8: Ενδεικτικά στοιχεία κατανάλωσης αερίων για οξυγονοκοπή

Πάχος ελάσματος (mm)	Πίεση οξυγόνου (Bar)	Κατανάλωση οξυγόνου (L/min)	Κατανάλωση ασετιλίνης (L/min)	Ταχύτητα κοπής (mm/min)
3	2	20	1,2	400-600
5	2	21,5	2,4	400-600
8	2	23,5	4,2	400-600
10	2,5	27,5	5,4	400-600
15	2,5	42	6,5	300-500
20	3	48	7,2	300-500

Όπως φαίνεται στον πίνακα (5-8), για την οξυγονοκοπή ενός ελάσματος πάχους 5mm, η απαιτούμενη πίεση οξυγόνου είναι 2bar, η κατανάλωση οξυγόνου 21,5 L/s, ενώ η αντίστοιχη κατανάλωση ασετιλίνης είναι 2,4 L/s. Η ταχύτητα κοπής εξαρτάται από την εμπειρία του συγκολλητή και διαμορφώνεται γύρω στα 400 - 600 mm/min (= 24 έως 36m / h).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Σκληρές συγκολλήσεις χαρακτηρίζονται αυτές στις οποίες η κόλληση που χρησιμοποιείται, τήκεται σε θερμοκρασίες **άνω των 500°C**.
- **Οι κολλήσεις** που χρησιμοποιούνται στις σκληρές συγκολλήσεις είναι κυρίως **κράματα χαλκού**.
- Τα συνηθέστερα είδη σκληρών κολλήσεων είναι οι **μπρουντζοκολλήσεις** και οι **ασημοκολλήσεις**.
- Οι μπρουντζοκολλήσεις είναι κράματα **χαλκού (Cu)** και **ψευδαργύρου (Zn)** σε διάφορες αναλογίες, που περιλαμβάνουν στη σύνθεσή τους και μικρά ποσοστά **κασσίτερου (Sn)**, **αργύρου (Ag)**, **νικελίου (Ni)** κτλ.
- Η μπρουντζοκόλληση με ίση περιεκτικότητα χαλκού και ψευδαργύρου χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις σκληρών συγκολλήσεων και ιδιαίτερα **στα αμαξώματα** των αυτοκινήτων.
- **Οι ασημοκολλήσεις** είναι σκληρές κολλήσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν στη σύνθεσή τους **άργυρο (Ag)** **πάνω από 8%** που μπορεί να φτάσει και το 50%.
- Οι ασημοκολλήσεις κυκλοφορούν στο εμπόριο με τη μορφή σύρματος, ελάσματος, ράβδων ή σκόνης.
- Τα μέταλλα πριν συγκολληθούν με σκληρή κόλληση, θα πρέπει να καθαριστούν μηχανικά και χημικά. Τα χημικά σκευάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως για το χημικό καθαρισμό των μετάλλων, είναι **ο βόρακας, το βορικό οξύ, οι ενώσεις χλωριδίων και φθοριδίων και οι ενώσεις φωσφόρου**.
- **Οι ατμοί των χλωριδίων και ιδιαίτερα των φθοριδίων είναι δηλητηριώδεις**.
- Φωσφορούχες ενώσεις χρησιμοποιούνται ως υλικά καθαρισμού σε θερμοκρασίες εργασίας **πάνω από 1000°C** (π.χ. σε χαλκοκολλήσεις).
- Στη **συσκευή οξυγόνου-ασετιλίνης**, το καύσιμο αέριο είναι η ασετιλίνη, ενώ το οξυγόνο συντελεί στην καύση της.
- **Το οξυγόνο** αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες, **χρώματος μπλε**, υπό πίεση **150 bar**.
- Η **ασετιλίνη** αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες, **χρώματος κίτρινου ή κόκκινου**, υπό πίεση **15 bar**. Πίεση στη φιάλη της ασετιλίνης μεγαλύτερη των **15 bar** μπορεί να δημιουργήσει προϋποθέσεις έκρηξης.
- **Οι μανομετρικοί εκτονωτές** μειώνουν την υψηλή πίεση των φιαλών στην απαιτούμενη πίεση εργασίας. Κάθε μανομετρικός εκτονωτής φέρει δύο μανόμετρα. Ένα της υψηλής πίεσης (φιάλης) και ένα της χαμηλής πίεσης (εργασίας). Τα μανόμετρα και οι ελαστικοί σωλήνες **του οξυγόνου** είναι **μπλε χρώματος**, ενώ της **ασετιλίνης κόκκινου**.
- **Οι φλογοπαγίδες** (βαλβίδες αντεπιστροφής) είναι εξαρτήματα που συνδέονται αμέσως μετά τους μανομετρικούς εκτονωτές και δεν επιτρέπουν επιστροφή της φλόγας προς τις φιάλες.

- **Στον καυστήρα** γίνεται η ανάμιξη των αερίων οξυγόνου και ασετιλίνης στην επιθυμητή αναλογία. Το μίγμα οδηγείται κατόπιν στο **ακροφύσιο**.
- Κάθε τεχνίτης, πριν αρχίσει τη χρησιμοποίηση της συσκευής οξυγονοασετιλίνης, θα πρέπει να πάρει όλα τα **μέτρα ασφαλείας** και να χρησιμοποιήσει τα **μέσα ατομικής προστασίας του** (γάντια, ποδιά, γυαλιά οξυγονοσυγκολλητή κτλ.).
- Στα **μέτρα ασφαλείας** περιλαμβάνεται και ο σχολαστικός καθαρισμός λαδιών ή γράσων από κάθε εξάρτημα, συσκευή, μεταλλικό τεμάχιο ή είδος προστασίας.
- Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται κατά τις σκληρές συγκολλήσεις, πολλές φορές παρουσιάζονται **παραμορφώσεις** των συγκολληθέντων τεμαχίων. Για την αντιμετώπισή τους παίρνονται διάφορα μέτρα, μεταξύ των οποίων και το **ποντάρισμα** των δύο μετάλλων στη θέση που θα συγκολληθούν.
- Μεταξύ των **ελαττωμάτων** που μπορεί να παρουσιαστούν στις οξυγονοκολλήσεις (στη ραφή) είναι και ο εγκλωβισμός **σκουριάς**, ο σχηματισμός **φυσαλίδων ή πόρων και ρωγμών**.
- Μια από τις μεθόδους κοπής μετάλλων είναι και η μέθοδος με τη χρήση φλόγας οξυγονοασετιλίνης.
- Η μέθοδος της οξυγονοκοπής βασίζεται στην ιδιότητα του οξυγόνου να οξειδώνει τα μέταλλα με μεγάλη ταχύτητα, όταν είναι πυρακτωμένα.
- Το μέγεθος του ακροφυσίου (μπεκ) εξαρτάται από το πάχος του μετάλλου που θα κοπεί.
- Το μείγμα (Ο-Α) του πυροκόφτη χρησιμεύει για την πυράκτωση του μετάλλου, ενώ το καθαρό οξυγόνο για την κοπή του.
- Οι πυροκόφτες διακρίνονται σε πυροκόφτες χειρός, πυροκόφτες με τροχούς οδήγησης και σε αυτόματους (προγραμματιζόμενους).
- Για την εκτίμηση της απαιτούμενης ποσότητας οξυγόνου και ασετιλίνης κατά την οξυγονοκοπή, θα πρέπει να γνωρίζουμε την κατανάλωση οξυγόνου και ασετιλίνης για κάθε πάχος ελάσματος και την ταχύτητα κοπής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Ποια είναι τα κύρια συστατικά των μπρουντζοκολλήσεων;
2. Ποιο σκοπό εξυπηρετεί η προσθήκη **αργύρου** ή **νικελίου** στις μπρουντζοκολλήσεις;
3. Ποιος ο σκοπός της χρήσης **αντιοξειδωτικών** πριν από τη σκληρή συγκόλληση;
4. Ποια είναι τα **πιο συνηθισμένα** υλικά χημικού καθαρισμού (αντιοξειδωτικά) που χρησιμοποιούνται στις σκληρές συγκολλήσεις;
5. Τι είδους αντιοξειδωτικό υλικό θα επιλέγατε στις περιπτώσεις σκληρών συγκολλήσεων, σε θερμοκρασίες εργασίας κάτω των 800°C και γιατί;
6. Ποιος ο σκοπός των **μανομετρικών εκτονωτών** και ποιος των **φλογοπαγίδων** (βαλβίδες αντεπιστροφής);
7. Ποιος ο ρόλος της **ακετόνης** που περιέχεται στις φιάλες ασετιλίνης;
8. Αναφέρατε τα **μέτρα ασφαλείας** σχετικά με τις φιάλες οξυγόνου και ασετιλίνης.
9. Αναφέρατε τις **άμεσες ενέργειες** στις οποίες θα πρέπει να προβείτε, αν εκδηλωθεί πυρκαγιά σε φιάλη ασετιλίνης;
10. Με ποια στοιχεία επιλέγεται το ακροφύσιο (μπεκ) μιας συσκευής οξυγονοασετιλίνης;
11. Ποια είναι τα **κύρια εξαρτήματα** ατομικής προστασίας του οξυγονοσυγκολλητή;
12. **Ποιες αιτίες** μπορεί να δημιουργήσουν επιστροφή φλόγας προς τους μανομετρικούς εκτονωτές;
13. **Ποιες αιτίες** μπορεί να δημιουργούν **εκρηκτικούς ήχους** κατά το άναμμα της φλόγας στο ακροφύσιο;
14. Ποια είναι τα συμπτώματα της φλογοεπιστροφής;
15. Ποια είναι τα **κύρια στοιχεία** που επηρεάζουν την ποιότητα μιας σκληρής συγκόλλησης;
16. Αναφέρατε μερικά από τα **ελαττώματα** (σφάλματα) που παρατηρούνται στις συγκολλήσεις φλόγας οξυγονοασετιλίνης και τους λόγους που τα προκαλούν;
17. Εξηγήστε το φαινόμενο της κοπής ενός μετάλλου με οξυγονοκόφτη.
18. Αναφέρατε τα κύρια εξαρτήματα ενός οξυγονοκόφτη χειρός.
19. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το μέγεθος του ακροφυσίου ενός πυροκόφτη;
20. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η κατανάλωση αερίων οξυγονοκοπής;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Δύο μεταλλικά τεμάχια μετά τη συγκόλλησή τους θα πρέπει να υποστούν βαφή στους 900°C . Ποιο είδος σκληρής κόλλησης θα ήταν, κατά τη γνώμη σας, το καταλληλότερο για τη συγκόλλησή τους και γιατί;
2. Υποθέστε ότι σε κάποια περίπτωση σκληρής συγκόλλησης χάλκινων τεμαχίων σας τέλειωσαν τα υλικά χημικού καθαρισμού. Με **ποιο είδος** κόλλησης θα μπορούσατε να πραγματοποιήσετε τη συγκόλληση χωρίς υλικά καθαρισμού και γιατί;
3. Δικαιολογήστε με ένα παράδειγμά σας γιατί οι φιάλες οξυγόνου και ασετιλίνης **απο-
θηκεύουν αέριο ίδιου όγκου** (σε L), παρά το γεγονός ότι η πίεση στη φιάλη του οξυγόνου είναι δέκα φορές μεγαλύτερη από την πίεση στη φιάλη της ασετιλίνης.
4. Τι θα συμβεί, αν οι λαστιχένιοι σωλήνες οξυγόνου και ασετιλίνης **συνδεθούν ανάπο-
δα**, στον καυστήρα;
5. Σε ποιες άμεσες ενέργειες θα πρέπει να προβείτε, αν ξαφνικά αισθανθείτε στη λαβή του καυστήρα ασυνήθιστα **αυξημένη θερμοκρασία** και **χαρακτηριστικό σφύριγμα**;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 5-1

Συγκέντρωση προσπέκτους και δειγμάτων υλικών σκληρών συγκολλήσεων

Θα συγκεντρωθούν προσπέκτους υλικών σκληρών συγκολλήσεων. Θα συγκεντρωθούν κατά το δυνατόν περισσότερα δείγματα υλικών και θα κολληθούν σε πινακίδα. Κάτω από το κάθε υλικό θα αναγράφεται η ονομασία του και η χημική του σύσταση.

Εργασία 5-2

Τυποποίηση υλικών σκληρών συγκολλήσεως, σύμφωνα με άλλα πρότυπα

Το σύστημα τυποποίησης των σκληρών κολλήσεων, που αναπτύχθηκε στην παράγραφο (5-1), είναι σύμφωνα με το πρότυπο ISO-3677 (διεθνές σύστημα τυποποίησης).

Θα γίνει αναζήτηση των εθνικών προτύπων που ισχύουν για τα υλικά σκληρής συγκόλλησης, ιδίως των DIN (γερμανικά πρότυπα), των B.S. (αγγλικά) και AWS (αμερικάνικα). Θα συνταχθεί πίνακας με τις διαφορετικές τους ονομασίες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην ελληνική αγορά είναι ακόμη πολύ διαδεδομένο το σύστημα τυποποίησης κατά DIN, παρ' όλον ότι δεν είναι υποχρεωτικό για τη χώρα μας. Να προσεχτεί ότι η τυποποίηση σ' αυτό το σύστημα μοιάζει αρκετά με αυτή του ISO, π.χ. η κόλληση B-Cu60Zn στο σύστημα τυποποίησης κατά DIN ονομάζεται L-CuZn40.

Εργασία 5-3

Τυποποίηση φιαλών και εργαλείων συγκολλήσεως

Η ομάδα που θα αναλάβει αυτή την εργασία θα προβεί στις εξής ενέργειες:

- Θα αναζητήσει στοιχεία για τις τυποποιημένες διαστάσεις των φιαλών και τους χρωματισμούς που χρησιμοποιούνται.
- Θα συγκεντρώσει προσπέκτους εργαλείων οξυγονοκόλλησης και οξυγονοκοπής καθώς και για μπεκ οξυγονοκοπής.

Με βάση τα παραπάνω θα συνταχθεί τεχνική έκθεση. Ο επικεφαλής της ομάδας θα ενημερώσει τους συμμαθητές του, υπό μορφή διάλεξης, παρουσία του καθηγητή του, για τα στοιχεία τα οποία συγκέντρωσε.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 5-1

Το άναμμα και το σβήσιμο της συσκευής O-A

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει:

- Να είναι σε θέση **να τηρεί τα μέτρα ασφαλείας και να χρησιμοποιεί τα μέσα ατομικής προστασίας**, κατά το χειρισμό συσκευής συγκόλλησης (**O-A**).
- Να μπορεί **να ενεργεί ψύχραιμα, γρήγορα και σωστά** σε περίπτωση εμφάνισης κάποιου προβλήματος στη συσκευή (**O-A**) ή στα βοηθητικά εξαρτήματά της.
- Να έχει αποκτήσει τη δυνατότητα **να ανάβει και να σβήνει** τη φλόγα της συσκευής με άνεση και με τη σωστή σειρά ενεργειών, ώστε να αποφευχθούν στο μέλλον ατυχήματα από άστοχες ενέργειες.
- **Να ρυθμίζει** τη φλόγα στην πρόπευσα αναλογία αερίων για κάθε περίπτωση συγκόλλησης, ώστε να έχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

Πριν επιχειρήσετε να ανάψετε τη φλόγα στο ακροφύσιο μιας συσκευής (**O-A**), θα πρέπει να πάρετε όλα τα **απαραίτητα μέτρα ασφαλείας**, που πρέπει να τηρούνται στους χώρους σκληρών συγκολλήσεων.

- Αν χειρίζεστε τη συσκευή (**O-A**) για πρώτη φορά, μη βιαστείτε να ανάψετε τη φλόγα. Εξετάστε πρώτα προσεκτικά και γνωρίστε καλά όλα τα εξαρτήματά της
- Ζητήστε από τον καθηγητή σας να σας δώσει τις απαραίτητες εξηγήσεις και οδηγίες σε τυχόν απορίες σας σχετικά με το χειρισμό της συσκευής και την ασφάλειά σας.
- Μην αποφεύγετε να φοράτε την ενδυμασία του οξυγονοκολλητή, **τα γάντια και τα ειδικά ματογυάλια (ή κάσκα)**.
- Απομακρύνετε από το χώρο εργασίας κάθε εύφλεκτο υλικό που θα μπορούσε να αναφλεγεί από σπινθήρες ή πυρακτωμένα μεταλλικά τεμαχίδια.
- Βεβαιωθείτε ότι γνωρίζετε καλά **τη θέση, το σκοπό, το χειρισμό και τη συμπεριφορά** των εξαρτημάτων της συσκευής οξυγονοασετιλίνης. (Τα κλείστρα των φιαλών, τους μανομετρικούς εκτονωτές, τις βαλβίδες ρύθμισης **O-A**, που βρίσκονται πάνω στον καυστήρα, το μέγεθος του ακροφυσίου κτλ.).
- Δεν πρέπει ποτέ η φλόγα να κατευθύνεται προς τις φιάλες ή τους σωλήνες των αερίων.
- Εξετάστε σχολαστικά τη διαδρομή των σωλήνων των αερίων, ώστε να μη βρεθούν ποτέ κάτω από το σημείο που πραγματοποιείται η συγκόλληση.
- Βεβαιωθείτε ότι γνωρίζετε να διαβάζετε με άνεση τις πιέσεις που δείχνουν τα μανόμετρα (**O-A**).
- Θυμηθείτε ότι τα εξαρτήματα της ασετιλίνης είναι αριστερόστροφα, ενώ του οξυγόνου δεξιόστροφα.
- Ελέγξτε αν το ειδικό κλειδί χειρισμού του κλείστρου της φιάλης ασετιλίνης είναι στη θέση του (πάνω στο στέλεχος του κλείστρου).
- Ελέγξτε προσεκτικά την κατάσταση των σωλήνων (**O-A**) **και καθαρίστε τους καλά από**

λάδια ή γράσα κάθε εξάρτημα, εργαλείο ή συσκευή, που θα βρίσκεται στο χώρο της συγκόλλησης. **Η παρουσία τέτοιων υλικών στο χώρο των συγκολλήσεων μπορεί να δημιουργήσει προϋποθέσεις έκρηξης.**

- Εξασφαλίστε ικανοποιητικό εξαερισμό του χώρου των συγκολλήσεων (τοπικό ή κεντρικό).
- Εντοπίστε τη θέση που βρίσκονται τα **πυροσβεστικά μέσα** (πυροσβεστήρες, σωλήνες νερού κτλ.) και ενημερωθείτε για τη σωστή χρήση τους σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Μη χρησιμοποιείτε ποτέ το οξυγόνο για **να καθαρίσετε** ρούχα ή άλλα αντικείμενα. Πολύ περισσότερο, δεν πρέπει να γίνεται αυτό για τον καθαρισμό του σώματός σας.

Απαιτούμενα εργαλεία -συσκευές

- Συσκευή οξυγονοασετιλίνης
- Τραπέζι οξυγονοκολλητή (ένα μέρος του με μεταλλική σχάρα και το υπόλοιπο με πυρότουβλα
- Αναπτήρας οξυγονοσυγκολλητή (σπινθηριστής)
- Μέσα ατομικής προστασίας του οξυγονοκολλητή (μάσκα, γάντια, ποδιά κτλ.)

Πορεία εργασίας

Α. Το άναμμα της φλόγας

1. Φορέστε όλα τα ατομικά μέσα προστασίας (γάντια, ποδιά κτλ.) **εκτός από τα ματογυάλια**, που στερεώνονται στο κεφάλι, έτοιμα να κατέβουν στα μάτια λίγο πριν από το άναμμα της φλόγας. Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και αν χρησιμοποιείτε κάσκα οξυγονοκολλητή.
2. Βεβαιωθείτε ότι:
 - α) Οι φιάλες (Ο-Α) είναι **κλειστές** (τα κλείστρα τους τέρμα δεξιά) και το ειδικό κλειδί του κλείστρου της ασετιλίνης στη θέση του.
 - β) Ο ρυθμιστικός κοχλίας (πεταλούδα) των μανομετρικών εκτονωτών είναι **τέρμα αριστερά** (ξεβιδωμένος).
 - γ) Οι ρυθμιστικοί διακόπτες (δικλείδες) (Ο-Α) του καυστήρα είναι **κλειστοί** (τέρμα δεξιά).

***Προσοχή:** Όταν ανοίγετε ή κλείνετε τους διακόπτες των φιαλών, να στέκεστε πάντα πλάι στις φιάλες και ποτέ μπροστά στους μανομετρικούς εκτονωτές.*

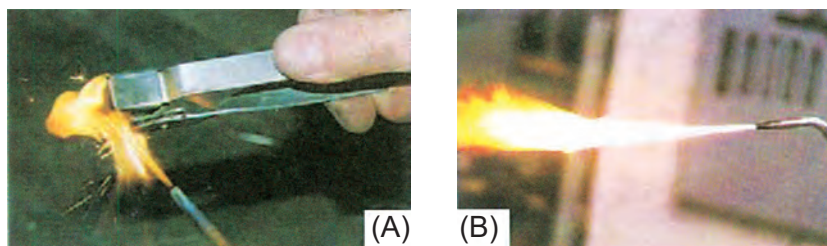
3. Ανοίξτε τελείως αλλά προοδευτικά (σιγά-σιγά) πρώτα τη φιάλη οξυγόνου, στρέφοντας το κλείστρο προς τα αριστερά.
4. Χρησιμοποιώντας το ειδικό κλειδί για το κλείστρο της ασετιλίνης, ανοίξτε και τη φιάλη της ασετιλίνης κατά μισή στροφή. Παρακολουθήστε τις ενδείξεις των μανομέτρων υψηλής πίεσης οξυγόνου και ασετιλίνης (πίεση στις φιάλες).
5. Αφού επιλέξετε και τοποθετήσετε το σωστό ακροφύσιο για το πάχος των μετάλλων που θα κολλήσετε, ρυθμίστε την πίεση εργασίας **του**



***Σχήμα (5.21):** Ρύθμιση της πίεσης εργασίας με το ρυθμιστικό κοχλίο του μανομετρικού εκτονωτή*

οξυγόνου, στρέφοντας τον κοχλία (πεταλούδα) του μανομετρικού εκτονωτή του οξυγόνου προς τα δεξιά (βιδώνοντάς τον).

6. Παρακολουθείτε συνεχώς την ένδειξη του μανομέτρου χαμηλής πίεσης του οξυγόνου (πίεση εργασίας). Όταν το μανόμετρο δείξει 1-1,5 bar (100-150kPa), σταματήστε τη ρύθμιση. Εξαερώστε το σωλήνα ανοίγοντας και κλείνοντας αμέσως το διακόπτη του καυστήρα.
7. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για τη ρύθμιση της πίεσης εργασίας και για την ασετιλίνη. Όταν το μανόμετρο χαμηλής πίεσης (εργασίας) της ασετιλίνης δείξει 0,25 bar (25kPa) περίπου, σταματήστε τη ρύθμιση. Εξαερώστε και τους σωλήνες της ασετιλίνης κατά τον ίδιο τρόπο. **Η συσκευή είναι έτοιμη για άναμμα.**



Σχήμα (5.22): (A) Το άναμμα της φλόγας (O-A) (B) Ανθρακωτική φλόγα

8. Τοποθετήστε τα γυαλιά σας (ή τη μάσκα σας) και κρατήστε στο ένα χέρι τον καυστήρα (στο δεξί, αν εργάζεστε με το δεξί) και στο άλλο χέρι τον ειδικό αναπτήρα οξυγονοκολλητή (σπινθηριστή). **Ανοίξτε** ελαφρά (μισή στροφή περίπου) πρώτα το ρυθμιστικό διακόπτη της **ασετιλίνης** που βρίσκεται πάνω στον καυστήρα (κόκκινος).
9. Χρησιμοποιώντας τον ειδικό αναπτήρα, δημιουργήστε χωρίς καθυστέρηση σπινθήρα στο ακροφύσιο, από το οποίο εξέρχεται ασετιλίνη. Θα προκύψει μια φλόγα **ανθρακωτική (αναγωγική) με εμφανή την παρουσία κάπνας**. Στη βάση της είναι κίτρινη, στο κέντρο πορτοκαλί και στην άκρη κόκκινη. Η φλόγα συντηρείται από το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα, που όμως δεν είναι επαρκές για την τέλεια καύση της ασετιλίνης. Γι' αυτό και δημιουργούνται κάπνες.

Παρατήρηση: Μερικοί τεχνίτες συγκολλητές ανάβουν τη συσκευή οξυγονοασετιλίνης με μίγμα οξυγόνου και ασετιλίνης και όχι μόνο με ασετιλίνη. Αυτό το κάνουν για να αποφεύγεται η παρουσία της κάπνας στο χώρο της συγκόλλησης και στο ακροφύσιο. Όμως ο σωστός τρόπος ανάμματος της συσκευής είναι αυτός που αναπτύσσεται πιο πάνω.

Προσοχή: Ποτέ μη χρησιμοποιείτε το αναμμένο τσιγάρο σας, ή κοινό αναπτήρα καπνιστή ή σπέρτα, για το άναμμα της συσκευής (O-A).

10. Ανοίξτε προοδευτικά τη δικλείδα του οξυγόνου και ρυθμίστε την παροχή μέχρι να σταματήσει η παρουσία κάπνας στη φλόγα και εξαφανιστεί η χαρακτηριστική κίτρινη περιοχή της φλόγας (φτερό) που δημιουργείται γύρω από το



Σχήμα (5.23): Η φλόγα μετά τη ρύθμισή της (συνδεδεμένη)

λευκό πυρήνα (κώνο) στη ρίζα της φλόγας. Η φλόγα σιγά-σιγά αποκτάει μια έντονη φωτεινότητα και παίρνει τη μορφή του σχήματος (5.23). Η φλόγα αυτή χαρακτηρίζεται ως **ουδέτερη** και είναι κατάλληλη για όλες σχεδόν τις εργασίες συγκόλλησης.

Παρατηρήσεις:

- **Η ανθρακωτική** ή αναγωγική φλόγα δημιουργείται από **περίσσεια ασετιλίνης** (έλλειψη οξυγόνου). Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι το **μακρύ σχήμα της φλόγας**, με σχετικά μεγάλο κώνο στη ρίζα της, **χρώματος μπλε**, που περιβάλλεται από ένα μεγαλύτερο κώνο **χρώματος κίτρινου** όπως φαίνεται στην εικόνα (B) του σχήματος (5.22). Οι συγκολλήσεις με ανθρακωτική φλόγα δημιουργούν **σκληρές και εύθραυστες ραφές**.
- **Η οξειδωτική φλόγα** δημιουργείται από **περίσσεια οξυγόνου**. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι **η δαντελωτή μπλε φλόγα με ένα μικρό λευκό κώνο στη ρίζα της φλόγας**. Στις συγκολλήσεις με οξειδωτική φλόγα παρατηρούνται **εκτινάξεις σπινθήρων και κάψιμο των ραφών**.
- Για τις πιο συνηθισμένες εργασίες οξυγονοκόλλησης χρησιμοποιείται η ουδέτερη φλόγα (αναλογία 1:1). **Η ουδέτερη φλόγα** χαρακτηρίζεται από ένα **μακρόστενο σχήμα**. Το χρώμα της φλόγας **αρχίζει από μπλε** (προς το άκρον της) και προοδευτικά γίνεται όλο και πιο ανοικτό, **για να καταλήξει σε λευκό και έντονα φωτεινό στη ρίζα της**, όπως φαίνεται στο σχήμα (5.23).

B. Το σβήσιμο της φλόγας (O-A)

1. Κλείστε πρώτα την παροχή της ασετιλίνης από το ρυθμιστικό διακόπτη του καυστήρα και κατόπιν την παροχή του οξυγόνου (τέρμα δεξιά).
2. Αν η συσκευή ξαναχρησιμοποιηθεί μετά από λίγο, οι ενέργειές σας σταματούν σ' αυτή τη φάση. Αν όμως η εργασία σας έχει τερματιστεί, θα πρέπει να επαναφέρετε τη συσκευή οξυγονοκόλλησης στην κατάσταση που την παραλάβατε. Δηλαδή:
 - Κλείστε το κλείστρο της φιάλης της ασετιλίνης και κατόπιν το κλείστρο του οξυγόνου.
 - Ανοίξτε τους διακόπτες (δικλείδες) ασετιλίνης και οξυγόνου του καυστήρα, ώστε να αδειάσουν από τα υπολείμματα των αερίων οξυγόνου και ασετιλίνης οι μανομετρικοί εκτονωτές και οι αντίστοιχοι σωλήνες.
 - Ξεβιδώστε (στρέψτε τέρμα αριστερά) τους ρυθμιστικούς κοχλίες (πεταλούδες) των μανομετρικών εκτονωτών οξυγόνου και ασετιλίνης.
 - Κλείστε τους ρυθμιστικούς διακόπτες ασετιλίνης και οξυγόνου του καυστήρα (τέρμα δεξιά).
 - Μαζέψτε και τυλίξτε στην ειδική υποδοχή τους ελαστικούς σωλήνες οξυγόνου και ασετιλίνης και μεταφέρατε τη συσκευή (O-A) σε ασφαλή θέση.
3. Παραδώστε τα μέτρα ατομικής προστασίας σας στον υπεύθυνο του εργαστηρίου (γυαλιά, γάντια κτλ.).
4. Συζητήστε με τον καθηγητή σας σχετικά με τις δυσκολίες που συναντήσατε κατά το άναμμα και το σβήσιμο της συσκευής.
5. Επαναλάβετε τις διαδικασίες **(Α)** και **(Β)** μερικές φορές, ώστε να αποκτήσετε άνεση στις παραπάνω ενέργειες (άναμμα, ρύθμιση, σβήσιμο).

ΑΣΚΗΣΗ 5-2

Δημιουργία γραμμών τήξης σε μεταλλική επιφάνεια με τη χρήση φλόγας O-A

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την άσκηση αυτή οι μαθητές θα μπορούν:

- Με την επίβλεψη του καθηγητή τους να ρυθμίζουν και να χειρίζονται τη συσκευή (O-A) με ευκολία.
- Να δημιουργούν τήξη του μετάλλου, χωρίς να το τρυπούν.
- Να παίρνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ασφαλείας και ατομικής προστασίας, που προβλέπονται για χώρους οξυγονοσυγκολλήσεων, όπως αναφέρθηκαν στην άσκηση (5-1).

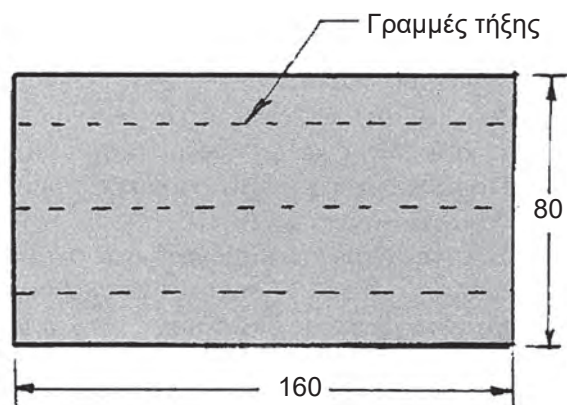
Απαιτούμενες συσκευές - εργαλεία - υλικά

- Συσκευή οξυγονοασετιλίνης (O-A) με όλα τα παρελκόμενα εξαρτήματα ελέγχου και προστασίας
- Σειρά από ακροφύσια
- Τραπέζι οξυγονοκολλητή (καλυμμένο με πυρότουβλα)
- Αναπτήρας οξυγονοκολλητή (σπινθηριστή)
- Σετ συρμάτων καθαρισμού ακροφυσίων
- Μέσα ατομικής προστασίας (γυαλιά, γάντια, ποδιά κτλ.)
- Μεταλλικά τεμάχια από μαλακό χάλυβα (St 37), διαστάσεων 160 x 80 x 1,5 mm ή (1 mm)
- Μεταλλική ορθογωνιά
- Χαλύβδινος κανόνας (ρίγα)
- Χαράκτης
- Κόκκινη κιμωλία, ή ειδικός μαρκαδόρος γραφής πάνω σε θερμές μεταλλικές επιφάνειες.

Πορεία εργασίας

1. Προετοιμάστε ένα μεταλλικό τεμάχιο διαστάσεων 160x80x1,5mm (μήκος x πλάτος x πάχος).
2. Χρησιμοποιώντας την ορθογωνιά, τον κανόνα (ρίγα) και το γράφτη, χαράξτε στο μεταλλικό τεμάχιο τρεις παράλληλες γραμμές σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.
3. Στερεώστε το μεταλλικό τεμάχιο πάνω στο τραπέζι του οξυγονοσυγκολλητή.
4. Από τον πίνακα (5-4) επιλέξτε το κατάλληλο ακροφύσιο (μπεκ) για πάχος 1,5mm (140 L/h), ελέγξτε αν είναι καθαρό και η οπή του ανοικτή. Τοποθετήστε το στον καυστήρα και σφίξτε το καλά.

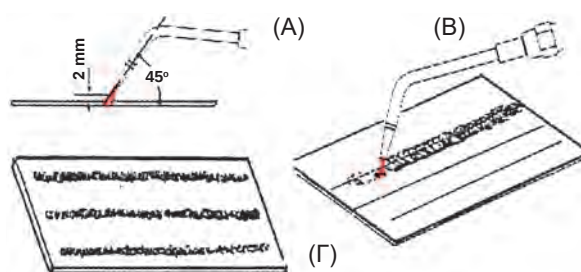
Προσοχή: Για τον καθαρισμό της τρύπας του ακροφυσίου, χρησιμοποιείτε πά-



Σχήμα (5.24): Σχέδιο της άσκησης

να το αντίστοιχο συρματάκι του σετ καθαρισμού. Ποτέ μη χρησιμοποιείτε **αιχμηρά αντικείμενα** για το ξεβούλωμα του ακροφυσίου, γιατί μπορεί να αλλάξουν τη διάμετρο της τρύπας του ακροφυσίου και, επομένως, τη σύνθεση του μείγματος και τη μορφή της φλόγας.

5. Ανάψτε τον καυστήρα και ρυθμίστε τη φλόγα, ώστε να γίνει **ουδέτερη**, ακολουθώντας πάντα τα όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (5-1).
6. Ρυθμίστε την πίεση εργασίας της ασετιλίνης στα **0,25 bar** (25 kPa) και του οξυγόνου στα **2,5 bar** (250 kPa).
7. Φορέστε τα σκούρα γυαλιά του οξυγονοσυγκολλητή και πάρτε όλα τα μέτρα προστασίας σας.
8. Κρατήστε το ακροφύσιο του καυστήρα σε μια απόσταση από την επιφάνεια του μετάλλου **2 περίπου mm** (σχήμα (5.25)) και υπό γωνία 45° μεταξύ ακροφυσίου και επιφανείας του ελάσματος.
9. Τοποθετήστε τη φλόγα στο δεξιό άκρο της γραμμής, που έχει χαραχτεί πάνω στο μέταλλο (δοκίμιο) και κρατήστε τη φλόγα επίμονα στο ίδιο σημείο, μέχρι να λιώσει το μέταλλο, **χωρίς να τρυπήσει**. Δημιουργείται έτσι ένα «λουτρό» από λιωμένο μέταλλο.
10. Κινήστε σιγά-σιγά και με σταθερό χέρι το ακροφύσιο του καυστήρα πάνω στη χαραγμένη γραμμή, με κατεύθυνση προς τα αριστερά, παρακολουθώντας το συνεχές λιώσιμο του μετάλλου και τη δημιουργία **της γραμμής τήξης**.
11. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για τη δημιουργία **γραμμής τήξης** και στις δύο άλλες γραμμές, που έχουν χαραχθεί πάνω στην επιφάνεια του μεταλλικού τεμαχίου, κινώντας τον καυστήρα **προς την αντίθετη κατεύθυνση** από την προηγούμενη.
12. Σβήστε τη συσκευή (O-A), ακολουθώντας τη διαδικασία που αναφέρεται στην άσκηση (5-1), και **χαράξτε πάνω στο καυτό, δοκίμιο με ειδικό μαρκαδόρο ή με κόκκινη κιμωλία, μια ένδειξη που να δηλώνει ότι το αντικείμενο βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία**, π.χ. τη λέξη «καίει».
13. Καλέστε τον καθηγητή σας να ελέγξει το αποτέλεσμα της εργασίας σας και συζητήστε μαζί του τις δυσκολίες και τα προβλήματα που συναντήσατε (π.χ. αν παρατηρήσατε παραμορφώσεις στο δοκίμιο κτλ.).
14. Παραδώστε τα είδη ατομικής προστασίας σας (γυαλιά, γάντια, ποδιά κτλ.) καθώς και τα εργαλεία και τις συσκευές καθαρά στον υπεύθυνο της αποθήκης του εργαστηρίου, έτοιμα για νέα χρήση.



Σχήμα (5.25): (Α) Η σωστή θέση του ακροφυσίου (45°) (Β) Το λιώσιμο του μετάλλου με τη χρήση της φλόγας (Ο-Α) (Γ) Η εργασία τελειωμένη



Σχήμα (5.26): Ειδικός μαρκαδόρος με ικανότητα γραφής ακόμη και σε μεταλλικές επιφάνειες που έχουν πολύ υψηλή θερμοκρασία ($800-1000^\circ\text{C}$)

ΑΣΚΗΣΗ 5-3

Επίστρωση συγκολλητικού υλικού (κόλλησης) σε μεταλλικό τεμάχιο

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να χρησιμοποιούν τη συσκευή συγκόλλησης (O-A) με σχετική άνεση.
- Να τηρούν τα μέτρα ασφαλείας και ατομικής προστασίας που απαιτούνται κατά τη χρήση συσκευής (O-A).
- Να μπορούν να επιστρώνουν μεταλλικές επιφάνειες με σκληρή κόλληση, ώστε να εξοικειωθούν με τις κινήσεις που πρέπει να γίνονται σε συγκολλήσεις **προς τα αριστερά** και **προς τα δεξιά**.

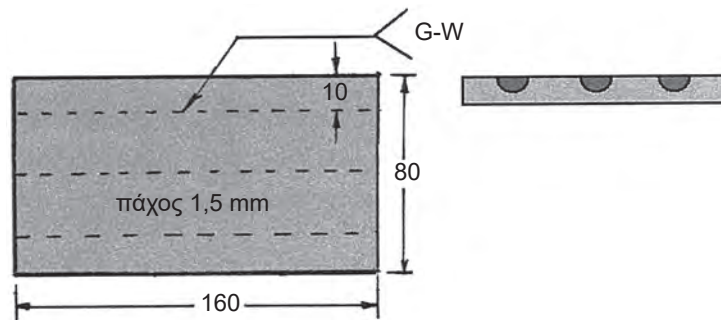
Απαιτούμενα εργαλεία-συσκευές και υλικά

- Συσκευή οξυγονοασετιλίνης με όλα τα παρελκόμενα εξαρτήματα ελέγχου και προστασίας
- Πλήρης σειρά από ακροφύσια (από Νο 1 έως και 8)
- Τραπέζι οξυγονοσυγκολλητή
- Αναπτήρας οξυγονοσυγκολλητή
- Σετ συρμάτων καθαρισμού ακροφυσίων
- Όλα τα μέσα ατομικής προστασίας (γυαλιά, γάντια, ποδιά κτλ.)
- Χαλύβδινος κανόνας (ρίγα)
- Μεταλλική ορθογωνιά
- Χαράκτης
- Μεταλλικό τεμάχιο από έλασμα μαλακού χάλυβα (St 37) διαστάσεων 160 x 100 x 1,5 mm
- Ράβδος κόλλησης Φ 2mm από ίδιο υλικό με εκείνο του μεταλλικού τεμαχίου (μη οξειδωμένο χαλύβδινο σύρμα)
- Μαρκαδόρος γραφής πάνω σε θερμές μεταλλικές επιφάνειες ή κόκκινη κιμωλία

Πορεία εργασίας

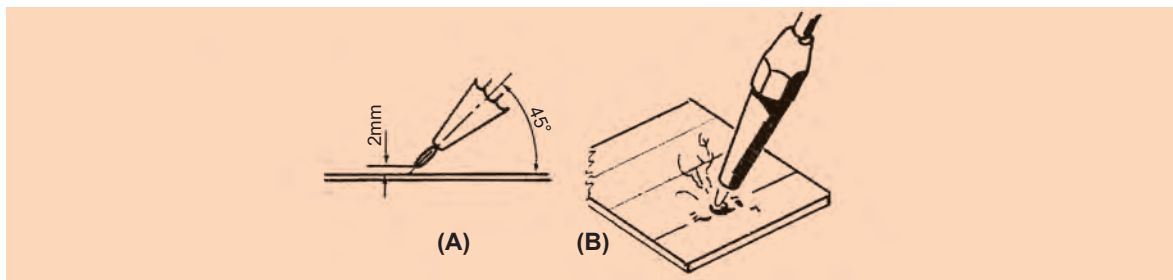
1. Κόψτε ένα μεταλλικό τεμάχιο (λαμαρίνα) στις διαστάσεις του σχεδίου της άσκησης.
2. Με τη βοήθεια της ορθογωνιάς, του χαλύβδινου κανόνα και του γράφτη, χαράξτε ένα περιθώριο 10mm στις τέσσερις πλευρές του μεταλλικού τεμαχίου.
3. Χαράξτε στην υπόλοιπη επιφάνεια τρεις γραμμές, στις οποίες θα πραγματοποιήσετε επίστρωση με κόλληση.
4. Στερεώστε το μεταλλικό τεμάχιο στο τραπέζι του συγκολλητή (πάνω σε πυρότουβλο).
5. Από τον πίνακα συμβόλων των συγκολλήσεων (πίνακας 3-3), αναγνωρίστε το είδος της συγκόλλησης που θα κάνετε. Τι σημαίνει το σύμβολο που υπάρχει στο σχέδιο της άσκησης;
6. Επιλέξτε το κατάλληλο ακροφύσιο και τη διάμετρο της κόλλησης που θα χρησιμοποιήσετε για το πάχος του ελάσματος της άσκησης (πίνακας 5-3).
7. Ελέγξτε αν το ακροφύσιο είναι **καθαρό** και τοποθετήστε το στον καυστήρα, βιδώνοντάς το καλά.

***Προσοχή:** Πάρτε όλα τα μέτρα ασφαλείας και ατομικής προστασίας, που απαιτούνται κατά τις συγκολλήσεις οξυγονοασετιλίνης.*



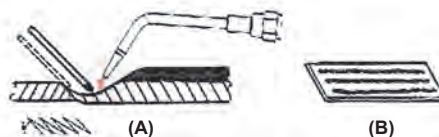
Σχήμα (5.27): Σχέδιο της άσκησης.

8. Καθαρίστε καλά τις επιφάνειες που θα επιστρωθούν με κόλληση.
9. Ανάψτε τον καυστήρα και ρυθμίστε τη φλόγα, ώστε να γίνει ουδέτερη, ακολουθώντας τη διαδικασία που αναφέρθηκε σε προηγούμενες ασκήσεις.
10. Ρυθμίστε **την πίεση εργασίας** της ασετιλίνης στο **0,25 bar** και του οξυγόνου στα **2,5 bar**.



Σχήμα (5.28): (A) Η σωστή απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια του μετάλλου (2mm) (B) Το λιώσιμο του μετάλλου

11. Κρατήστε το ακροφύσιο του καυστήρα σε μια απόσταση **2mm** από την επιφάνεια του μεταλλικού τεμαχίου και υπό γωνία 45° (σχήμα (5.28)).
12. Κρατήστε τη φλόγα στο ίδιο σημείο, μέχρι να λιώσει το μέταλλο, όπως στην εικόνα (B) του σχήματος (5.28), χωρίς να τρυπήσει (να δημιουργήσετε το λεγόμενο «λουτρό τήξης»).
13. Τοποθετήστε τη βέργα της κόλλησης στο λιωμένο μέταλλο (λουτρό τήξης) μπροστά από το ακροφύσιο, ώστε να σχηματίζει γωνία 45° με την επιφάνεια του μετάλλου, όπως στην εικόνα (A) του σχήματος (5.29).

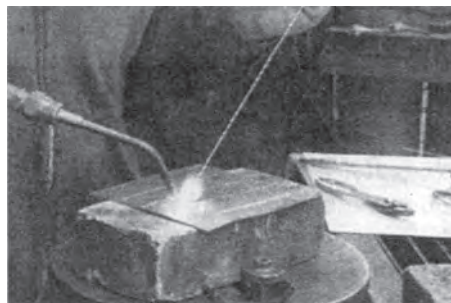


Σχήμα (5.29): (A) Τροφοδότηση του λουτρού τήξης του μετάλλου με κόλληση. Η κίνηση της κόλλησης φαίνεται στο κάτω μέρος του σχήματος. (B) Οι τρεις επιστρώσεις με κόλληση.

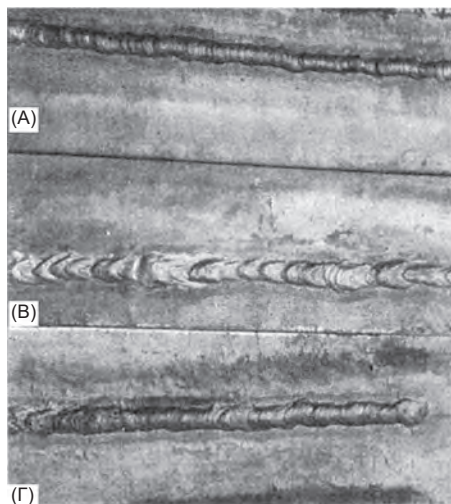
Προσοχή: Το λιώσιμο της κόλλησης δεν πρέπει να γίνεται με την επαφή της με τη φλόγα, αλλά από τη θερμοκρασία που επικρατεί στο λιωμένο μέταλλο (λουτρό τήξης).

14. Συνεχίστε τη διαδικασία κινώντας το ακροφύσιο προς τα αριστερά, με τον καυστήρα να κινείται ζιγκ-ζαγκ ακολουθώντας την κόλληση. Συνεχίστε τη διαδικασία μέχρι να φθάσετε στο τέλος της γραμμής.
15. Επαναλάβετε την ίδια πορεία εργασίας και για τις άλλες δύο γραμμές που έχουν χαραχτεί στη μεταλλική επιφάνεια του μεταλλικού δοκιμίου.
16. Δοκιμάστε να εξασκηθείτε με τη βοήθεια του καθηγητή σας και σε επίστρωση κόλλησης προς τα δεξιά. Στην προς τα δεξιά συγκόλληση προηγείται το ακροφύσιο και ακολουθεί η κόλληση. **Επίσημανση:** Αν κατά τη διαδικασία επίστρωσης της κόλλησης δημιουργούνται τρύπες στο μεταλλικό τεμάχιο, οι αιτίες μπορεί να είναι:
 - Περισσότερο οξυγόνο από το κανονικό (οξειδωτική φλόγα).
 - Το ακροφύσιο τοποθετείται **πολύ κοντά** στο μέταλλο.
 - Το ακροφύσιο είναι **πολύ μεγάλο** για το πάχος του τεμαχίου.
 - Το φλόγιστρο κινείται με **μικρότερη ταχύτητα** από την πρέπουσα.
17. Χαράξτε, με κόκκινη κιμωλία πάνω στο δοκίμιο, την ένδειξη ότι αυτό βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία.
18. Σβήστε τη συσκευή (O-A) κατά τη γνωστή διαδικασία.
19. Με τη βοήθεια του καθηγητή σας ελέγξτε το αποτέλεσμα της εργασίας σας, συγκρίνοντας τη δική σας επίστρωση (ραφή) με τις επιστρώσεις που φαίνονται στο σχήμα (5.31) της άσκησης.
20. Παραδώστε όργανα - εργαλεία - υλικά και είδη ατομικής προστασίας σας στην αποθήκη του εργαστηρίου. Συζητήστε τυχόν δυσκολίες ή απορίες που συναντήσατε κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Παρατήρηση: Για να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών στη χρήση της συσκευής (O-A) και στην επίστρωση κόλλησης σε μεταλλικές επιφάνειες, ο καθηγητής μπορεί να δώσει την ευκαιρία σε κάθε μαθητή να γράψει το όνομά του πάνω σε ένα μεταλλικό κομμάτι. Π.χ.



Σχήμα (5.30): Επίστρωση κόλλησης σε μεταλλικό τεμάχιο με κίνηση του καυστήρα προς τα αριστερά



Σχήμα (5.31): (Α) Η κόλληση προεξέχει πολύ από τη μεταλλική επιφάνεια, λόγω πολύ χαμηλής θερμοκρασίας (Β) Η επίστρωση έγινε σε πολύ μεγάλη θερμοκρασία και με γρήγορη κίνηση του καυστήρα (Γ) Μια σχετικά καλή επίστρωση σε πλάτος και διεύθυνση

ΑΝΤΩΝΗΣ
ΚΩΣΤΑΣ

ΑΣΚΗΣΗ 5-4

Αυτογενής σκληρή συγκόλληση δυο μεταλλικών τεμαχίων με ραφή τύπου (I)

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά το τέλος αυτής της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να επιλέγουν το **κατάλληλο ακροφύσιο** και τη σωστή **διάμετρο της κόλλησης** για το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων.
- Να είναι σε θέση να προετοιμάζουν τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων.
- Να μπορούν να πραγματοποιούν συναρμογές μεταλλικών τεμαχίων με **ραφή τύπου (I)**.
- Να έχουν εξοικειωθεί πλήρως με τα **μέτρα ασφαλείας** και **ατομικής προστασίας**, που επιβάλλει η φύση της εργασίας του οξυγονοσυγκολλητή.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

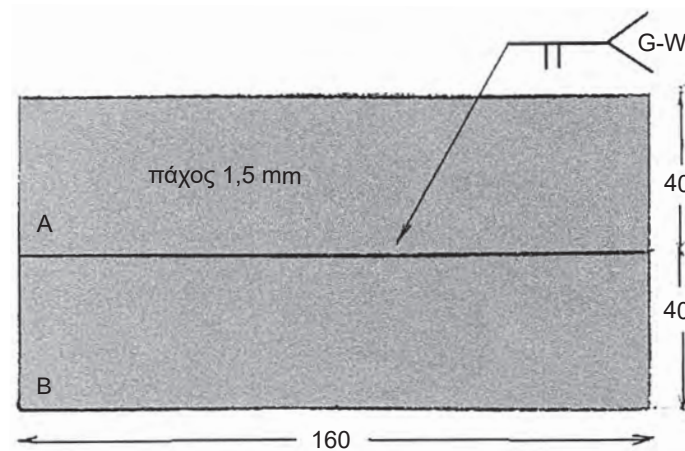
Χρησιμοποιήστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας, όπως αυτά αναπτύχθηκαν στην άσκηση (5-1) αυτού του κεφαλαίου.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

- Συσκευή (O-A) με όλα τα παρελκόμενά της
- Πλήρης σειρά ακροφυσίων (μπεκ)
- Τραπέζι οξυγονοσυγκολλητή
- Αναπτήρας
- Σετ συρματιδίων καθαρισμού των ακροφυσίων
- Μέσα ατομικής προστασίας
- Δύο μεταλλικά τεμάχια St 37, διαστάσεων 160 x 40 x 1,5mm (ή 1mm) το καθένα
- Ράβδος κόλλησης από ίδιο ή παρόμοιο υλικό (σιδηροκόλληση), Φ2mm.
- Κόκκινη κιμωλία ή μαρκαδόρος κατάλληλος για υψηλές θερμοκρασίες

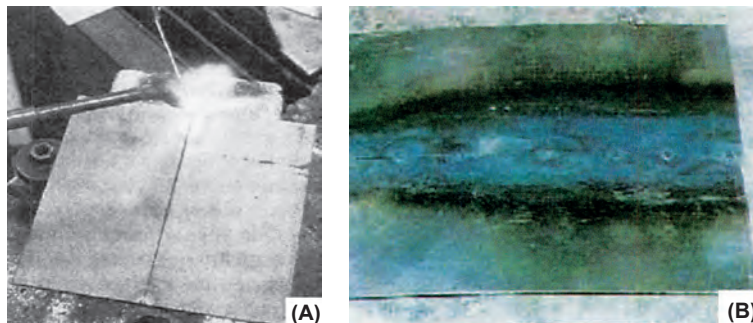
Πορεία εργασίας

1. Κόψτε δύο μεταλλικά τεμάχια στις διαστάσεις που φαίνονται στο σχέδιο της άσκησης.
2. Από τον πίνακα (3-3), που περιέχει τα σύμβολα των συγκολλήσεων, αναγνωρίστε το είδος της συγκόλλησης που θα πραγματοποιήσετε.
3. Από τον πίνακα (3-1) βρείτε το διάκενο στο οποίο θα πρέπει να τοποθετηθούν τα δύο τεμάχια με πάχος 1,5mm.
4. Καθαρίστε τις αιχμές των τεμαχίων που θα συγκολληθούν.
5. Στερεώστε τα δύο τεμάχια πάνω στο τραπέζι του συγκολλητή σε παράλληλη θέση χωρίς διάκενο, όπως φαίνεται και από τον πίνακα (3-1).
6. Τοποθετήστε στον καυστήρα το κατάλληλο ακροφύσιο για το πάχος των ελασμάτων που θα κολλήσετε (1,5 mm). Σύμφωνα με τον πίνακα (5-4), το κατάλληλο ακροφύσιο είναι παροχής 140 L/h.
7. Ελέγξτε τον περιβάλλοντα χώρο για την τήρηση των μέτρων ασφαλείας και φορέστε τα προστατευτικά γυαλιά του οξυγονοσυγκολλητή.
8. Ανάψτε τον καυστήρα και ρυθμίστε τη φλόγα σε **ουδέτερη μορφή**, σύμφωνα με όσα μάθατε στην άσκηση (5-1).



Σχήμα (5.32): Σχέδιο της άσκησης

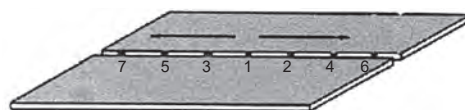
9. Ρυθμίστε την πίεση ασετιλίνης στο **0,25 bar** (25 kPa) και του οξυγόνου στα **2,5bar** (250 kPa), κατά τη γνωστή διαδικασία που αναφέρθηκε σε προηγούμενες ασκήσεις.



Σχήμα (5.33): (A) Η Τοποθέτηση των δύο τεμαχίων προς συγκόλληση και η στερέωσή τους με ποντάρισμα στα άκρα τους (B) Τα δύο τεμάχια πονταρισμένα, έτοιμα προς συγκόλληση

10. Ποντάρτε (τσιμπήστε) τα δύο άκρα των τεμαχίων, ώστε να στερεωθούν στη θέση που πρέπει να συγκολληθούν, όπως φαίνεται στην εικόνα A του σχήματος (5.33).

Παρατήρηση: Αν το μήκος της ραφής είναι μεγάλο, τότε το ποντάρισμα για τη στερέωση των προς συγκόλληση τεμαχίων γίνεται σε πολλά σημεία και σε ίσες αποστάσεις. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το ποντάρισμα αρχίζει από το κέντρο και συνεχίζεται με ένα ποντάρισμα δεξιά, ένα αριστερά κτλ., σχήμα (5.34).



Σχήμα (5.34): Το ποντάρισμα μεταλλικών κομματιών πρέπει να γίνεται από το κέντρο προς τα άκρα.

11. Αρχίστε τη συγκόλληση από το δεξιό άκρο των δύο τεμαχίων (συγκόλληση προς τα αριστερά), κρατώντας το ακροφύσιο έτσι που να σχηματίζει γωνία 45° με την επιφάνεια των μετάλλων και σε απόσταση 2mm περίπου από τη επιφάνεια των μετάλλων.



Σχήμα (5.35): Η κόλληση προηγείται του ακροφυσίου και ανεβοκατεβαίνει, ενώ ο καυστήρας κινείται σε κατεύθυνση ζιγκ-ζαγκ.

12. Αφήστε τη φλόγα να λιώσει τα μέταλλα, αρχίζοντας λίγο μετά το δεξιό τσίμπημα. Σ' αυτή τη φάση αρχίστε να τοποθετείτε (να εμβαπτίζετε) την κόλληση στο λουτρό τήξης των μετάλλων, ανεβοκατεβάζοντάς την και κρατώντας τη σε γωνία 45° από το επίπεδο των μεταλλικών τεμαχίων, όπως φαίνεται στο σχήμα (5.35).



Σχήμα (5.36): Η συγκόλληση είναι σχεδόν στο τέλος της

Παρατήρηση

- Αν κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης η βέργα της κόλλησης «κολλάει», σημαίνει ότι η τήξη των μετάλλων δεν είναι ικανοποιητική και, επομένως, θα προκύψει μια συγκόλληση κακής ποιότητας.
 - Προχωρείτε σιγά-σιγά προς τα αριστερά, μετακινώντας το ακροφύσιο με κινήσεις ζιγκ-ζαγκ (σχήμα (5.35)).
13. Όταν η ραφή ολοκληρωθεί, σβήστε τη φλόγα της συσκευής (Ο-Α), ακολουθώντας τη διαδικασία που μάθατε σε προηγούμενες ασκήσεις. Χαράξτε με την κιμωλία πάνω στο δοκίμιο την ένδειξη ότι καίει.
14. Αφήστε τα συγκολληθέντα τεμάχια να κρυώσουν και, κατόπιν, εξετάστε την ποιότητα της συγκόλλησης.
15. Συζητήστε με τον καθηγητή σας τυχόν απορίες σας.
16. Παραδώστε στην αποθήκη συσκευές, εργαλεία, και είδη ατομικής προστασίας καθαρά και έτοιμα να επαναχρησιμοποιηθούν.

ΑΣΚΗΣΗ 5-5

Σύνδεση τεμαχίων σε θέση (T) με εξωραφή

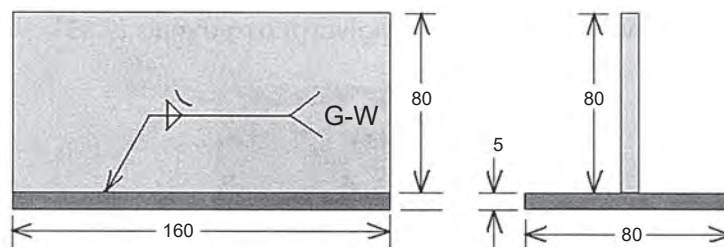
Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την εκτέλεση της άσκησης αυτής οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να επιλέγουν το κατάλληλο ακροφύσιο και τη διάμετρο της κόλλησης για το πάχος των μεταλλικών τεμαχίων που θα συγκολληθούν.
- Να προετοιμάζουν τα προς συγκόλληση άκρα των μεταλλικών τεμαχίων.
- Να μπορούν να πραγματοποιούν συγκολλήσεις μεταλλικών τεμαχίων σε γωνιακή θέση.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Χρησιμοποιήστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας, όπως αυτά αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν σε προηγούμενες ασκήσεις.



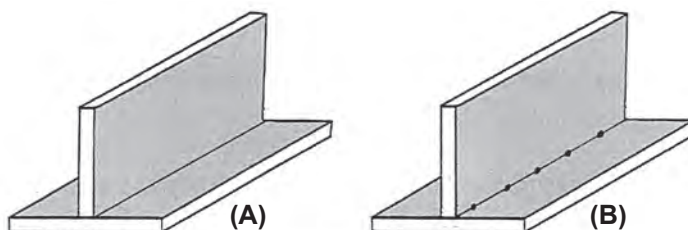
Σχήμα (5.37): Σχέδιο της άσκησης

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

- Συσκευή (O-A) με όλα τα παρελκόμενά της
- Σειρά ακροφυσίων (μπεκ)
- Τραπέζι οξυγονοσυγκολλητή
- Αναπτήρας
- Συρματίδια, καθαρισμού ακροφυσίων (σετ)
- Ατομικά μέσα προστασίας (γυαλιά, γάντια, ποδιά κτλ.)
- Δύο μεταλλικά τεμάχια St 37, διαστάσεων 160x80x5 mm
- Ράβδος κόλλησης (σιδηροκόλληση), Φ2 mm
- Κόκκινη κιμωλία ή μαρκαδόρος κατάλληλος για υψηλές θερμοκρασίες

Πορεία εργασίας

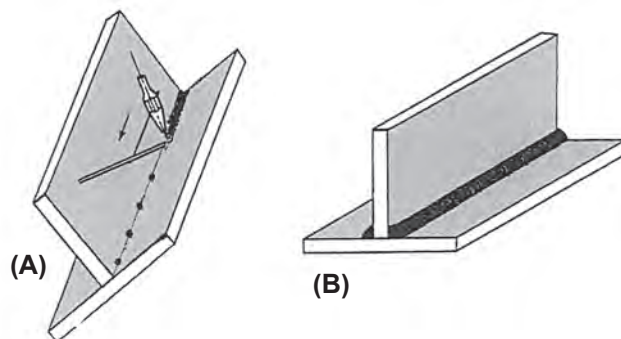
1. Κόψτε δύο μεταλλικά τεμάχια στις διαστάσεις που φαίνονται στο σχέδιο του έργου.
2. Συμβουλευτείτε τον πίνακα συμβόλων (3-3), για να αναγνωρίσετε το είδος της συγκόλλησης που θα πραγματοποιήσετε.
3. Καθαρίστε τις επιφάνειες των τεμαχίων που θα συγκολληθούν.
4. Στερεώστε τα δύο τεμάχια στη θέση που θα συγκολληθούν και ελέγξτε την κάθετη θέση μεταξύ τους.
5. Φορέστε τα προστατευτικά γυαλιά του ηλεκτροσυγκολλητή.
6. Ανάψτε τον καυστήρα και ρυθμίστε τη φλόγα 1:1 (ουδέτερη), ακολουθώντας τη διαδικα-



Σχήμα (5.38): (A) Η τοποθέτηση των τεμαχίων προς συγκόλληση (B) Τα τεμάχια πονταρισμένα

σία που έχετε διδαχθεί στις προηγούμενες ασκήσεις και ρυθμίστε την πίεση της ασετιλίνης στο 0,25bar και του οξυγόνου στα 2,5bar.

7. Ποντάρτετε (τσιμπήστε) τα δύο τεμάχια στη θέση που πρέπει να συγκολληθούν (κάθετα μεταξύ τους) και από τις δύο πλευρές.



Σχήμα (5.39): (A) Τα προς συγκόλληση κομμάτια σε «θέση λεκάνης» (B) Τα δύο τεμάχια συγκολλημένα

8. Τοποθετήστε τώρα τα πονταρισμένα κομμάτια σε «θέση λεκάνης» και στερεώστε τα σ' αυτή τη θέση καλά. Η οριζόντια θέση της συγκόλλησης θα διευκολύνει πολύ την εργασία σας και η ποιότητα της συγκόλλησης θα είναι πολύ καλύτερη (σχήμα (5.39)).
9. Αρχίστε να συγκολλάτε τα δύο τεμάχια από τα δεξιά προς τα αριστερά, ακολουθώντας τη διαδικασία της «**προς τα αριστερά συγκόλλησης**».
10. Επαναλάβετε τις διαδικασίες 8 και 9 και για την άλλη πλευρά των προς συγκόλληση τεμαχίων.
11. Αφού τελειώσετε τη συγκόλληση των τεμαχίων και από τις δύο πλευρές, σβήστε τη συσκευή (O-A) με τη διαδικασία που έχετε μάθει από τις προηγούμενες ασκήσεις στο εργαστήριο. Χαράξτε με την κόκκινη κιμωλία πάνω στο δοκίμιο την ένδειξη ότι «**καίει**».
12. Όταν τα συγκολληθέντα τεμάχια κρυώσουν, εξετάστε με τη βοήθεια του καθηγητή σας την ποιότητα της συγκόλλησης που πραγματοποιήσατε (καθετότητα, παραμορφώσεις, ποιότητα συγκόλλησης κτλ.).
13. Παραδώστε όλον τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσατε στην αποθήκη, καθαρό και έτοιμο για την επόμενη χρήση.

Παρατήρηση: Η άσκηση αυτή μπορεί να δοθεί στους μαθητές να εκτελεστεί και με μπруνντζοκόλληση (π.χ.: B-Cu60Zn) προσαρμοσμένη, βέβαια, στις προϋποθέσεις που απαιτούν οι μπруνντζοκολλήσεις (χημικό καθαρισμό με βόρακα και ελαφρά οξειδωτική φλόγα).

ΑΣΚΗΣΗ 5-6**Σύνδεση δυο τεμαχίων με εξωραφή (γωνιακή) σε οριζόντια θέση****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Μετά την εκτέλεση της άσκησης αυτής οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να προετοιμάζουν τα προς συγκόλληση τεμάχια για τη σύνδεσή τους με γωνιακή ραφή σε οριζόντια θέση.
- Να εκτελούν γωνιακές συνδέσεις μεταλλικών τεμαχίων σε οριζόντια θέση.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Εφαρμόστε όλα τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που απαιτούνται στις οξυγονοκολλήσεις, όπως έχουν αναφερθεί και σε προηγούμενες ασκήσεις.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

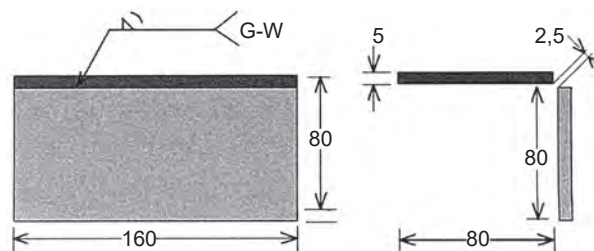
Από την πείρα που αποκτήσατε στις προηγούμενες ασκήσεις απαριθμήστε όλα τα απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές και υλικά που απαιτεί η άσκηση (συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα).

- Δύο μεταλλικά τεμάχια St 37, διαστάσεων 160x80x5 mm
- Ράβδος συγκόλλησης (σιδηροκόλληση), Φ3 mm
-
-
-
-
-
-

Παρατήρηση: Σ' αυτή την άσκηση και σε όλες τις επόμενες αυτού του κεφαλαίου ο καθηγητής ζητά από τους μαθητές να καταγράψουν οι ίδιοι τα απαιτούμενα εργαλεία, υλικά και τις συσκευές που χρειάζονται.

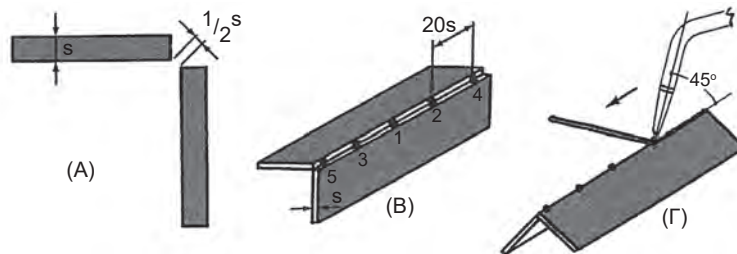
Πορεία εργασίας

1. Καθαρίστε καλά τις επιφάνειες που πρόκειται να συγκολληθούν.
2. Τοποθετήστε και στερεώστε τα μεταλλικά τεμάχια σύμφωνα με το σχέδιο της άσκησης.
3. Φορέστε τα γυαλιά του οξυγονοκολλητή και πάρτε **όλα τα μέτρα ασφαλείας** που απαιτεί η εργασία που θα κάνετε.



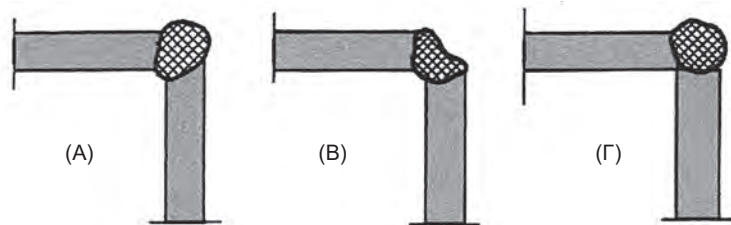
Σχήμα (5.40): Σχέδιο της άσκησης

4. Ανάψτε τον καυστήρα, ακολουθώντας τη γνωστή διαδικασία και ρυθμίστε τη φλόγα, έτσι ώστε να γίνει **ουδέτερη**.
5. Ποντάρτε τα δύο τεμάχια στις απαιτούμενες αποστάσεις, ώστε να στερεωθούν μόνιμα στη σωστή θέση.
6. Τοποθετήστε τα δύο τεμάχια, όπως στην εικόνα (B) του σχήματος (5.41) και αρχίστε τη συγκόλλησή τους κατά τα γνωστά (από δεξιά προς τα αριστερά).
7. Αφού ολοκληρώσετε τη συγκόλληση των τεμαχίων, σβήστε τη συσκευή (O-A) και αφήστε τη συγκόλληση να κρυώσει.



Σχήμα (5.41): (A) Η θέση των τεμαχίων για συγκόλληση (B) Τα σημεία και ο τρόπος πονταρίσματος των δύο μεταλλικών τεμαχίων (Γ) Η διαδικασία συγκόλλησης των τεμαχίων σε οριζόντια θέση

8. Εξετάστε οπτικά την ποιότητα της ραφής και σχολιάστε με τον καθηγητή σας το αποτέλεσμα.
9. Παραδώστε όλον τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσατε στον υπεύθυνο της αποθήκης, έτοιμο για τον επόμενο χρήστη.



Σχήμα (5.42): Τα πιθανά αποτελέσματα της συγκόλλησης: (A) Καλή συγκόλληση (B) Συγκόλληση με εμφανή έλλειψη συγκολλητικού υλικού (Γ) Συγκόλληση με έλλειψη διείσδυσης

ΑΣΚΗΣΗ 5-7

Σύνδεση μεταλλικών τεμαχίων με επικάλυψη των άκρων τους και χρήση μπруντζοκόλλησης

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να ασκηθούν οι μαθητές στην προετοιμασία δύο μεταλλικών τεμαχίων για μπруντζοκόλληση με επικάλυψη των άκρων τους.
- Να αποκτήσουν εμπειρία στη διαδικασία εκτέλεσης μίας μπруντζοκόλλησης με επικάλυψη των άκρων των μεταλλικών τεμαχίων.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Εφαρμόστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που θα πρέπει να τηρούνται στις μπруντζοκόλλησης, αφού συμβουλευτείτε τα αναφερόμενα στα μέτρα ασφαλείας του 5ου κεφαλαίου.

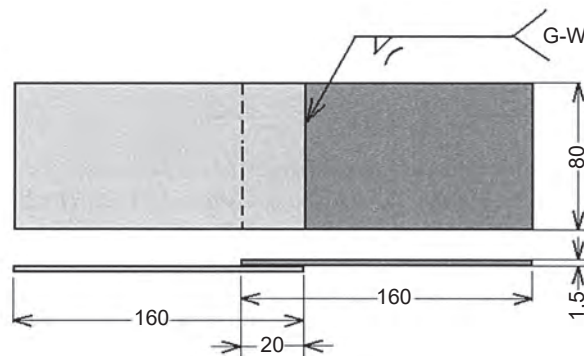
Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

Δώστε έναν κατάλογο των απαραίτητων εργαλείων - συσκευών και υλικών για την πραγματοποίηση αυτής της άσκησης, (συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα).

- Δύο μεταλλικά τεμάχια St 37, διαστάσεων 160x80x1,5
- Ράβδος μπруντζοκόλλησης π.χ. B-Cu60Zn
-
-
-
-

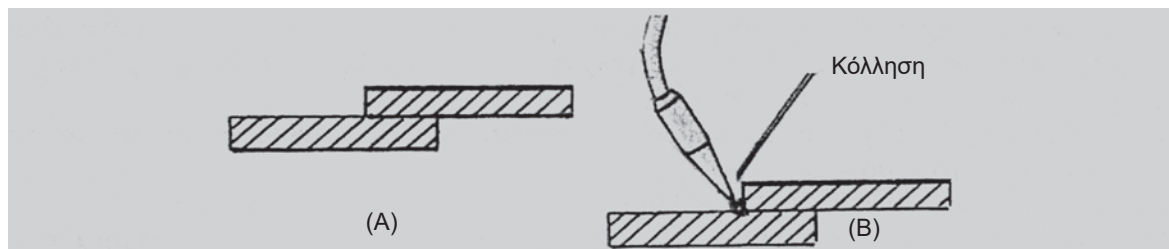
Πορεία εργασίας

1. Κόψτε δύο μεταλλικά τεμάχια στις διαστάσεις που φαίνονται στο σχέδιο της άσκησης.
2. Καθαρίστε με σμυριδοτροχό ή άλλο μέσο (σμυριδόπανο κτλ.) τις επιφάνειες των μεταλλικών τεμαχίων που θα επικαλυφθούν και θα συγκολληθούν (μηχανικός καθαρισμός).



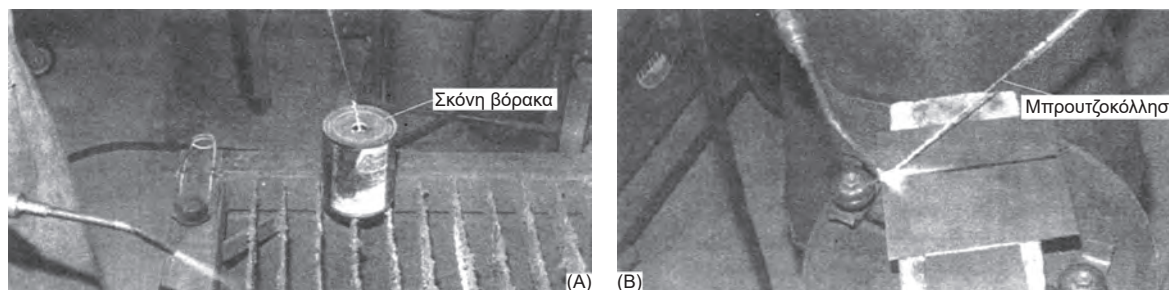
Σχήμα (5.43): Σχέδιο της άσκησης

3. Μετρήστε και χαράξτε πάνω στη μεταλλική επιφάνεια το μέγεθος της επικάλυψης των δύο άκρων.



Σχήμα (5.44): (Α) Η τοποθέτηση των τεμαχίων στη θέση της συγκόλλησης (Β) Η διαδικασία της συγκόλλησης

4. Τοποθετήστε τα δύο τεμάχια στη θέση που θα συγκολληθούν και στερεώστε τα καλά με σφικτήρα ή άλλο μέσο, ώστε να μη μετακινηθούν κατά τη συγκόλλησή τους.
5. Ανάψτε τον καυστήρα (Ο-Α) και ρυθμίστε τη φλόγα, ώστε να γίνει ουδέτερη.
6. Θερμάνετε ελαφρά τη βέργα της μπρουντζοκόλλησης και βουτήξτε τη στη σκόνη του βόρακα. Η κόλληση θα καλυφθεί από στρώμα αποξειδωτικού υλικού (βόρακα) που θα καθαρίσει χημικά τις προς συγκόλληση επιφάνειες, πριν από το λιώσιμο της κόλλησης. Η διαδικασία αυτή θα γίνεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης.



Σχήμα (5.45): (Α) Η κάλυψη της κόλλησης με βόρακα (Β) Η συγκόλληση των τεμαχίων με κίνηση προς τα αριστερά

Παρατηρήσεις

- Αν η κόλληση που θα χρησιμοποιήσετε είναι με αντιοξειδωτική επένδυση, δε χρειάζεται η επάλειψή της με πρόσθετο αντιοξειδωτικό (βόρακα).
 - Οι ράβδοι κόλλησης με αντιοξειδωτική επένδυση, δεν πρέπει να εκτίθενται σε υγρασία, γιατί η επένδυσή τους ξεφλουδίζει και πέφτει.
7. Θερμάνετε ομοιόμορφα τα μεταλλικά τεμάχια στη θέση της συγκόλλησης, κατευθύνοντας τη φλόγα προς **το κάτω τεμάχιο**. Όταν τα δύο τεμάχια θερμανθούν ικανοποιητικά και πάρουν ένα μουντό κόκκινο χρώμα, (γύρω στους 900°C), τοποθετήστε την κόλληση. Η κόλληση θα λιώσει από τη θερμοκρασία των μετάλλων και θα εισχωρήσει στο διάκενο μεταξύ των δύο προς συγκόλληση επιφανειών, **λόγω του τριχοειδούς φαινομένου**.

Προσοχή: Ποτέ μην κατευθύνετε τη φλόγα πάνω στην κόλληση.

8. Όταν παρατηρήσετε ροή (αναρρόφηση) της λιωμένης κόλλησης προς τις συγκολλώμενες επιφάνειες, σταματήστε την τροφοδότηση με κόλληση και απομακρύνετε τη φλόγα από τα μεταλλικά τεμάχια.
9. Σβήστε τη φλόγα με τη διαδικασία που πρέπει και περιμένετε να παγώσουν τα συγκολληθέντα τεμάχια.
10. Εξετάστε την ποιότητα της συγκόλλησης με τη βοήθεια του καθηγητή σας.
11. Παραδώστε όλον τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσατε, καθώς και τα υπόλοιπα αναλώσιμα υλικά, στον υπεύθυνο της αποθήκης στην κατάσταση που τα παραλάβατε.

Πρόσθετες δραστηριότητες

1. Προσπαθήστε με τη βοήθεια του καθηγητή σας να ξεκολλήσετε τα δύο μεταλλικά τεμάχια, αφού δέσετε στη μέγγενη τα συγκολληθέντα τεμάχια στη θέση της συγκόλλησης. Κατόπιν κτυπήστε το κομμάτι που εξέχει με σφυρί. Σημειώστε σε φύλλο χαρτιού το αποτέλεσμα της προσπάθειάς σας (ξεκόλλησε, έσπασε η συγκόλληση, έσπασε κάποιο από τα δύο μεταλλικά τεμάχια κτλ.).
2. Κόψτε με σιδηροπρίονο τμήμα των επιφανειών που έχουν συγκολληθεί και εξετάστε οπτικά τη διεύθυνση της κόλλησης ανάμεσα στις δύο επιφάνειες.
3. Προσπαθήστε να πραγματοποιήσετε μία σκληρή συγκόλληση μεταλλικών τεμαχίων (μπρουντζοκόλληση) με επικάλυψη των άκρων, **χωρίς όμως τη χρήση αποξειδωτικών υλικών**. Καταγράψτε και σχολιάστε το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας.
4. Χωριστείτε σε μικρές ομάδες σύμφωνα με τις υποδείξεις του καθηγητή σας και επισκεφθείτε **συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων** της περιοχής σας. Ρωτήστε για τα σημεία του αμαξώματος που έχουν ενωθεί με μπρουντζοκόλληση. Ζητήστε να μάθετε γιατί έχει προτιμηθεί αυτό το είδος συγκόλλησης στα συγκεκριμένα σημεία και σημειώστε τις πληροφορίες σε φύλλο χαρτιού. Συζητήστε στο επόμενο μάθημα με τον καθηγητή σας για τα αποτελέσματα της επίσκεψής σας στα συνεργεία.

ΑΣΚΗΣΗ 5-8

Επισκευή τρυπημένου από διάβρωση μικρού τμήματος λαμαρίνας αυτοκινήτου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την εκπλήρωση της άσκησης αυτής οι μαθητές θα μπορούν:

- Να εκτιμούν το μέγεθος της διάβρωσης που έχει υποστεί το τρύπιο τμήμα της λαμαρίνας του αυτοκινήτου.
- Να αποφασίζουν αν συμφέρει η επισκευή ή θα πρέπει να γίνει αντικατάσταση ολόκληρου του διαβρωμένου κομματιού.
- Να επισκευάζουν διαβρωμένα μεταλλικά τεμάχια αυτοκινήτων, συγκολλώντας νέο κομμάτι (μπάλωμα) στη θέση του σκουριασμένου τμήματος.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

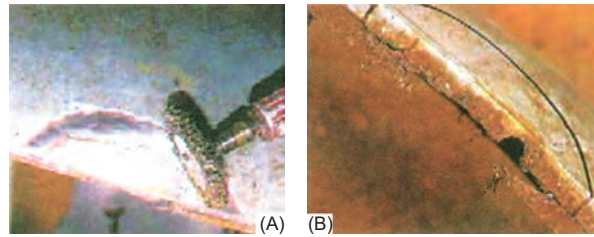
- Εφαρμόστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που προβλέπονται σε εργασίες με **φλόγα (O-A)**, με **σφυριδοτροχό** και σε εργασίες με **λαμαρίνες**.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

- Συσκευή (O-A) σε πλήρη λειτουργία
- Μεταλλοψάλιδο χειρός (ή ηλεκτρικό)
- Σφυριδοτροχός
- Σφυριά φανοποιίας
- Αμονάκι φανοποιίας
- Μπρουντζοκόλληση
- Καθαριστικά υλικά (βόρακας σε σκόνη)
- Πόρτες, καπώ, φτερά, παλιά κομμάτια από αμαξώματα αυτοκινήτων κτλ., ή ολόκληρα παλιά αυτοκίνητα
- Τεμάχια από λαμαρίνα πάχους 0,6 έως 0,7mm

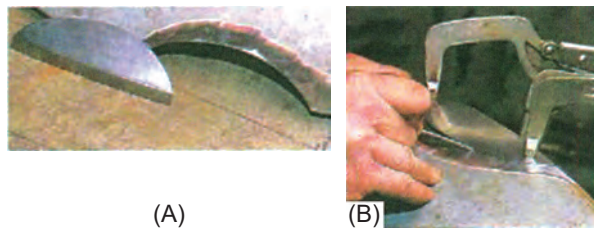
Πορεία εργασίας

1. Χτυπώντας ελαφρά γύρω από την τρύπα της διαβρωμένης περιοχής, εκτιμήστε το μέγεθος της διάβρωσης και αποφασίστε αν η επισκευή είναι συμφέρουσα ή θα πρέπει να γίνει αντικατάσταση του κομματιού, στο οποίο έχει συμβεί η διάβρωση.
2. Αφαιρέστε το χρώμα και το υπόστρωμα της διαβρωμένης επιφάνειας με σφυριδοτροχό που φέρει χονδρό σφυριδόπανο. Επεκτείνετε τον καθαρισμό του χρώματος **5-6cm** πέρα από τη διαβρωμένη επιφάνεια, ώστε να φτάσετε σε γερό μέταλλο (μη διαβρωμένο).
3. Σημειώστε με ένα μαρκαδόρο την επιφάνεια που θα αφαιρέσετε. Η προς αφαίρεση επιφάνεια θα πρέπει να επεκτείνεται και **5-6cm** γύρω από τη διαβρωμένη (σε γερό μέταλλο).
4. Κόψτε με το μεταλλοψάλιδο (χειρός ή ηλεκτρικό) τη μεταλλική επιφάνεια που σημειώσατε με το μαρκαδόρο.
5. Καθαρίστε μηχανικά τη μεταλλική περιοχή που θα τοποθετηθεί το νέο μεταλλικό τεμάχιο (μπάλωμα), με τη βοήθεια σφυριδοτροχού.
6. Χρησιμοποιώντας δυνατή ηλεκτρική σκούπα ή πεπιεσμένο αέρα, καθαρίστε σχολαστικά την επιφάνεια από τα υπολείμματα της χρήσης του σφυριδοτροχού.
7. Με τη χρήση του σφυριού φανοποιίας και το αμονάκι, δημιουργήστε μία εσοχή (πατούρα) στα άκρα της τρύπας 1,5 με 2cm.



Σχήμα (5.46): (Α) Ο καθαρισμός της σκουριασμένης επιφάνειας με σμυριδοτροχό (Β) Το φθαρμένο τμήμα έχει αποκοπεί με ηλεκτρικό ψαλίδι (κόφτη)

8. Αποτυπώστε το σχήμα της τρύπας και κόψτε με το μεταλλοψάλιδο ένα κομμάτι λαμαρίνας ίδιου σχήματος, μεγέθους και πάχους με εκείνο που αφαιρέθηκε (μπάλωμα). Δοκιμάστε το αν ταιριάζει στη θέση του αφαιρεθέντος τεμαχίου.
9. Καθαρίστε τις προς συγκόλληση επιφάνειες με αντιοξειδωτικά υλικά και τοποθετήστε το μπάλωμα στη θέση που θα κολληθεί.



Σχήμα (5.47): (Α) Το κομμάτι που θα προστεθεί (μπάλωμα) στη θέση του διαβρωμένου (Β) Το ταίριασμα του μπαλώματος

10. Στερεώστε το «μπάλωμα» στη θέση του με σφιγκτήρες.
11. Ανάψτε τη φλόγα (Ο-Α), ρυθμίστε την σε ουδέτερη κατάσταση και κάντε μερικές πονταρισιές (τσιμπήματα).

Παρατήρηση: Μερικοί τεχνίτες προτιμούν τη φλόγα σε κατάσταση ελαφρώς ανθρακωτική (περίσσεια ασετιλίνης).

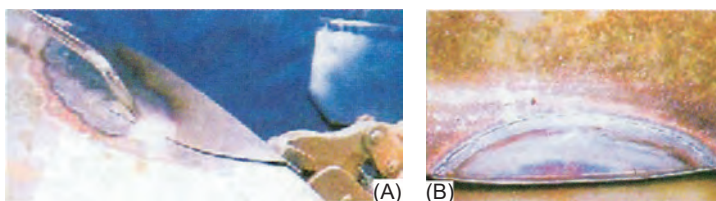
12. Θερμάνετε ομοιόμορφα τις προς συγκόλληση επιφάνειες τόσο, όσο χρειάζεται για να λιώσει η κόλληση και να εισχωρήσει ανάμεσα στα συγκολλούμενα άκρα.

Προσοχή

- Επειδή οι λαμαρίνες που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα είναι μικρού πάχους (0,6 με 0,7mm), απαιτείται μεγάλη προσοχή στην επιλογή του ακροφυσίου και στη ρύθμιση της φλόγας, ώστε να μην προκαλούνται ζημιές από υπερθέρμανση σε γειτονικά τμήματα του αυτοκινήτου.
 - Κατά τη διάρκεια των εργασιών αυτού του είδους μπορεί να δημιουργούνται αέρια που βλάπτουν την υγεία. Γι' αυτό θα πρέπει ο χώρος να εξαερίζεται καλά.
13. Όταν η κόλληση που θα εισχωρήσει ανάμεσα στα προς συγκόλληση τεμάχια είναι ικανοποιητική, απομακρύνετε τη φλόγα και αφήστε τα συγκολληθέντα τεμάχια να κρυώσουν.
 14. Σβήστε τη φλόγα (Ο-Α), κατά τη γνωστή διαδικασία, και τοποθετήστε τον καυστήρα σε ασφαλή θέση.

15. Απομακρύνετε τα υπολείμματα του αντιοξειδωτικού υλικού, χρησιμοποιώντας νερό, και καθαρίστε την επιφάνεια της ραφής με μία σκληρή συρματοβούρτσα.
16. Εξομαλύνετε (λειάνετε) τη συγκόλληση (ραφή) με το σφυριδοτροχό, ώστε να διευκολυνθεί, στη συνέχεια, το γέμισμα του κενού πάνω από το «μπάλωμα» με σιδηρόστοκο και να προετοιμαστεί για βαφή.
17. Εξετάστε προσεκτικά το αποτέλεσμα της εργασίας σας και συζητήστε με τον καθηγητή σας τις δυσκολίες που συναντήσατε.
18. Παραδώστε τον εξοπλισμό (Ο-Α), τα εργαλεία, καθώς και τα υλικά που σας απέμειναν, στην αποθήκη του εργαστηρίου, καθαρά και έτοιμα να επαναχρησιμοποιηθούν.

***Παρατήρηση:** Η άσκηση αυτή μπορεί να προσαρμοστεί και στις απαιτήσεις άλλων μεθόδων συγκόλλησης (αυτογενής, MIG, TIG κτλ.) και να δοθεί στους μαθητές ως νέα άσκηση.*



Σχήμα (5.48): (Α) Η στερέωση του νέου τεμαχίου με πονταρίσματα (Β) Το νέο τεμάχιο συγκολλημένο στη θέση του διαβρωμένου, έτοιμο να τροχιστεί.

ΑΣΚΗΣΗ 5-9

Αντικατάσταση του μπροστινού φτερού ενός αυτοκινήτου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την πραγματοποίηση και αυτής της άσκησης οι μαθητές θα έχουν αποκτήσει αρκετή εμπειρία στη χρήση της συσκευής (Ο-Α) και θα είναι σε θέση:

- Να εκτιμούν το μέγεθος της ζημιάς ενός φτερού αυτοκινήτου (μπροστινού ή πισινού), να εκτιμούν το κόστος της επισκευής ή της αντικατάστασής τους και να αποφασίζουν για τον τρόπο που θα επισκευαστεί το αυτοκίνητο.
- Να ξεμοντάρουν παλιά κολλητά κομμάτια από αμαξώματα αυτοκινήτων, με τη χρήση ξεπονταριστή.
- Να αντικαθιστούν κάθε κολλητό εξάρτημα (μεταλλικό κομμάτι) αυτοκινήτου που δεν επισκευάζεται.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

- Στα σύγχρονα αυτοκίνητα, όλα σχεδόν τα μεταλλικά κομμάτια είναι μονταρισμένα πάνω στο σκελετό του αυτοκινήτου με ηλεκτρικά πονταρίσματα σε σημεία που είναι προγραμματισμένα από ρομποτικό σύστημα, δηλαδή δε γίνεται συνεχής ραφή. Έτσι, όταν χρειαστεί να αφαιρεθεί ένα κομμάτι (π.χ. φτερό), αφαιρούνται οι πονταριστές **με ειδικό τρυπάνι (ξεπονταριστής) μόνο από την πλευρά** του προς αντικατάσταση κομματιού, δημιουργώντας στη θέση της πονταρισιάς μία τρύπα. Όταν ξεπονταριστούν όλα τα σημεία συγκόλλησης, τότε, πολύ εύκολα ξεμοντάρεται ολόκληρο το κομμάτι (π.χ. το ένα φτερό), για να τοποθετεί το καινούριο.

- Σε όλα σχεδόν τα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων (φαναρτζίδικα), για τη συγκόλληση ανταλλακτικών του αμαξώματος (πόρτες, καπώ, φτερά, ουρανός κτλ.), χρησιμοποιείται **ηλεκτροσυγκόλληση σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου, δηλαδή MIG ή TIG**, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι των συγκολλήσεων με οξυγόνο. Μόνο σε ειδικά σημεία του αυτοκινήτου, που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος MIG ή TIG, γίνεται μπруντζοκόλληση.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές - υλικά

- Συσκευή (O-A)
- Εξαρτήματα ατομικής προστασίας (ποδιά, μάσκα, γυαλιά κτλ.)
- Παλιά αμαξώματα ή ολόκληρα αυτοκίνητα
- Φτερό από αμάξωμα αυτοκινήτου ίδιου μοντέλου με το επισκευαζόμενο
- Σφυρί - κοπίδι, σφυριά φανοποιίας
- Ηλεκτροδράπανο χειρός, σειρά από μεταλλοτρύπανα
- Ειδικό τρυπάνι για ξεποντάρισμα των κολλημένων σημείων (ξεπονταριστής), 8mm
- Σμυριδοτροχός
- Κόλληση (μπруντζοκόλληση)
- Υλικά καθαρισμού (αντιοξειδωτικό για μπрунτζοκολλήσεις)

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Εφαρμόστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που προβλέπονται σε εργασίες με **φλόγα (O-A)**, **σμυριδοτροχό** και **σε εργασίες με λαμαρίνες**.

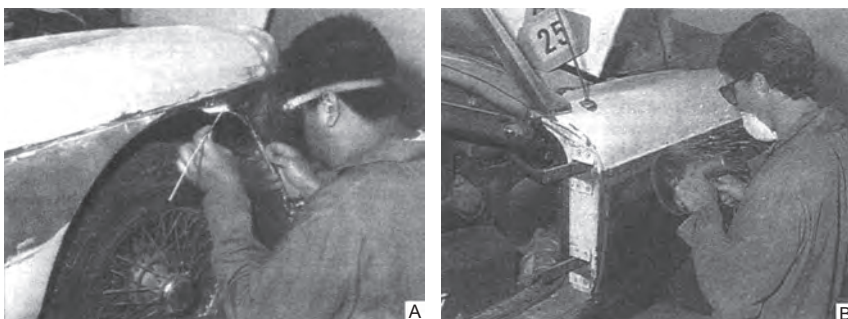
Πορεία εργασίας

1. Χρησιμοποιώντας το ειδικό τρυπάνι (ξεμονταριστή), δημιουργήστε τρύπα πάνω σε κάθε πονταρισιά του φτερού και σε βάθος όσο είναι το πάχος της λαμαρίνας του φτερού, όχι στο μέταλλο που στηρίζεται (ενώνεται) το φτερό. Έτσι, το φτερό θα αφαιρεθεί πολύ εύκολα.
2. Αφαιρέστε το παλιό φτερό και με το σμυριδοτροχό καθαρίστε τις μεταλλικές επιφάνειες που θα συγκολληθούν.
3. Δοκιμάστε προσεκτικά το ταίριασμα του νέου κομματιού στη θέση του παλιού, ώστε να βεβαιωθείτε ότι το νέο φτερό ταιριάζει απόλυτα στη θέση του παλιού.
4. Τρυπήστε με κοινό μεταλλοτρύπανο 8mm, ανά 15-20cm το καινούριο φτερό στο τμήμα εκείνο που θα συγκολληθεί.



Σχήμα (5.49): Η δοκιμή του νέου φτερού στη θέση του παλιού

5. Καθαρίστε με το σμυριδοτροχό καλά τις δύο επιφάνειες που θα συγκολληθούν, κυρίως, γύρω από τις τρύπες που δημιουργήσατε στο νέο φτερό.
6. Με μία δυνατή ηλεκτρική σκούπα, καθαρίστε καλά τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν (από σκόνες, ρινίσματα κτλ.).
7. Τοποθετήστε το νέο φτερό στη θέση του παλιού και στερεώστε το καλά με σφιγκτήρες.
8. Ανάψτε τη φλόγα (O-A) και ρυθμίστε τη φλόγα ουδέτερη ή ελαφρώς ανθρακωτική.
9. Βουτήξτε τη βέργα της κόλλησης στη σκόνη του βόρακα, αφού πρώτα τη θερμάνετε ελαφρά.
10. Θερμάνετε ομοιόμορφα κάθε τρύπα που έχετε δημιουργήσει στο νέο φτερό κατευθύνοντας τη φλόγα προς το **κάτω μέταλλο**. Όταν η θερμοκρασία των μετάλλων γίνει ικανοποιητικά υψηλή, η μπρουντζοκόλληση θα λιώσει και θα εισχωρήσει ανάμεσα στις δύο μεταλλικές επιφάνειες γύρω από κάθε τρύπα. Έτσι, σε κάθε τρύπα θα δημιουργηθεί και ένα ποντάρισμα (συγκόλληση μέσω οπής).



Σχήμα (5.50): (Α) Το ποντάρισμα του φτερού, με μπρουντζοκόλληση (Β) Η λείανση της πονταρισμένης επιφάνειας του νέου φτερού

11. Σβήστε τη φλόγα (O-A) κατά τη γνωστή διαδικασία.
12. Αφού κρυώσουν τα πονταρίσματα, στρώστε (λείανετε) με σμυριδοτροχό τα εξέχοντα τμήματα της κόλλησης, ώστε όλη η επιφάνεια του φτερού να ομαλοποιηθεί και να ετοιμαστεί για σπατουλάρισμα και βάψιμο.
13. Συμβουλευτείτε τον καθηγητή σας, για την ποιότητα της εργασίας σας και συζητήστε μαζί του τις δυσκολίες που συναντήσατε.
14. Παραδώστε όλα τα εργαλεία, τις συσκευές και τα αναλώσιμα υλικά στην αποθήκη του εργαστηρίου, καθαρά και έτοιμα για μία νέα χρήση.

Πρόσθετες εργαστηριακές δραστηριότητες.

1. Ο καθηγητής της τάξης μπορεί να προσαρμόσει την παραπάνω άσκηση και με χρήση συσκευής **MIG** ή **TIG**, που χρησιμοποιείται ευρύτατα στα συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων.
2. Μπορεί να δοθούν ασκήσεις αντικατάστασης και άλλων κολλητών τμημάτων αυτοκινήτων, εφαρμόζοντας όλες τις γνωστές μεθόδους συγκόλλησης.

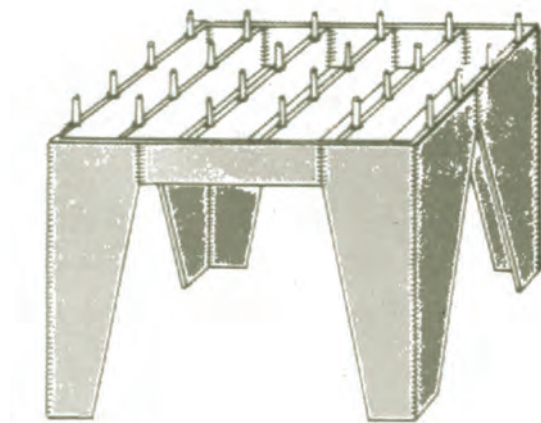
ΑΣΚΗΣΗ 5-10**Οξυγονοκοπή με οξυγονοκόφτη χειρός****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Οι επιδιωκόμενοι στόχοι αυτής της άσκησης είναι :

- Η κατανόηση από τους μαθητές της αρχής λειτουργίας του οξυγονοκόφτη στην πράξη.
- Η άσκηση των μαθητών στην επιλογή του κατάλληλου ακροφυσίου για κάθε περίπτωση οξυγονοκοπής.
- Η άσκηση των μαθητών στο σωστό και ασφαλή χειρισμό του οξυγονοκόφτη.

Απαιτούμενα εργαλεία - συσκευές και υλικά

- Συσκευή οξυγονοασετιλίνης με όλα τα παρελκόμενα όργανα και εξαρτήματα ελέγχου και ασφαλείας.
- Σετ (κασετίνα) οξυγονοκόφτη, με πλήρη σειρά ακροφυσίων κοπής και ειδικά εργαλεία.
- Τραπέζι οξυγονοκοπής



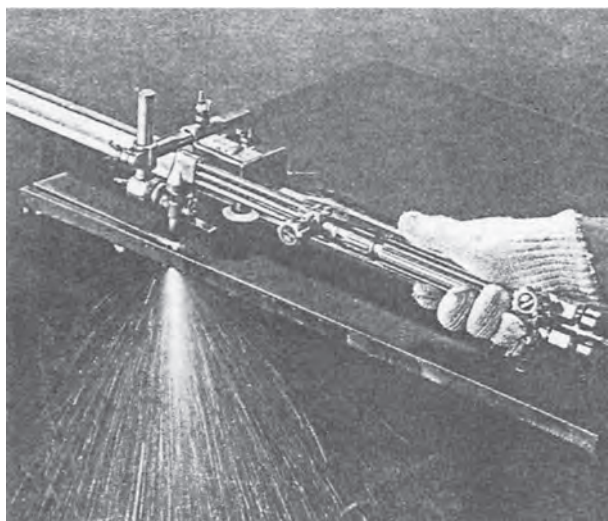
Σχήμα (5.51): Τραπέζι οξυγονοκοπής

- Όλα τα μέσα ατομικής προστασίας (γυαλιά, φόρμα, γάντια, ποδιά κτλ.)
- Σετ εργαλείων καθαρισμού των ακροφυσίων (σετ από συρματίδια)
- Αναπτήρας οξυγονοσυγκολλητή
- Λαβίδα μετακίνησης θερμών μεταλλικών τεμαχίων
- Συρματοβουρτσα
- Σφυρί κρούστας
- Μεταλλικό τεμάχιο 160 x 80 x 3mm, St 37

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Εφαρμόστε όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που προβλέπονται στις περιπτώσεις χρήσης συσκευών οξυγονοασετιλίνης και οξυγονοκοπής (βλέπε προηγούμενες ασκήσεις). Αν ο χώρος οξυγονοκοπής δεν είναι ανοικτός, θα πρέπει στο χώρο να λειτουργεί εγκατάσταση εξαερισμού.

Παρατήρηση: Στις συσκευές (Ο-Α) που χρησιμοποιούνται και για οξυγονοκοπή, αντί για κοινές φλογοπαγίδες, χρησιμοποιούνται ειδικά εξαρτήματα ασφαλείας, τα οποία αφ' ενός δρουν ως φλογοπαγίδες και αφ' ετέρου διακόπτουν αυτόματα την παροχή αερίων προς τον καυστήρα σε περίπτωση υπερθέρμανσης ή υπερπίεσης. Ένα τέτοιο ασφαλιστικό φαίνεται στο σχήμα (5.20).



(A)



(B)

Σχήμα (5.53): (Α) Οξυγονοκοπή με χειροκίνητο πυροκόφτη και οδηγό κοπής, (Β) Ηλεκτροκίνητος πυροκόφτης (βαποράκι), κινούμενος πάνω σε ειδικές ράγες

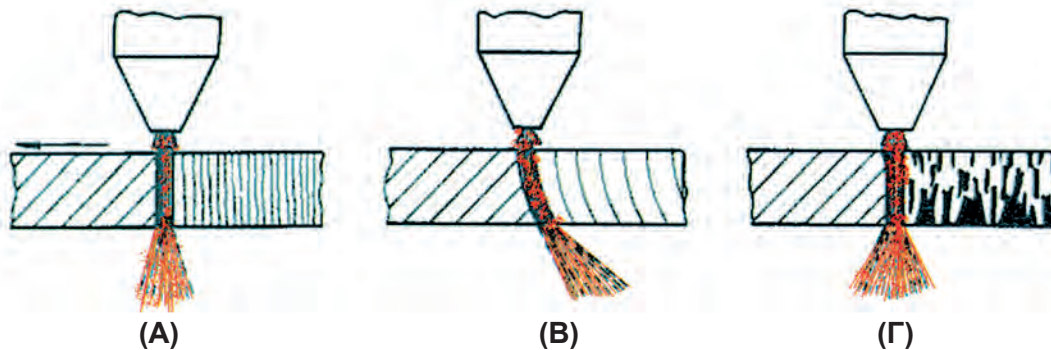
Πορεία εργασίας

1. Τοποθετήστε το μεταλλικό τεμάχιο στο ειδικό τραπέζι οξυγονοκοπής και στερεώστε το καλά.
2. Καθαρίστε το τεμάχιο και το γύρω χώρο από λάδια, γράσα, χρώματα κτλ.
3. Επιλέξτε και τοποθετήστε στον οξυγονοκόφτη το κατάλληλο ακροφύσιο για το πάχος του ελάσματος που θα κόψετε.
4. Χαράξτε πάνω στο έλασμα την πορεία του οξυγονοκόφτη (γραμμή κοπής) σύμφωνα με το σχέδιο της άσκησης.
5. Ρυθμίστε την πίεση οξυγόνου και ασετιλίνης σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα (5-8).
6. Φορέστε τα γυαλιά και τα γάντια του οξυγονοκολλητή.
7. Ανάψτε, με τον ειδικό αναπτήρα οξυγονοκολλητή, το μείγμα οξυγόνου-ασετιλίνης για τη θέρμανση (πυράκτωση) του μετάλλου και ρυθμίστε τη φλόγα να είναι **ουδέτερη**.
8. Εκτιμήστε την απόσταση μεταξύ του ακροφυσίου και του ελάσματος, στην οποία θα πρέπει να κινείται ο οξυγονοκόφτης. Για το πάχος των 3mm του ελάσματος της άσκησης, η απόσταση πρέπει να είναι 3-5mm. Διατηρήστε την απόσταση αυτή σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της κοπής.
9. Αρχίστε τη θέρμανση του ελάσματος από την αρχή της γραμμής κοπής. Συνεχίστε τη θέρμανση μέχρι τη θερμοκρασία ανάφλεξης (ερυθροπύρωσης).
10. Πιέστε το μοχλό ελέγχου της βαλβίδας του οξυγόνου κοπής και κινήστε το ακροφύσιο με σταθερή ταχύτητα πάνω στη γραμμή κοπής.
11. Η κοπή του μετάλλου συνεχίζεται όσο συνεχίζεται η παροχή του οξυγόνου κοπής. Όταν το ακροφύσιο φτάσει στο τέλος της γραμμής κοπής, δηλαδή, όταν ολοκληρωθεί

η οξυγονοκοπή, αφήστε το μοχλό ελέγχου του οξυγόνου κοπής και απομακρύνετε τον οξυγονοκόφτη από το έλασμα.

Προσοχή

- Κατά τη διαδικασία οξυγονοκοπής εκτοξεύονται τεμαχίδια μετάλλου με μεγάλη ταχύτητα, τα οποία έχουν και μεγάλη θερμοκρασία. Γι' αυτό υπάρχει μεγάλος κίνδυνος πυρκαγιάς, αλλά και τραυματισμού ατόμων που παρευρίσκονται στο χώρο της κοπής χωρίς προφυλακτικά μέσα.
 - Για να περιορίζεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς από τα εκτοξευόμενα μεταλλικά τεμαχίδια κατά την οξυγονοκοπή, μπορούμε να τοποθετούμε κάτω από το μέταλλο που κόβουμε, λεκάνη με άμμο ή νερό.
12. Σβήστε τη φλόγα οξυγονοασετιλίνης, ακολουθώντας τη διαδικασία που έχει αναφερθεί στις ασκήσεις οξυγονοκόλλησης.
 13. Καθαρίστε τη συσκευή οξυγονοκοπής και παραδώστε στον υπεύθυνο του εργαστηρίου ό,τι έχετε χρεωθεί για την άσκησή σας.
 14. Καλέστε τον καθηγητή σας να ελέγξει το αποτέλεσμα της εργασίας σας, συγκρίνοντας τη μορφή της τομής που πραγματοποιήσατε εσείς με εκείνες του σχήματος (5.54).



Σχήμα (5.54): (Α) Η εμφάνιση της τομής (κάθετες-παράλληλες γραμμές), με κανονική ταχύτητα μετακίνησης του κόφτη (Β) Οξυγονοκοπή με ταχύτητα μεγαλύτερη από την κανονική (Γ) Με μικρότερη ταχύτητα από την κανονική

Η ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ

- Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός
- Οι μορφές του ηλεκτρικού ρεύματος
- Οι κίνδυνοι και τα μέτρα ασφαλείας

6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

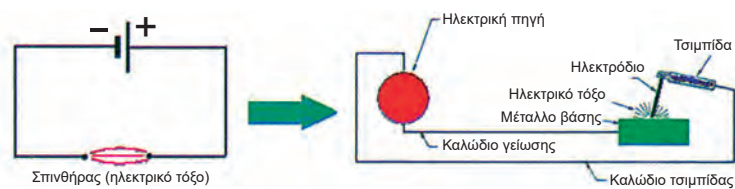
- Να περιγράφουν οι μαθητές τις βασικές αρχές της συγκόλλησης τόξου.
- Να αναφέρουν τα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων (MMA, MIG, TIG κτλ.) και τον απαιτούμενο εξοπλισμό.
- Να χρησιμοποιούν σωστά τους τεχνικούς όρους.
- Να αναφέρουν ποιες είναι οι διαθέσιμες μορφές ηλεκτρικού ρεύματος και πότε χρησιμοποιούνται.
- Να γνωρίζουν τους κινδύνους και τον εξοπλισμό ασφαλείας έναντι ατυχημάτων.

6-1. Βασικές αρχές της συγκόλλησης τόξου

Για να γίνει συγκόλληση δύο μεταλλικών τεμαχίων, πρέπει να προκληθεί τήξη στα σημεία συγκόλλησης. Στη συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση η θερμοκρασία για την τήξη παράγεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου.

Στο σχήμα (6.1), φαίνεται ο τρόπος που δημιουργείται το ηλεκτρικό τόξο. Έχουμε μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται στο κενό που υπάρχει μεταξύ δύο μεταλλικών τεμαχίων. Το ένα ονομάζεται **ηλεκτρόδιο** και δημιουργεί το σπινθήρα και το άλλο ονομάζεται **μέταλλο βάσης** και αποτελείται από τα δύο προς συγκόλληση τεμάχια.

Το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο αρνητικός πόλος ονομάζεται **κάθοδος** και συμβολίζεται με το (-) ενώ το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο θετικός πόλος ονομάζεται **άνοδος** και συμβολίζεται με το (+). Όταν χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε ο ρόλος της καθόδου και της ανόδου αντιστρέφεται συνέχεια.



Σχήμα (6.1): Η αρχή λειτουργίας της ηλεκτροσυγκόλλησης

Στο μικρό διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης, δημιουργείται μία ισχυρά ιονισμένη ατμόσφαιρα αερίου. Το αέριο το οποίο βρίσκεται σ' αυτή την κατάσταση ονομάζεται **πλάσμα**. Μέσω της στήλης του πλάσματος διατηρείται το τόξο.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σημείο επαφής του ηλεκτρικού τόξου με το μέταλλο βάσης υπερβαίνει τους 2400°C. Εκεί δημιουργείται το **λουτρό συγκόλ-**

λησης, δηλαδή μία περιοχή από τηγμένο μέταλλο, η οποία, όταν στερεοποιηθεί, προκαλεί τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων. Μετακινώντας το ηλεκτρόδιο κατά μήκος της γραμμής επαφής των τεμαχίων, επιτυγχάνεται η συγκόλλησή τους.

Το ηλεκτρικό τόξο συντηρείται από μόνο του, αρκεί να μην απομακρυνθεί πολύ το ηλεκτρόδιο από το μέταλλο βάσης. Για την έναρξή του όμως, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές. Οι πλέον διαδεδομένες είναι οι εξής:

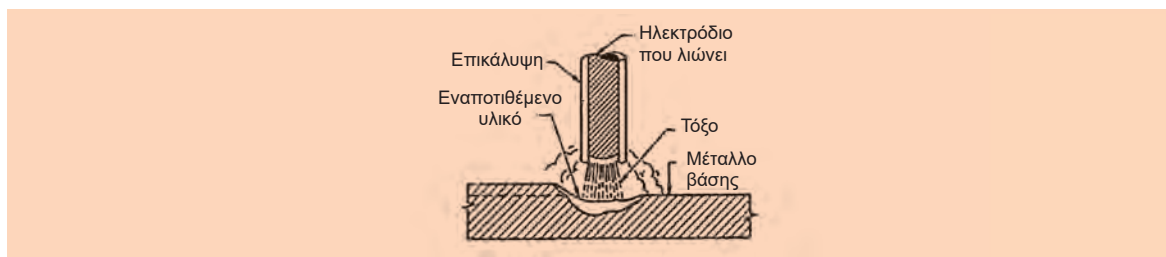
- Με τη στιγμιαία επαφή και απομάκρυνση του ηλεκτροδίου με το μέταλλο βάσης
- Με μία στιγμιαία υψηλή τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης

6-2. Η προσθήκη υλικού στο σημείο συγκόλλησης

Για να επιτευχθεί καλή συγκόλληση, προσθέτουμε μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης. Το μέταλλο που προστίθεται, συνήθως είναι παρόμοιας χημικής σύστασης με το μέταλλο βάσης. Η ανάμειξη του μετάλλου βάσης με το κατάλληλο προστιθέμενο μέταλλο, δημιουργεί τις προϋποθέσεις, ώστε, μετά την πήξη, να προκύψει η κρυσταλλική δομή, με τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες. Η προσθήκη μετάλλου στο σημείο συγκόλλησης γίνεται με τους εξής τρόπους:

(α) Χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο που λιώνει

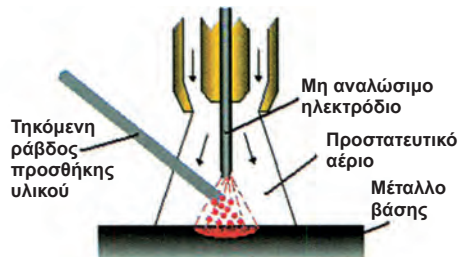
Το ηλεκτρόδιο σ' αυτή την περίπτωση είναι αναλώσιμο. Χρησιμοποιείται υπό τη μορφή ράβδων επικαλυμμένων με ειδική πάστα, ή υπό τη μορφή συρμάτων. Ο τρόπος αυτός φαίνεται στο σχήμα (6.2).



Σχήμα (6.2): (α) Η συγκόλληση με ηλεκτρόδιο που λιώνει (β) Χρησιμοποιώντας ένα υλικό πλήρωσης

(β) Χρησιμοποιώντας ένα υλικό πλήρωσης

Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (6.3) και θυμίζει τον τρόπο που προστίθεται το υλικό στην οξυγονοκόλληση. Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από μία ράβδο που την κρατάει με το ένα χέρι ο ηλεκτροσυγκολλητής, ενώ με το άλλο κρατάει την **τσιμπίδα**.



Σχήμα (6.3): Ηλεκτροσυγκόλληση με υλικό πλήρωσης

Το ηλεκτρόδιο είναι μέσα στην τσιμπίδα, αλλά μόνο η άκρη του είναι ορατή, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.4). Το ηλεκτρόδιο στην περίπτωση αυτή δεν καταναλώνεται και ονομάζεται **μη αναλώσιμο**¹.



Σχήμα (6.4): Το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο στην άκρη της τσιμπίδας

6-3. Η προστασία της ηλεκτροσυγκόλλησης από την ατμόσφαιρα

Το λιωμένο μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης αντιδρά με τον ατμοσφαιρικό αέρα και δημιουργούνται χημικές ενώσεις του οξυγόνου (οξειδία) και του αζώτου (νιτρίδια). Το πλέον όμως, επικίνδυνο είναι η εισροή υδρογόνου στο μέταλλο που προέρχεται από τη διάσπαση του νερού που υπάρχει σε μορφή υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές ενώσεις και η παρουσία του υδρογόνου μειώνουν πολύ την ποιότητα του μετάλλου στην ένωση.

Για να αποφευχθούν τα παραπάνω, απαιτείται μία κατάλληλη προστασία γύρω από το λουτρό συγκόλλησης η οποία επιτυγχάνεται με έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους:

(α) Με την παρουσία ειδικής πάστας

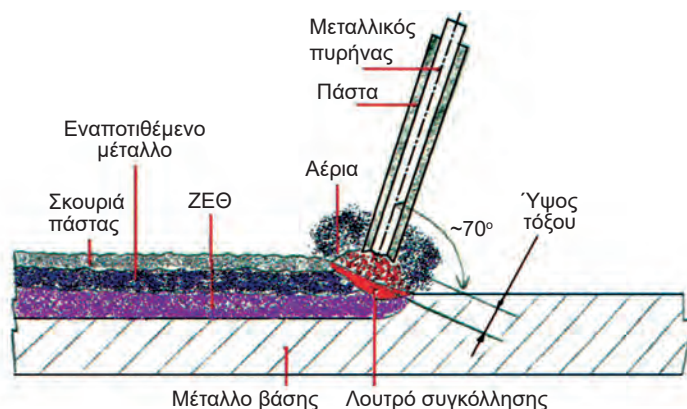
Η πάστα² αποτελείται από υλικά που λιώνουν, καίγονται ή εξατμίζονται γύρω από το λουτρό συγκόλλησης, όπως φαίνεται και στο σχήμα (6.5). Με τον τρόπο αυτό

1. Ο αγγλικός όρος για το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο είναι **tungsten** (που σημαίνει βολφράμιο).

2. Η πάστα των ηλεκτροδίων στην αγγλική ονομάζεται **flux** (φλάξ)

δημιουργείται μία προστατευτική κρούστα πάνω από τη συγκόλληση και μία αδρανής ατμόσφαιρα γύρω από το τόξο. Έτσι εμποδίζεται η επαφή του λουτρού συγκόλλησης με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Υπάρχουν τρεις τρόποι με τους οποίους η πάστα έρχεται σε επαφή με το λουτρό συγκόλλησης:

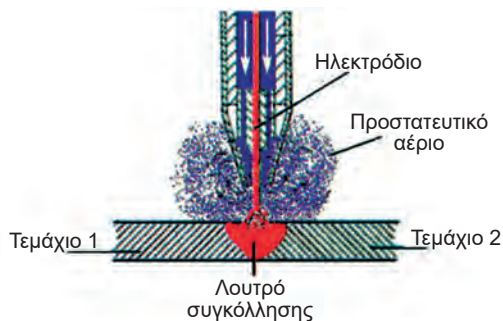


Σχήμα (6.5): Προστασία συγκόλλησης με τη χρήση επενδυμένου ηλεκτροδίου

- Με την επένδυση των ηλεκτροδίων με πάστα
- Μέσω σωληνωτών ηλεκτροδίων που έχουν εσωτερικά την πάστα
- Ρίχνοντας την πάστα χύμα πάνω στο λουτρό συγκόλλησης

(β) Με την παρουσία προστατευτικού αερίου

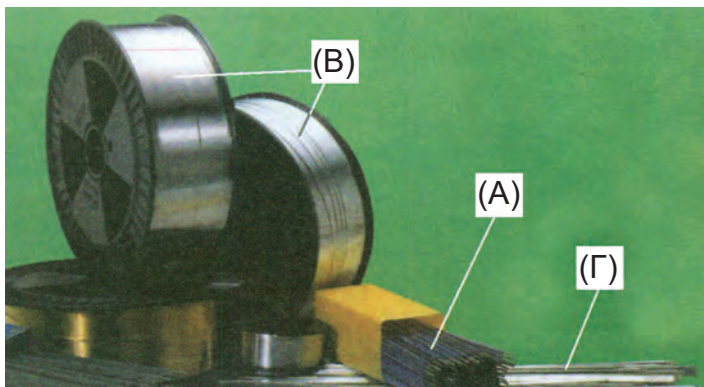
Μέσω ειδικών στομιών της τσιμπίδας διοχετεύεται προστατευτικό αέριο το οποίο δημιουργεί την κατάλληλη ατμόσφαιρα γύρω από το λουτρό συγκόλλησης. Η μέθοδος αυτή φαίνεται στο σχήμα (6.6). Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανοικτό χώρο, επειδή το προστατευτικό αέριο παρασύρεται από τον αέρα.



Σχήμα (6.6): Προστασία συγκόλλησης με εκτόξευση αερίου υπό πίεση

6-4. Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου

Στις δύο προηγούμενες παραγράφους αναφέραμε τις μεθόδους προσθήκης του υλικού στο λουτρό συγκόλλησης και τις μεθόδους προστασίας του λουτρού συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Αυτές οι τεχνικές, συνδυαζόμενες μεταξύ τους, διαμορφώνουν τα **έξι** (6) βασικά είδη ηλεκτροσυγκόλλησης, που φαίνονται στον πίνακα (6-1). Στο σχήμα (6.7) βλέπουμε τα είδη των αναλωσίμων υλικών.



Σχήμα (6.7): Τα αναλώσιμα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων: (Α) Επενδυμένα ηλεκτρόδια (MMA) (Β) Σύρματα (MIG/MAG, FCAW) (Γ) Ράβδοι (TIG)

Πίνακας (6-1): Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου (ηλεκτροσυγκολλήσεων)

Ονομασία (προφορά)	Προσθήκη υλικού με:	Προστασία από την ατμόσφαιρα με:	Επεξηγηματική ονομασία
MMA (εμ-εμ-εί)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, εξωτερικά του ηλεκτροδίου	Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια
MIG/MAG (μίγκ-μάγκ)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος σε προστατευτική ατμόσφαιρα
FCAW (εφ-σι-άου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα εσωτερικά του ηλεκτροδίου + (ενδεχομένως) προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση σωληνωτού σύρματος γεμισμένου με πάστα
TIG (τίγκ)	Ράβδο	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα
SAW ³ (ζάου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, σε μορφή χύμα, που πέφτει πάνω στο λουτρό συγκόλλησης	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
PAW ⁴ (πάου)	Ράβδο	Προστατευτικό αέριο, μέρος του οποίου είναι σε ιονισμένη μορφή (πλάσμα)	Συγκόλληση πλάσματος

3. Χρησιμοποιείται σπάνια και μόνο σε αυτόματες διαδικασίες.

4. Προς το παρόν ελάχιστα εφαρμόζεται, αλλά ενδέχεται να επεκταθεί η χρήση της.

6-5. MMA - Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια

Η MMA⁵ είναι μία καθαρά χειρωνακτική διαδικασία. Εκτελείται με ηλεκτρόδια επενδυμένα με την ειδική πάστα. Αποκαλούνται **επενδυμένα ηλεκτρόδια** ή για συντομία **ηλεκτρόδια**⁶.



Σχήμα (6.8): Ηλεκτροσυγκόλληση MMA

Για να εκτελεστεί συγκόλληση MMA, πρέπει η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης να εξασφαλίζει ότι το τόξο της ηλεκτροσυγκόλλησης θα διαρρέεται από **σταθερή ένταση ρεύματος**, η οποία συμβολίζεται ως **CC**⁷. Π.χ. ρυθμίζουμε ότι η ηλεκτροσυγκόλληση θα γίνει με ρεύμα 200 A. Η εξωτερική εμφάνιση αυτών των μηχανών είναι όπως στο σχήμα (6.9).



Σχήμα (6.9): Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης CC, προοριζόμενες για MMA (A): Μικρής ισχύος, φορητή (B): Μεγάλης ισχύος, τροχήλατη

5. **MMA** = **Manual Metal Arc**. Χρησιμοποιείται γι' αυτήν και η ονομασία **SMAW** (**Shielded Metal Arc Welding**), ιδίως στην αμερικάνικη βιβλιογραφία

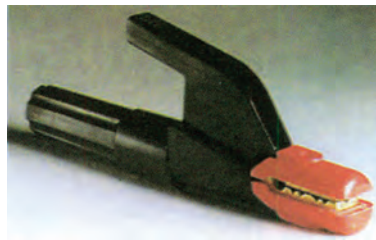
6. Ο αγγλικός όρος των επενδυμένων ηλεκτροδίων είναι **sticks**, ενώ ο όρος **electrode** (ηλεκτρόδιο), συνήθως, αναφέρεται γενικά σε όλα τα είδη ηλεκτροδίων.

7. **CC** = **Constant Current**

Η τσιμπίδα που χρησιμοποιείται κατά τη MMA, φαίνεται στο σχήμα (6.10) και η μορφή των επενδυμένων ηλεκτροδίων στο σχήμα (6.11).

Τα πλεονεκτήματα της MMA είναι:

- Είναι κατάλληλη και για συγκολλήσεις σε υπαίθριο χώρο.
- Ο εξοπλισμός είναι χαμηλού κόστους.
- Υπάρχει ποικιλία ηλεκτροδίων για όλες τις εφαρμογές.
- Το κόστος ανά μέτρο ραφής, είναι το μικρότερο από όλα τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Αλλάζουμε εύκολα την ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν π.χ. μετά από ανθρακούχο χάλυβα χρειαστεί να συγκολλήσουμε ανοξείδωτο χάλυβα, απλά αλλάζουμε το ηλεκτρόδιο.



Σχήμα (6.10): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης MMA



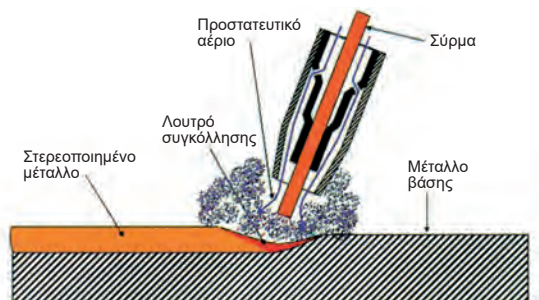
Σχήμα (6.11): Η μορφή επενδυμένων ηλεκτροδίων. Ο διαφορετικός χρωματισμός οφείλεται στο διαφορετικό είδος της πάστας.

Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Δεν έχει μεγάλη παραγωγικότητα.
- Τα πολύ λεπτά ελάσματα συγκολλώνονται δύσκολα.
- Ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να έχει αρκετή εκπαίδευση και να διαθέτει πείρα.

6-6. MIG/MAG - Συγκόλληση με συμπαγές σύρμα

Αυτή γίνεται με συμπαγές σύρμα κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα κάποιου αερίου. Όταν το αέριο είναι αδρανές (π.χ. Ήλιο, Αργό), τότε η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με την ονομασία **MIG**. Όταν το αέριο είναι δραστικό (π.χ. CO₂, άζωτο, μείγμα αργού και οξυγόνου κτλ.), τότε η διαδικασία ονομάζεται **MAG**. Γι' αυτό εφαρμόζεται ο όρος **MIG/MAG**⁸. Στην πράξη όμως, έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται σχεδόν μόνο ο όρος **MIG**.



Σχήμα (6.12): Η μέθοδος της συγκόλλησης σύρματος MIG/MAG

Κατά τη συγκόλληση MIG/MAG, πρέπει να υπάρχει **σταθερή τάση** του τόξου ηλεκτροσυγκόλλησης, η οποία συμβολίζεται ως **CV**⁹. Αυτή είναι η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ της άκρης του ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. **Κατά συνέπεια, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τάση τόξου, σε αντίθεση με τη MMA, όπου το ζητούμενο είναι η σταθερή ένταση.** Π.χ. ρυθμίζουμε ότι η ηλεκτροσυγκόλληση θα γίνει με τάση 22 V. Μηχανές CV για MIG/MAG βλέπουμε στο σχήμα (6.13). Προσέξτε ότι η βάση τους στο πίσω μέρος έχει υποδοχή για τη φιάλη του αερίου.



Σχήμα (6.13): Μηχανές CV προοριζόμενες για ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG

8. Χρησιμοποιείται, ακόμη, και ο όρος **GMAW** (**G**as **M**etal **A**rc **W**elding)

9. **CV** = **C**onstant **V**oltage

Η μορφή της τσιμπίδας MIG/MAG φαίνεται στο σχήμα (6.14) και ο τρόπος εκτέλεσης των ηλεκτροσυγκολλήσεων στο σχήμα (6.15). Η μορφή της ραφής φαίνεται στο σχήμα (6.16).



Σχήμα (6.14): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης MIG/MAG

Τα πλεονεκτήματα της MIG/MAG είναι:

- Η ευκολία με την οποία εκτελείται μία καλή ηλεκτροσυγκόλληση. Ακόμη και ένας νέος τεχνίτης μπορεί να κάνει καλές συγκολλήσεις.
- Η ευκολία συγκόλλησης ελασμάτων πολύ μικρού πάχους, μόλις 0,5-0,6 mm.
- Έχει μεγάλη παραγωγικότητα, ενδεικτικά 4 φορές μεγαλύτερη από τη MMA.

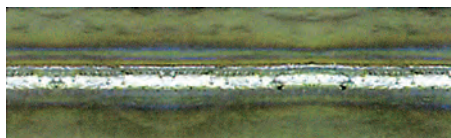


Σχήμα (6.15): Προσθήκη μετάλλου με σύρμα κατά τη MIG/MAG ή την FCAW

Μειονεκτήματα:

- Ο εξοπλισμός είναι δαπανηρός.
- Το κόστος ανά μέτρο ηλεκτροσυγκόλλησης είναι αρκετά μεγαλύτερο από τη MMA.
- Δεν εξασφαλίζει καλή συγκόλληση σε πάχη ελασμάτων μεγαλύτερα των 3,5 mm (παρ' όλον ότι χρησιμοποιείται).
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG μπορούν να γίνονται μόνο σε κλειστό χώρο, επειδή τα ρεύματα αέρα παρασύρουν το προστατευτικό αέριο.
- Υπάρχει δυσκολία στην αλλαγή της ποιότητας του προς συγκόλληση μετάλλου. Πρέπει να αλλαχτεί το καρούλι με το σύρμα και, ενδεχομένως, και η φιάλη του

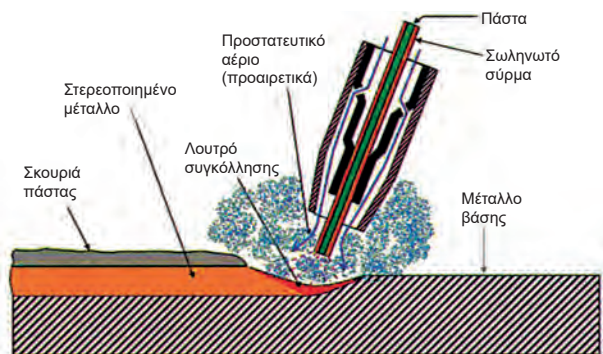
αερίου. Αν γίνει λάθος και ξετυλιχτεί το σύρμα, δεν τυλίγεται ξανά, το καρούλι είναι άχρηστο.



Σχήμα (6.16): Η ιδανική μορφή της ραφής σε ηλεκτροσυγκόλληση MIG

6-7. FCAW - Συγκόλληση με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα

Η διαφορά από τη MIG/MAG είναι στο ότι κατά την FCAW¹⁰ χρησιμοποιείται σύρμα που στο εσωτερικό του είναι κενό από μέταλλο (σωληνωτό σύρμα) και περιέχει πάστα. Αν και η σκουριά της πάστας παρέχει προστασία από την ατμόσφαιρα, συνήθως γίνεται και ταυτόχρονη χρήση αερίου. Η FCAW εφαρμόζεται κυρίως στις συγκολλήσεις χάλυβα και ανοξείδωτων χαλύβων. Εκτελείται με σταθερή τάση τόξου, όπως και η MIG/MAG.



Σχήμα (6.17): Η μέθοδος της συγκόλλησης σωληνωτού σύρματος FCAW

Σε σχέση με τη MIG/MAG παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

- Δεν προσφέρεται για συγκολλήσεις αλουμινίου.
- Το ελάχιστο πάχος στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 1,2 mm.
- Η αισθητική εμφάνιση των συγκολλήσεων υστερεί έναντι της MIG/MAG.
- Η επιτυχία μιας συγκόλλησης δεν είναι εύκολη, όπως στη MIG/MAG και ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει αρκετά πιο μεγάλη εμπειρία.

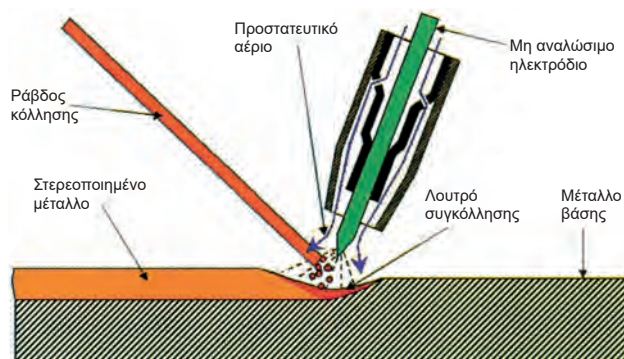
10. Η FCAW (Flux Cored Arc Welding), εκτός από «εφ-σι-αου», προφέρεται και ως «Φλαξ κόρντ».

Παρουσιάζει όμως και τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Είναι κατάλληλη και για μεγάλα πάχη ελασμάτων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υπαίθριους χώρους, με σύρματα που δε χρειάζονται προστατευτικό αέριο.

6-8. TIG - Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο

Στην **TIG¹¹** χρησιμοποιείται **μη αναλώσιμο** ηλεκτρόδιο κάτω από ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου. Η προσθήκη υλικού γίνεται με μορφή γυμνών ράβδων και είναι μία καθαρά χειρωνακτική εργασία. Αποτελεί όμως, την ιδανική λύση, όταν επιδιώκεται υψηλή ποιότητα συγκόλλησης και όχι ταχύτητα εκτέλεσης.



Σχήμα (6.18): Η μέθοδος εκτέλεσης της συγκόλλησης TIG

Για να εκτελεστεί συγκόλληση TIG, πρέπει η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης να είναι τύπου CC, δηλαδή να εξασφαλίζει ότι το τόξο ηλεκτροσυγκόλλησης θα διαρρέεται από σταθερή **ένταση** ρεύματος, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τη MMA. Η μορφή των μηχανών για TIG είναι όπως στο σχήμα (6.19). Η τσιμπίδα είναι όπως στο σχήμα (6.20) και ο τρόπος εκτέλεσης της συγκόλλησης είναι όπως στο σχήμα (6.21).

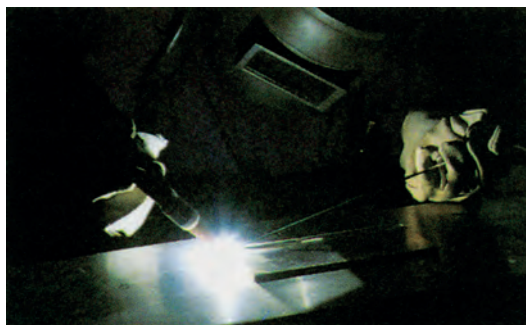


Σχήμα (6.19): Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης TIG

11. Αναφέρεται, επίσης, και με την ονομασία **GTAW** (Gas Tungsten Arc Welding)



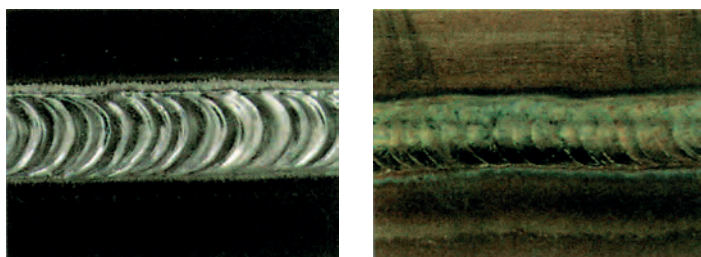
Σχήμα (6.20): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης TIG



Σχήμα (6.21): Ηλεκτροσυγκόλληση TIG

Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG επιτυγχάνεται ακόμη και χωρίς προσθήκη υλικού. Τα πλεονεκτήματά της έναντι των άλλων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης είναι:

- Η πολύ υψηλή ποιότητα της ραφής της ηλεκτροσυγκόλλησης. Συχνά, οι κρίσιμες ραφές για την αντοχή της συγκόλλησης, όπως η συγκόλληση της ρίζας, γίνονται με TIG.
- Η αισθητική εμφάνιση της ραφής είναι εξαιρετική, όπως βλέπουμε στο σχήμα (6.22).
- Μπορούν να συγκολληθούν οποιαδήποτε πάχη ελασμάτων.



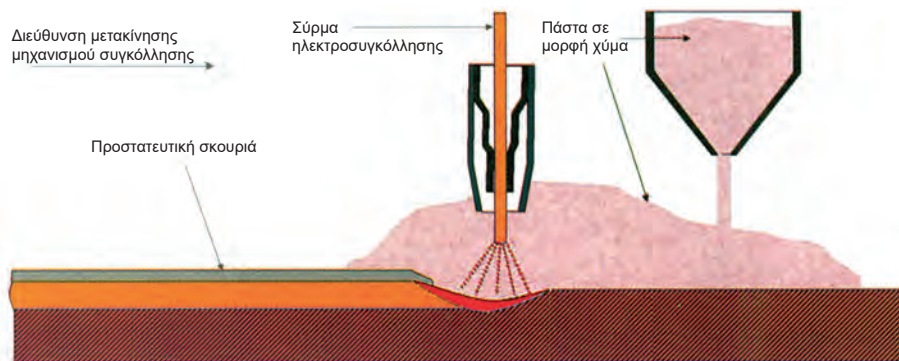
Σχήμα (6.22): Η μορφή της ραφής TIG: (Α) Σε αλουμίνιο (Β) Σε ανοξείδωτο χάλυβα πάχους μόλις 0,5 mm

Τα μειονεκτήματα της TIG είναι:

- Το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης του ηλεκτροσυγκολλητή
- Ο πολύ χαμηλός βαθμός παραγωγικότητας
- Η ενδεχόμενη ανάγκη αλλαγής της φιάλης αερίου, όταν χρειάζεται να αλλαχθούν τα προς συγκόλληση μέταλλα.

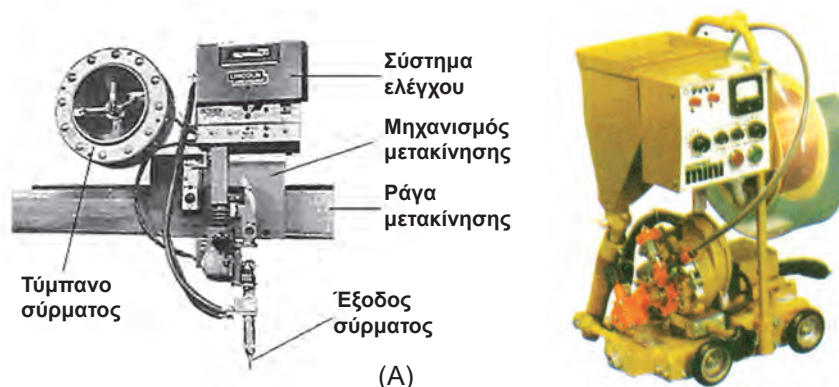
6-9. SAW - Συγκόλληση βυθισμένου τόξου

Η αρχή της λειτουργίας της **SAW**¹² φαίνεται στο σχήμα (6.23). Αποτελεί μια διαδικασία αυτόματης ηλεκτροσυγκόλλησης κατά την οποία χρησιμοποιείται σύρμα, ενώ η πάστα προστίθεται χύμα πάνω στην περιοχή που εκτελείται ηλεκτροσυγκόλληση. Δύο τύποι μηχανισμού ηλεκτροσυγκόλλησης με τη μέθοδο SAW φαίνεται στο σχήμα (6.24).



Σχήμα (6.23): Η αρχή λειτουργίας της συγκόλλησης βυθισμένου τόξου (SAW)

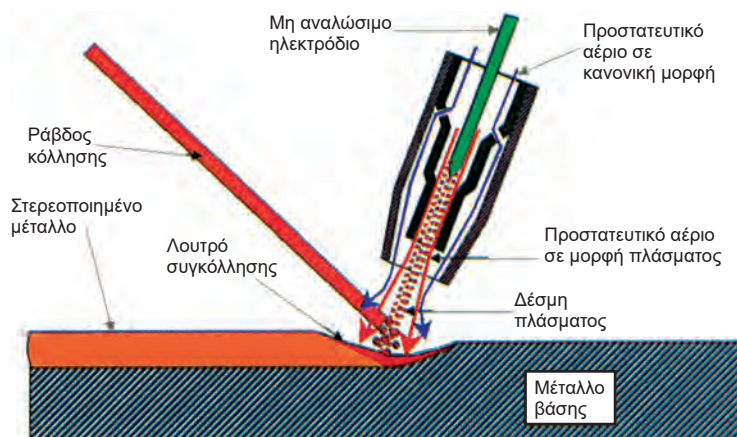
Το τόξο στη SAW δημιουργείται βυθισμένο μέσα στη μάζα της πάστας και δεν είναι ορατό από το χειριστή του μηχανήματος. Δε δημιουργούνται αναθυμιάσεις, αλλά ο χειριστής πρέπει να προσέχει να μην έρθει σε επαφή με την καυτή πάστα. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά μόνο για επίπεδη ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης. Η ποιότητα της ραφής είναι εξαιρετικά καλή.



Σχήμα (6.24): (Α) Μηχανισμός SAW μετακινούμενος σε ράγα (Β) Τροχήλατο σύστημα SAW

6-10. PAW - Ηλεκτροσυγκόλληση πλάσματος

Με τον όρο πλάσμα εννοούμε ιονισμένα αέρια, σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Το τόξο ηλεκτροσυγκόλλησης, όπως είδαμε, είναι μία στήλη πλάσματος. Όπως φαίνεται στο σχήμα (6.25), στην **PAW**¹³ το πλάσμα του τόξου λαμβάνει τη μορφή μιας πολύ στενής δέσμης (πλασμική δέσμη). Ενώ το κανονικό τόξο καταλήγει σε περιοχή με διάμετρο 5-10 mm, το τόξο στην PAW καταλήγει σε διάμετρο μόλις 1-2 mm, αναπτύσσοντας πολύ υψηλή θερμοκρασία.



Σχήμα (6.25): Η αρχή λειτουργίας της συγκόλλησης πλάσματος (PAW)



Σχήμα (6.26): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης πλάσματος

Ένα μέρος του προστατευτικού αερίου είναι σε μορφή πλάσματος και προστατεύει την πλασμική δέσμη. Γύρω από αυτό υπάρχει αέριο στην κανονική μορφή που προστατεύει το λουτρό συγκόλλησης. Το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο είναι εσωτερικά της τσιμπίδας (δεν προεξέχει).

Η μηχανή PAW ανήκει στην κατηγορία μηχανών CC. Τέτοια μηχανή βλέπουμε στο σχήμα (6.27). Συχνά αυτές οι μηχανές είναι κατάλληλες και για συγκολλήσεις TIG ή MMA. Το είδος της συγκόλλησης καθορίζεται μέσω επιλογέα.



Σχήμα (6.27): Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πλάσματος

Η μέθοδος συγκόλλησης μοιάζει με της TIG, αλλά έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η θερμοκρασία του πλάσματος είναι πολύ υψηλή. Αν η δέσμη μείνει ακίνητη, μπορεί να φθάσει ακόμη και τους 30000-35000°C, με αποτέλεσμα την ταχύτερη εναπόθεση του μετάλλου της ράβδου.

- Το στενό και μακρύ τόξο επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να βλέπει πολύ καλύτερα το σημείο της συγκόλλησης.

Μειονεκτήματα σε σχέση με την TIG:

- Ο πολύ ακριβός εξοπλισμός
- Το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης που πρέπει να έχει ο χειριστής.

6-11. Οι χρησιμοποιούμενες μορφές του ηλεκτρικού ρεύματος

Σε κάθε μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης υπάρχουν δύο ηλεκτρικές τάσεις:

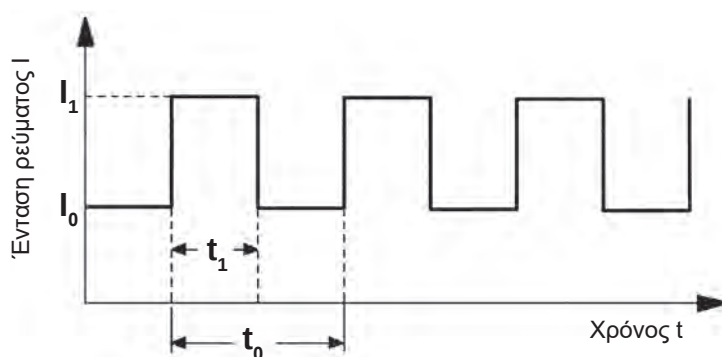
- Η τάση του δικτύου της ΔΕΗ ή **πρωτεύουσα τάση** και είναι εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα (AC). Σε μονοφασική μηχανή είναι 230 V και σε τριφασική 400 V.
- Η τάση εξόδου από τη μηχανή ή **δευτερεύουσα τάση, με την οποία εκτελείται η ηλεκτροσυγκόλληση**. Όταν δεν εκτελείται ηλεκτροσυγκόλληση, είναι συνήθως 50-90 V.

Η δευτερεύουσα τάση μπορεί να είναι:

- **Συνεχές ρεύμα (DC)**. Στην περίπτωση αυτή έχει **πολύ μεγάλη σημασία** αν το ηλεκτρόδιο θα είναι στο (+) ή στο (-).
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)**
- **Παλμικό ρεύμα**

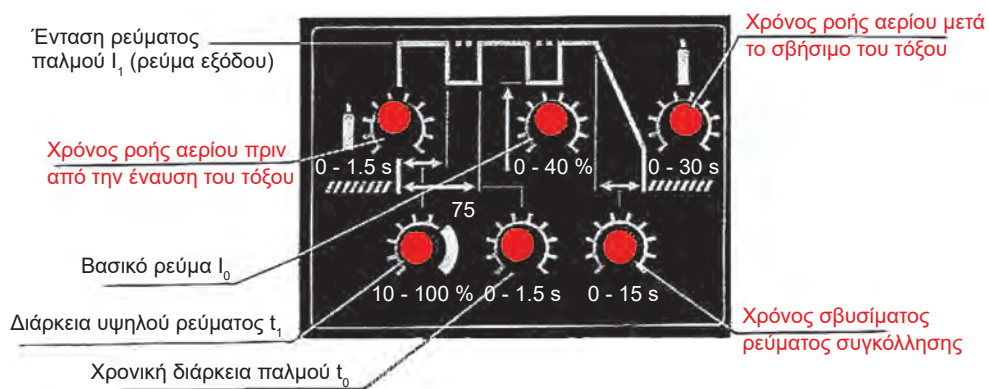
Τα ρεύματα DC και AC είναι γνωστά από το μάθημα της ηλεκτρολογίας. Θα περιγράψουμε εδώ μόνο το παλμικό ρεύμα. Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στο σχήμα (6.28):

- I_1 : Ένταση ρεύματος παλμού (η ρύθμιση του ρεύματος εξόδου της μηχανής)
- I_0 : Βασικό ρεύμα, που συνήθως ρυθμίζεται ως % του I_1
- t_0 : Χρονική διάρκεια παλμού
- t_1 : Χρονική διάρκεια της υψηλής έντασης του ρεύματος, συνήθως % του t_0



Σχήμα (6.28): Χαρακτηριστικά παλμικού ηλεκτρικού ρεύματος

Στο σχήμα (6.29) φαίνονται τα παραπάνω στον πίνακα ελέγχου μιας μηχανής TIG.



Σχήμα (6.29): Τμήμα από τον πίνακα ελέγχου μηχανής TIG. Διακρίνονται οι παράμετροι ρύθμισης του παλμικού ηλεκτρικού ρεύματος.

6-12. Πότε χρησιμοποιείται η κάθε μορφή ηλεκτρικού ρεύματος

Το κάθε είδος ηλεκτροσυγκόλλησης, καθώς και το κάθε ηλεκτρόδιο, απαιτεί το κατάλληλο είδος ηλεκτρικής παροχής. Οι κατασκευαστές αναλωσίμων υλικών

ηλεκτροσυγκόλλησης (ηλεκτροδίων, συρμάτων κτλ.) αναφέρουν στη συσκευασία τις μορφές του ρεύματος που μπορούν να εφαρμοστούν. Ενδέχεται όμως ένα ηλεκτρόδιο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με περισσότερα από ένα είδη ηλεκτρικού ρεύματος και ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να έχει την απαραίτητη τεχνογνωσία για να κάνει τη σωστή επιλογή. Σε βασικές γραμμές ισχύουν τα εξής:

(α) Επιλογή της κατάλληλης παροχής ηλεκτρικού ρεύματος

- Το **συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα** είναι κατάλληλο **για όλες σχεδόν** τις περιπτώσεις.
- Το **εναλλασσόμενο ρεύμα** χρησιμοποιείται κατά τη MMA, **όταν επιδιώκουμε μεγάλη εναπόθεση μετάλλου** ή όταν η επένδυση των ηλεκτροδίων **περιέχει σιδηρόσκονη**.
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα** χρησιμοποιείται και στην περίπτωση που παρουσιαστεί **μαγνητικό φύσημα** (θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο).
- **Παλμικό ρεύμα** χρησιμοποιείται στην TIG αλλά το συναντάμε και στη MIG/MAG.

(β) Επιλογή της πολικότητας, όταν έχουμε ρεύμα DC

Η κάθοδος (-) έχει θερμοκρασία περίπου 2500AC, ενώ η άνοδος (+) έχει θερμοκρασία περίπου 3500°C. Για το λόγο αυτό, έχει σημασία αν θα έχουμε το (+) ή το (-) στο ηλεκτρόδιο ή στο μέταλλο βάσης. Γενικά ισχύουν τα εξής:

- Αν επιδιώκουμε μεγάλη τήξη στο μέταλλο βάσης με σκοπό την καλή ανάμειξη, τότε έχουμε το (+) στο μέταλλο βάσης και το (-) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **κανονική ή άμεση ή αρνητική** πολικότητα. Οι περισσότερες συγκολλήσεις ανθρακούχων χαλύβων ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία. Συμβολίζεται ως **DCEN¹⁴** ή **DC-**.
- Αν θέλουμε να **μην** έχουμε έντονη ανάμειξη μετάλλου βάσης και μετάλλου ηλεκτροδίου, έχουμε το (-) στο μέταλλο βάσης και το (+) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **αντίθετη ή θετική** πολικότητα. Τέτοια περίπτωση π.χ. είναι η αναγόμευση χαλύβων. Εφαρμόζεται, επίσης, όταν δε θέλουμε να περιοριστεί η ΖΕΘ (π.χ. ειδικοί χάλυβες), ή όταν επιδιώκεται μεγάλη εναπόθεση μετάλλου. Συμβολίζεται ως **DCEP¹⁵** ή **DC+**.

6-13. Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης

Υπάρχουν τα εξής είδη μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης:

- Οι **μηχανές CC** που παρέχουν σταθερή ένταση ρεύματος τόξου. Διακρίνονται σε:
⇒ **μηχανές MMA**
⇒ **μηχανές TIG**

14. **DCEN** = **DC** Electrode **N**egative

15. **DCEP** = **DC** Electrode **P**ositive

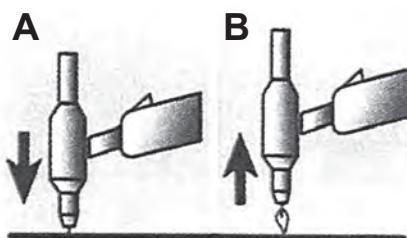
- Οι **μηχανές CV** που εξασφαλίζουν **σταθερή τάση τόξου** και χρησιμοποιούνται στη **MIG/MAG** και στην **FCAW**.

- Οι **μηχανές CC/CV** οι οποίες **υποστηρίζουν** και τις δύο περιπτώσεις.

Η τάση που μετρείται μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης όταν **δεν εκτελείται συγκόλληση** (όταν δεν υπάρχει τόξο) είναι η **τάση εν κενώ** που συνήθως κυμαίνεται από 50 μέχρι 90 V. Η τάση αυτή πέφτει, μόλις γίνει έναυση του τόξου ηλεκτροσυγκόλλησης.

(α) Μηχανές CC για MMA

Ο χειριστής επιλέγει αν το ηλεκτρικό ρεύμα που εξέρχεται θα είναι συνεχές (DC), η εναλλασσόμενο (AC). Συνήθως είναι σε θέση να εκτελέσουν και ηλεκτροσυγκολήσεις TIG (η αλλαγή από MIG σε TIG γίνεται μέσω επιλογέα) αλλά με έναυση του τόξου με επαφή, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.30). Ο τρόπος αυτός έναυσης του τόξου **δεν** είναι ο ιδανικός. Η μέθοδος έναυσης του τόξου στην TIG έχει μεγάλη σημασία στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.



Σχήμα (6.30): Έναυση τόξου TIG με επαφή

(β) Μηχανές CC για TIG

Είναι ειδικά σχεδιασμένες για TIG αλλά σχεδόν πάντα είναι κατάλληλες και για MMA. Παρέχουν ρεύμα DC ή εναλλασσόμενο υψηλής συχνότητας που συμβολίζεται ως **ACHF**¹⁶ ή παλμικό ρεύμα. Τα τελευταία δύο είδη είναι ιδανικά για την TIG.

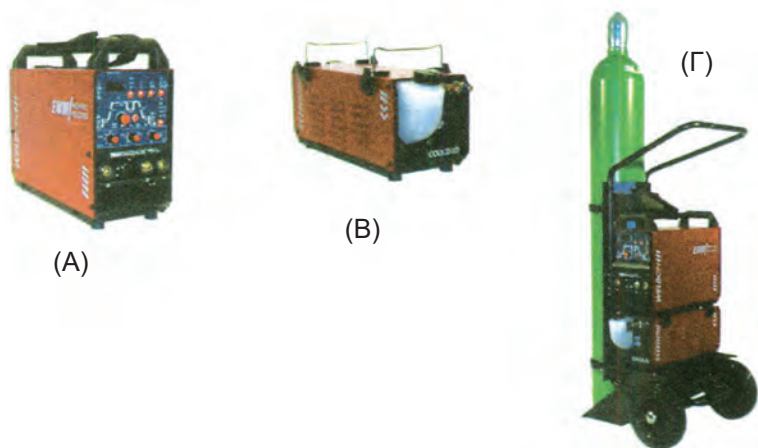
Οι μηχανές TIG διαφέρουν από τις μηχανές MMA ως προς τη μέθοδο με την οποία γίνεται η έναυση του τόξου. Αυτή, στην TIG, γίνεται πάντα με ACHF, ακόμη και όταν η συγκόλληση εκτελείται με DC (η αλλαγή από ACHF σε DC γίνεται αυτόματα). Το ηλεκτρόδιο δεν έρχεται σε επαφή με το μέταλλο βάσης.

Στις μεγάλες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος, χρησιμοποιούνται συστήματα με υδρόψυκτη τσιμπίδα, η διαφορά της οποίας από την αερόψυκτη φαίνεται στο σχήμα (6.31). Η μορφή ενός συγκροτήματος TIG, με υδρόψυκτη τσιμπίδα, φαίνεται στο σχήμα (6.32). Η σύνδεση της υδρόψυκτης τσιμπίδας πάνω στη μηχανή TIG φαίνεται στο σχήμα (6.33).

16. **ACHF** = **AC High Frequency**



Σχήμα (6.31): (Α) Αερόψυκτη τσιμπίδα TIG (Β) Υδρόψυκτη τσιμπίδα



Σχήμα (6.32): Υδρόψυκτο σύστημα TIG: (Α) Μηχανή TIG (Β) Ψύκτης νερού (Γ) Τα Α+Β μαζί με τη φιάλη του προστατευτικού αερίου, σε ενιαίο συγκρότημα

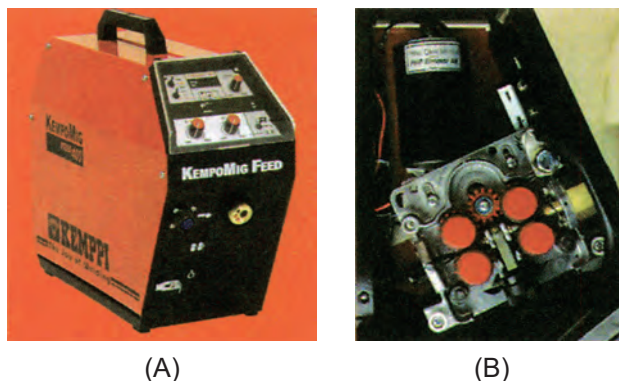


Σχήμα (6.33): Η σύνδεση υδρόψυκτης τσιμπίδας TIG πάνω στη μηχανή

(γ) Μηχανές CV για MIG/MAG και FCAW

Αυτές είναι κατάλληλες τόσο για MIG/MAG όσο και για FCAW. Οι μηχανές CV χρησιμοποιούνται μαζί με έναν τροφοδότη σύρματος. Οι μικρές (φορητές) μηχανές έχουν ενσωματωμένο ένα μικρό τροφοδότη σύρματος, περιορισμένων δυνατοτήτων.

Οι μεγάλες μηχανές συνεργάζονται με έναν ανεξάρτητο τροφοδότη σύρματος, όπως αυτός που φαίνεται στο σχήμα (6.34). Η προώθηση του σύρματος γίνεται μέσω κατάλληλου μηχανισμού με ράουλα. Η σύνδεση της μηχανής με τον τροφοδότη φαίνεται στο σχήμα (6.35).

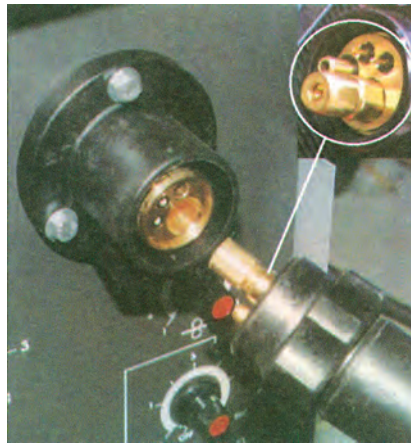


Σχήμα (6.34): (A) Τροφοδότης σύρματος για MIG/MAG (B) Το σύστημα με τα ράουλα προώθησης σύρματος



Σχήμα (6.35): (A) Τροφοδότης σύρματος τοποθετημένος πάνω στη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης (B) Σε απόσταση από τη μηχανή

Η προσαρμογή της τσιμπίδας MIG/MAG γίνεται με ειδικό κονέκτορα (πρίζα), τον οποίο βλέπουμε στο σχήμα (6.36). Για τις μεγάλες εντάσεις ρεύματος, υπάρχουν υδρόψυκτες τσιμπίδες, που διαθέτουν επιπλέον ρακόρ για τη σύνδεση τους με τη μονάδα ψύξης.



Σχήμα (6.36): Κονέκτορας σύνδεσης τσιμπίδας MIG/MAG

(δ) Μηχανές CC/CV ή μηχανές πολλαπλών χρήσεων

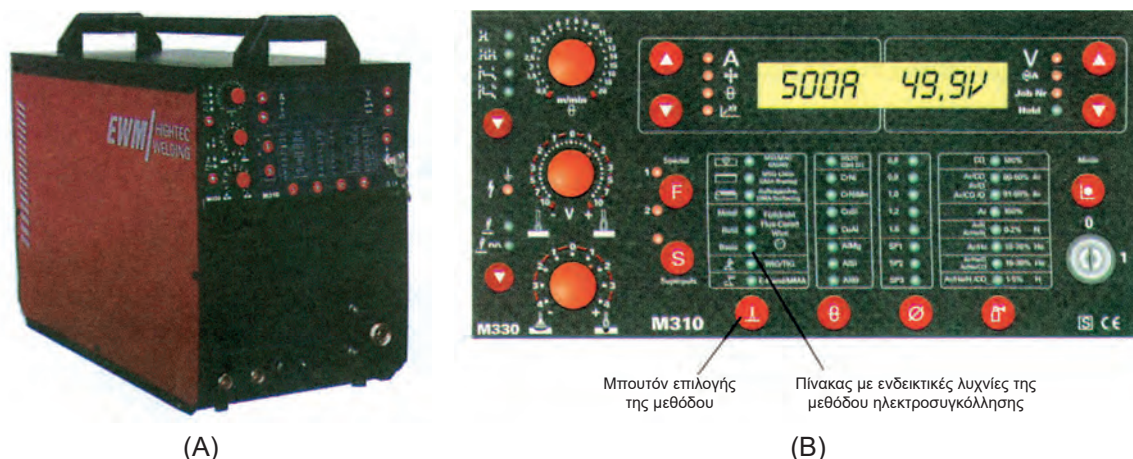
Είναι κατάλληλες για την εκτέλεση όλων σχεδόν των ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης, λόγω της δυνατότητάς τους να ρυθμίζουν όλες τις παραμέτρους και, κυρίως, αν θα γίνει η ηλεκτροσυγκόλληση κάτω από συνθήκες CC ή CV (με επιλογή). Δηλαδή με μία και μοναδική μηχανή είναι δυνατόν να γίνονται ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG, TIG, FCAW και MMA.

Υπάρχουν μικρές, φορητές τέτοιες μηχανές, όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα (6.37), καθώς και μεγάλες, εξαιρετικών δυνατοτήτων, όπως αυτή του σχήματος (6.38),



Σχήμα (6.37): Μικρή φορητή μηχανή CC/CV κατάλληλη για MMA, MIG/MAG, FCAW, TIG

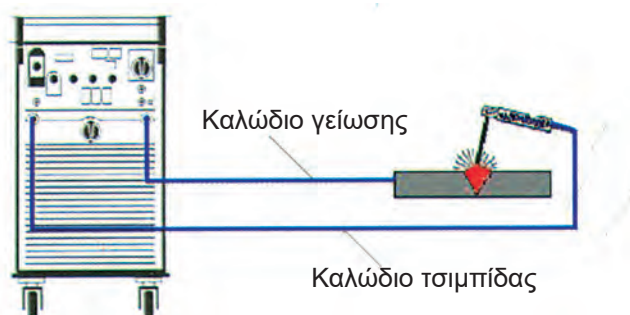
οι οποίες συχνά διαθέτουν πληθώρα ρυθμίσεων που διευκολύνουν πολύ τον ηλεκτροσυγκολλητή.



Σχήμα (6.38): (Α) Μηχανή πολλών χρήσεων CC/CV με επιλογή MMA-TIG-MIG (περιέχει και τροφοδότη σύρματος) (Β) Ο πίνακας ελέγχου της μηχανής σε μεγέθυνση (περιέχει πλήθος επιλογών)

6-14. Η σύνδεση με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης

Για να κλείσει το κύκλωμα του ηλεκτρικού ρεύματος, απαιτούνται δύο καλώδια, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.39).



Σχήμα (6.39): Η σύνδεση με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης

Η μορφή των καλωδίων φαίνεται στο σχήμα (6.40). Από τη μία πλευρά τα καλώδια συνδέονται με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης και από την άλλη το ένα συνδέεται με την τσιμπίδα και το άλλο με το μέταλλο βάσης.



Σχήμα (6.40): Τα καλώδια της ηλεκτροσυγκόλλησης

Τα καλώδια συνδέονται με ταχυσυνδέσμους και με ακροδέκτες. Στο σχήμα (6.41) βλέπουμε τέτοια εξαρτήματα. Πάνω στη μηχανή υπάρχουν δύο ταχυσύνδεσμοι, όπως ο (Δ), στους οποίους συνδέονται τα καλώδια με τον ακροδέκτη (Γ). Όταν χρειάζεται μεγαλύτερο μήκος καλωδίου, η ένωση (μάτιση) θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά και να είναι μονωμένη. Το καλύτερο είναι να γίνεται με αρσενικό-θηλυκό ταχυσυνδέσμους καλωδίων (B+Γ).



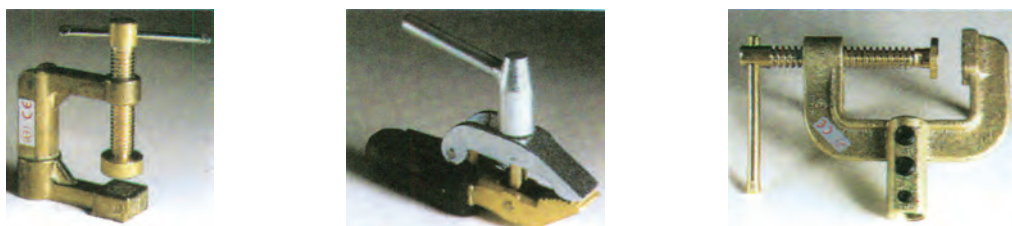
Σχήμα (6.41): Εξαρτήματα σύνδεσης καλωδίων: (Α) Ακροδέκτες (Β) Ταχυσύνδεσμος καλωδίων θηλυκός (Γ) Ταχυσύνδεσμος καλωδίων αρσενικός (Δ) Ταχυσύνδεσμος μηχανής

Η σύνδεση με το μέταλλο βάσης γίνεται με το «σώμα γείωσης». Δεν πρόκειται όμως για πραγματική γείωση, αφού πουθενά δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση με τη γη. Πρόκειται απλά για το σημείο σύνδεσης με τον έναν από τους δύο αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος, που έχει καθιερωθεί να ονομάζεται «γείωση». Η μορφή των σωμάτων γείωσης είναι η ίδια σε όλα τα είδη συγκόλλησης. Σώματα γείωσης φαίνονται στο σχήμα (6.42).



Σχήμα (6.42): Διάφορες μορφές σωμάτων γείωσης

Υπάρχουν ακόμη και τα σώματα γείωσης πάγκου, που φαίνονται στο σχήμα (6.43) με τα οποία γειώνεται μόνιμα ένας μεταλλικός πάγκος εργασίας. Κάθε μεταλλικό αντικείμενο που είναι πάνω στον πάγκο βρίσκεται αυτόματα συνδεδεμένο με τη μηχανή της ηλεκτροσυγκόλλησης.



Σχήμα (6.43): Σώματα γείωσης πάγκου (σφιγκτήρες γείωσης)

6-15. Τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση

Στον πίνακα (6-2) αναφέρονται οι πιο χρήσιμοι τεχνικοί όροι ηλεκτροσυγκόλλησης. Προσέξτε ότι η MMA αναφέρεται και ως **SMAW** (εσ-εμ-άου), η MIG/MAG ως **GMAW** και η TIG ως **GTAW**. Για συντομία το W συχνά παραλείπεται π.χ. **GMA** (τζέι-εμ-ει) αντί για GMAW.

Πίνακας (6-2): Τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση			
A/A	Τεχνικός Όρος	Ανάλυση στην Αγγλική	Χρήση του όρου
1	MMA SMAW (ή SMA)	Manual Metal Arc Shielded Metal Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο
2	MIG MAG GMAW (ή GMA)	Metal Inert Gas Metal Active Gas Gas Metal Arc Welding	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
3	FCAW (ή FCA)	Flux Cored Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα
4	TIG GTAW (ή GTA)	Tungsten Inert Gas Gas Tungsten Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
5	SAW	Submerged Arc Welding	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
6	PAW	Plasma Arc Welding	Συγκόλληση τόξου πλάσματος
7	CV CC CC/CV	Constant Voltage Constant Current	Σταθερή ηλεκτρική τάση Σταθερή ένταση ρεύματος Με επιλογή CC ή CV
8	DCEN, DC- DCEP, DC+ ACHF	DC Electrode Negative (straight polarity) (negative polarity) DC Electrode Positive (inverse polarity) (positive polarity) AC High Frequency	Ρεύμα DC, το ηλεκτρόδιο στο – (άμεση ή κανονική πολικότητα) (αρνητική πολικότητα) Ρεύμα DC, το ηλεκτρόδιο στο + (αντίθετη πολικότητα) (θετική πολικότητα) Ρεύμα AC υψηλής συχνότητας

6-16. Οι κίνδυνοι και τα μέτρα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, εκτός από την ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης, οφείλει να προσέχει και την ασφάλειά του. Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να φροντίζει είναι τα εξής:

(α) Η προστασία της όρασης και του προσώπου

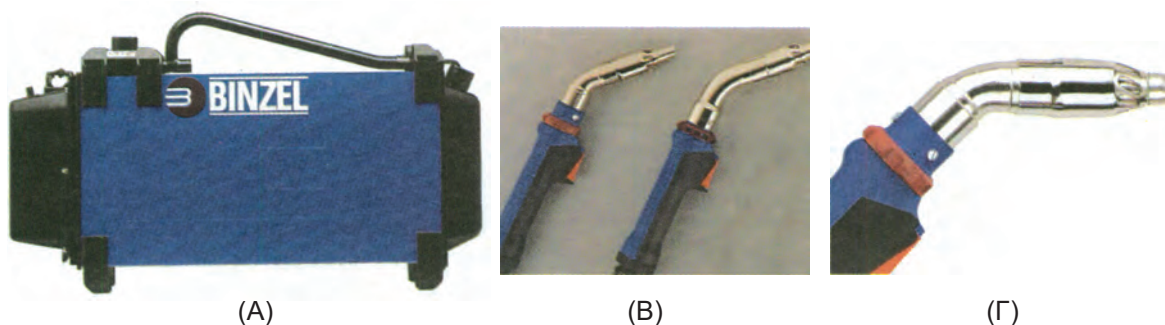
Το μέτρο προστασίας που πάντα λαμβάνεται είναι η μάσκα. Χωρίς αυτή είναι αδύνατη η οποιαδήποτε ηλεκτροσυγκόλληση. Λαμβάνεται όμως με το σωστό τρόπο; Συνήθως όχι! Η επιλογή της κατάλληλης μάσκας δεν είναι και τόσο απλή υπόθεση, όπως θα δούμε παρακάτω.

(β) Οι αναθυμιάσεις

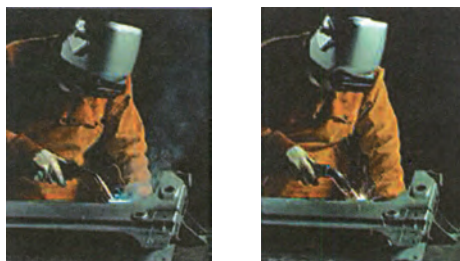
Οι αναθυμιάσεις και ο καπνός είναι μικροσκοπικά αιωρούμενα σωματίδια. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση του σιδήρου, αποτελούνται κυρίως από οξείδια του σιδήρου, αλλά ενδέχεται να υπάρχουν και οξείδια άλλων μετάλλων. Η ποσότητα των αναθυμιάσεων κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν είναι μεγάλη και ισχύει ο κανόνας:

Όταν οι ηλεκτροσυγκολλήσεις γίνονται σε ανοικτό χώρο, δεν είναι απαραίτητο να γίνεται η απομάκρυνση του καπνού.

Σε κλειστούς, όμως, χώρους, η προστασία από τον καπνό δεν πρέπει να αγνοείται και πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικός απορροφητήρας. Υπάρχουν διάφορων ειδών απορροφητήρες. Ιδιαίτερα αποτελεσματικοί είναι αυτοί που συνδέονται με ειδικές τσιμπίδες που αναρροφούν τις αναθυμιάσεις απευθείας από το σημείο παραγωγής τους, όπως του σχήματος (6.44). Στο σχήμα (6.45) βλέπουμε την ειδική αυτή



Σχήμα (6.44): Φορητό σύστημα αναρρόφησης αναθυμιάσεων ηλεκτροσυγκολλήσεων: (Α) Η συσκευή αναρρόφησης (Β) Οι τσιμπίδες MIG με ενσωματωμένο αγωγό αναρρόφησης (Γ) Η λεπτομέρεια του μπεκ αναρρόφησης της τσιμπίδας



Σχήμα (6.45): Αναθυμιάσεις πριν και μετά τη χρήση ειδικής αναρροφητικής τσιμπίδας

τσιμπίδα σε λειτουργία. Στα σχήματα (6.46) και (6.47) φαίνονται και δύο άλλα πολύ διαδεδομένα συστήματα αναρρόφησης των αναθυμιάσεων.



Σχήμα (6.46): Σταθερό σύστημα αναρρόφησης (υψηλής παροχής αέρα - χαμηλής υποπίεσης)



Σχήμα (6.47): Φορητό σύστημα αναρρόφησης (χαμηλής παροχής αέρα - υψηλής υποπίεσης)

(γ) Ηλεκτροπληξία

Εκτός από την τάση της ΔΕΗ, δεν πρέπει να υποτιμάται και η δευτερεύουσα τάση, επειδή υπερβαίνει τα 50 V και, ως εκ τούτου, είναι επικίνδυνη. Ο κίνδυνος από αυτήν συχνά αγνοείται επειδή, για να κλείσει το ηλεκτρικό κύκλωμα, πρέπει να έρθει ο ηλεκτροσυγκολλητής σε επαφή, συγχρόνως με το ηλεκτρόδιο και με το μέταλλο βάσης. Αυτό φαίνεται δύσκολο, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι. Ως εκ τούτου, πριν από την έναρξη της εργασίας, ο ηλεκτροσυγκολλητής οφείλει να ελέγχει την κατάσταση του εξοπλισμού του και, κυρίως, τα εξής:

- Τη μόνωση της τσιμπίδας του
- Τη μόνωση των καλωδίων
- Τα καπάκια της μηχανής να είναι κλειστά.
- Οι ταχυσύνδεσμοι και οι ακροδέκτες να είναι σε καλή κατάσταση.
- Να υπάρχει γείωση στην πρίζα.
- Η ένταση του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης να μην υπερβαίνει την αντοχή των καλωδίων, που δίνεται στον πίνακα (6-3).

Πίνακας(6-3): Διατομές καλωδίων ηλεκτροσυγκόλλησης

Διατομή καλωδίου σε mm ²	Επιτρεπόμενη ένταση (A)
16	175
25	230
35	290
50	365
70	460
95	560

Επίσης, ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος. Δηλαδή πρέπει τα υποδήματά του να έχουν συνθετικές σόλες, να μην πατάει σε νερά, τα ρούχα να είναι στεγνά και να φοράει τα ειδικά γάντια.

(δ) Τα εγκαύματα από σπινθήρες

Οι σπινθήρες μπορούν να προκαλέσουν εγκαύματα. Γ' αυτό ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι αυτός που κινδυνεύει περισσότερο. Δεν πρέπει να βάζει στα μαλλιά του εύφλεκτα υλικά, όπως π.χ. το ζελέ μαλλιών, ούτε να έχει στις τσέπες του αναπτήρα.

Αν διατηρεί μακριά μαλλιά, πρέπει να τα μαζεύει πίσω ή μέσα σε καπέλο. Η προστασία από τους σπινθήρες επιτυγχάνεται με τη χρήση εξοπλισμού από δέρμα, δηλαδή με δερμάτινα γάντια, ποδιά ή πουκάμισο, μανίκια κτλ.

(ε) Τα εγκαύματα από την ακτινοβολία

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν πρέπει να υπάρχουν γυμνά σημεία του σώματος εκτεθειμένα στην ακτινοβολία. Το πρόσωπο προστατεύεται από τη μάσκα και τα χέρια από τα γάντια, αλλά μέρος του υπόλοιπου σώματος, συχνά, μένει εκτεθειμένο, ιδίως το καλοκαίρι. Το ηλεκτρικό τόξο εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία προκαλεί εγκαύματα, ανάλογα με αυτά που προκαλεί η μακρά παραμονή σε ισχυρή ηλιακή ακτινοβολία. Αυτά δεν εμφανίζονται αμέσως αλλά μετά πολλές ώρες ή την άλλη μέρα και μπορεί να είναι πολύ ισχυρά.

(στ) Κίνδυνοι πυρκαγιάς ή έκρηξης

Οι σπινθήρες που πετάγονται μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά σε εύφλεκτες ύλες που βρίσκονται ακόμη και σε απόσταση 10 m. Δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση δεξαμενών πετρελαίου ή άλλων εύφλεκτων υλών, ακόμη και όταν αυτές αδειάσουν, επειδή το πιθανότερο είναι ότι **θα προκληθεί έκρηξη**. Ομοίως, δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση κοντά σε σημεία με εύφλεκτες αναθυμιάσεις (όπως βενζίνη, καθαριστικά, χρώματα κτλ.). Στην ύπαιθρο και ιδίως κοντά σε ξηρά χόρτα, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα. Η παρουσία πυροσβεστήρα κοντά στη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης είναι απαραίτητη.

(ζ) Άλλοι κίνδυνοι

Υπάρχουν αρκετοί κίνδυνοι ακόμη, αλλά υπάρχουν και τα αντίστοιχα μέσα προστασίας. Όλοι οι κίνδυνοι και τα μέτρα προστασίας αναφέρονται στον πίνακα (6-4).

6-17. Η προστασία της όρασης και του προσώπου με τη μάσκα

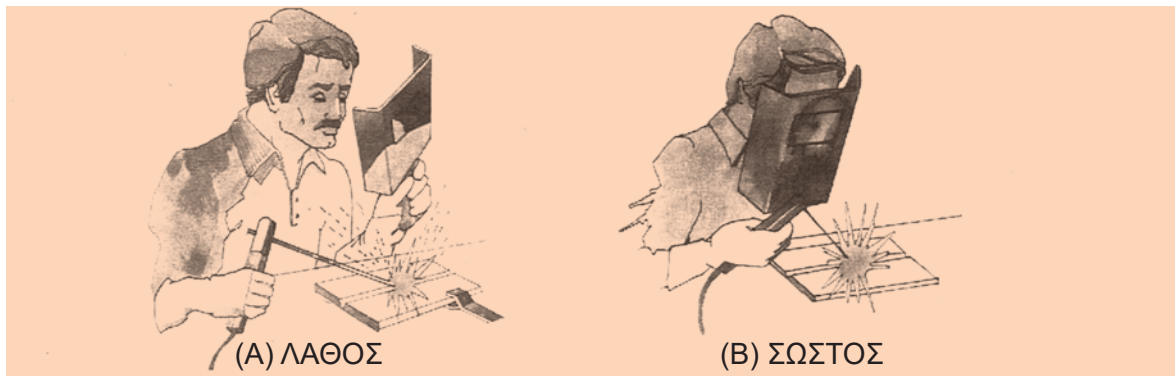
Το πλέον πολύτιμο πράγμα στον άνθρωπο είναι η όραση και η μεγαλύτερη αναπηρία είναι η απώλειά της. Γι' αυτό, για τα μάτια πρέπει να χρησιμοποιούνται οι ειδικές μάσκες. Η εκτέλεση ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τον τρόπο που φαίνεται στην περίπτωση (Α) του σχήματος (6.48), ουδέποτε πρέπει να γίνεται, ούτε καν στιγμιαία. Η βλάβη προκαλείται σταδιακά και, όταν γίνουν αντιληπτά τα πρώτα δείγματά της, είναι πλέον αργά. Ο σωστός τρόπος εκτέλεσης της ηλεκτροσυγκόλλησης είναι αυτός που φαίνεται στην περίπτωση (Β) του σχήματος (6.48).

Γιατί όμως ο ηλεκτροσυγκολλητής αναγκάστηκε να καταφύγει, έστω και προς στιγμή, στη λύση (Α) του σχήματος (6.48); Προφανώς, δεν έβλεπε ικανοποιητικά, επειδή δεν είχε επιλέξει την κατάλληλη μάσκα.

Υπάρχει η εντύπωση ότι όσο πιο σκούρο είναι το γυαλί μιας μάσκας, τόσο μεγαλύτερη προστασία προσφέρει. Αυτό είναι **μεγάλο λάθος**. Η βασική προστασία που προσφέρει τόσο το γυαλί όσο και η ίδια η μάσκα, είναι ότι **αποκόπτουν πλήρως τις επικίνδυνες ακτινοβολίες που είναι οι υπεριώδεις (UV) και οι υπέρυθρες (IR),**

Πίνακας (6-4): Κίνδυνοι και μέσα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή

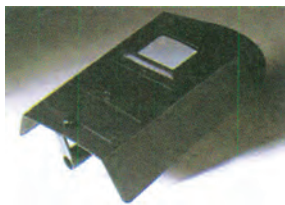
A/A	Περιγραφή του κινδύνου	Προστατευτικά μέσα	Στόχοι της προστασίας
1	Βλάβη της όρασης (από την ακτινοβολία)	Μάσκα (χειρός ή κεφαλής)	Αποκοπή των υπέρυθρων και υπεριωδών ακτίνων. Περιορισμός της λάμψης τόσο όσο χρειάζεται για καλή ορατότητα.
2	Αναθυμιάσεις (μόνο για κλειστό χώρο)	Αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή βλάβης στο αναπνευστικό σύστημα, όταν γίνονται εργασίες σε κλειστούς χώρους.
3	Ηλεκτροπληξία	Δερμάτινα γάντια, στεγνά ρούχα, μονωτικές σόλες	Ηλεκτρική απομόνωση του ηλεκτροσυγκολλητή από το περιβάλλον του, για τον περιορισμό του κινδύνου ηλεκτροπληξίας.
4	Εγκαύματα (από σπινθήρες ή από την ακτινοβολία)	Δερμάτινα γάντια, ποδιά, άκαυστο καπέλο, όχι ζελέ μαλλιών	Περιορισμός της έκθεσης των γυμνών σημείων του σώματος στην ακτινοβολία και στους σπινθήρες.
5	Βλάβη της ακοής (από το θόρυβο)	Ωτοασπίδες	Περιορισμός του κινδύνου βλάβης της ακοής, όταν ο θόρυβος της μηχανής υπερβαίνει τα 80 db(A).
6	Πρόκληση πυρκαγιάς ή έκρηξης	Απομάκρυνση εύφλεκτων υλών	Αποφυγή πυρκαγιάς από τους σπινθήρες που είναι δυνατόν να εκτινάσσονται μέχρι και 10 μέτρα.
7	Εργασίες σε πολύ κλειστό χώρο	Παροχή αέρα, αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή εξάντλησης του οξυγόνου και του κινδύνου δηλητηρίασης από αέρια (ιδίως από CO).
8	Έκρηξη φιάλης αερίου	Κύλινδροι όρθιοι, καλά στερεωμένοι και μακριά από το ηλεκτρόδιο	Αποφυγή του κινδύνου να προκληθεί έκρηξη από πτώση της φιάλης ή από τυχαία επαφή της φιάλης με το ηλεκτρόδιο.
9	Χρήση ηλεκτρογεννήτριας (όταν δεν υπάρχει παροχή από ΔΕΗ)	Αποφυγή επαφής με τη γεννήτρια και τοποθέτησή της σε ανοικτό χώρο	Τα κινούμενα μέρη της γεννήτριας μπορούν να προκαλέσουν ακρωτηριασμούς. Η γεννήτρια καταναλώνει το οξυγόνο ενός κλειστού χώρου και μπορεί να προκαλέσει ασφυξία ή δηλητηρίαση.
10	Πρόκληση βλαβών σε άλλους (π.χ. εργαζόμενους στον ίδιο χώρο)	Κουρτίνες απομόνωσης ή απόσταση από τις άλλες θέσεις εργασίας	Οι άλλοι εργαζόμενοι στον ίδιο χώρο δεν διαθέτουν τα μέσα προστασίας που διαθέτει ο ηλεκτροσυγκολλητής, αλλά είναι εκτεθειμένοι στους ίδιους σχεδόν κινδύνους.
11	Γενικότεροι κίνδυνοι (κίνδυνοι του κάθε εργασιακού χώρου)	Καλή οργάνωση, υποδήματα με σίδερο μπροστά, αυξημένη προσοχή.	Ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν κινδυνεύει μόνο από την ειδικότητά του αλλά και, γενικότερα, από τους κινδύνους που παραμονεύουν στον κάθε εργοστασιακό χώρο και στο κάθε εργοτάξιο.



Σχήμα (6.48): Ο λανθασμένος και ο σωστός τρόπος εκτέλεσης της ηλεκτροσυγκόλλησης.

προστατεύοντας τόσο την όραση, όσο και το πρόσωπο από εγκαύματα. Και όλες οι μάσκες καλής ποιότητας έχουν αυτή τη δυνατότητα, ακόμη και όταν το γυαλί τους είναι εντελώς διαφανές, όπως συμβαίνει στις μάσκες που το γυαλί σκουραίνει απότομα, μόλις αρχίσει η έναυση του τόξου.

Όσον αφορά την περιοχή του ορατού φωτός, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ακίνδυνη για την υγεία, αρκεί να μην είναι πολύ ισχυρή. Το γυαλί πρέπει να είναι σκούρο, για τον ίδιο λόγο που χρειάζονται τα γυαλιά ηλίου στην ισχυρή ηλιοφάνεια. Το ερώτημα που τίθεται είναι «πόσο σκούρο;» και η απάντηση είναι «τόσο σκούρο όσο χρειάζεται ο ηλεκτροσυγκολλητής, για να βλέπει πολύ καθαρά». Αν είναι περισσότερο σκούρο, θα δυσκολεύεται να δει και θα κουράζονται τα μάτια του, ενώ παράλληλα θα είναι και κακή η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν είναι λιγότερο σκούρο, επίσης, θα κουράζει τα μάτια του και θα θαμπώνεται.



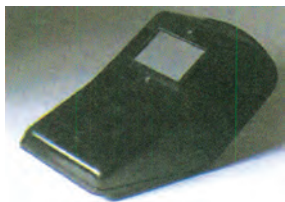
Απλές χειρός



Απλές κεφαλής



Αυτόματης σκίασης



Σχήμα (6.49): Οι πλέον συνηθισμένες μάσκες ηλεκτροσυγκόλλησης

Προσοχή: Τα γυαλιά οξυγονοκόλλησης δεν προσφέρουν καμία απολύτως προστασία, όταν χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση, επειδή δεν αποκόπτουν τις ακτίνες UV και IR.

Οι πλέον συνηθισμένες μάσκες φαίνονται στο σχήμα (6.49). Βασικά, υπάρχουν οι απλές μάσκες που προστατεύουν κυρίως το πρόσωπο. Μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο όταν το ένα χέρι είναι διαθέσιμο (MMA, MIG/MAG), οπότε μπορεί να το χρησιμοποιεί ο ηλεκτροσυγκολλητής, προκειμένου να κρατάει τη μάσκα του. Επίσης, υπάρχουν και οι μάσκες που στηρίζονται στο κεφάλι¹⁷, που είναι κατάλληλες, όταν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση χρειάζεται να χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια, όπως συμβαίνει στην TIG. Οι μάσκες κεφαλής προστατεύουν επαρκώς και το πάνω τμήμα της κεφαλής, οπότε ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι υποχρεωμένος να φοράει καπέλο. Όταν η χρήση κράνους είναι αναγκαία, μπορεί η μάσκα να έχει τη δυνατότητα προσαρμογής πάνω σε κράνος, όπως στο σχήμα (6.50).



Σχήμα (6.50): Προσαρμογή της μάσκας πάνω στο κράνος

Καλό είναι κατά τη διαδικασία ηλεκτροσυγκόλλησης, ο τεχνίτης **να μη διαθέτει ελεύθερο χέρι**, για να μην υπάρχει κίνδυνος να ακουμπήσει πάνω στο πυρακτωμένο μέταλλο. Έτσι, το να χρησιμοποιεί κάπου το δεύτερο χέρι, όπως το να κρατάει τη μάσκα, μειώνει τις πιθανότητες ενός ατυχήματος. Μία καλή συνήθεια του ηλεκτροσυγκολλητή, όταν φοράει μάσκα κεφαλής και εκτελεί συγκόλληση MMA ή MIG/MAG, είναι να κρατάει την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια. Αυτό φαίνεται και στο σχήμα (6.51).



Σχήμα (6.51): Σωστά προστατευμένος ηλεκτροσυγκολλητής με άκαυστη φόρμα, γάντια και κράνος. Προσέξτε ότι κρατάει την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια.

Εκτός από τις απλές μάσκες, υπάρχουν και **μάσκες αυτόματης ρύθμισης του βαθμού προστασίας (της σκίασης)**, που φαίνονται στα σχήματα (6.49) και (6.52). Σ' αυτές ρυθμίζεται αυτόματα το πόσο σκούρο θα είναι το τζάμι. Στην αρχή της ηλεκτροσυγκόλλησης το τζάμι είναι διαφανές. Μόλις αρχίσει η ηλεκτροσυγκόλληση, σκουραίνει απότομα και, μάλιστα, σκουραίνει

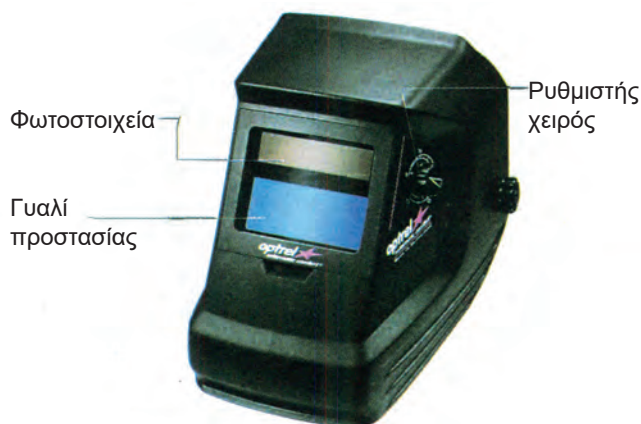
17. Ο αγγλικός όρος για τη μάσκα κεφαλής είναι welding helmet, που μεταφράζεται κράνος ηλεκτροσυγκόλλησης. Ο όρος μάσκα κεφαλής είναι η συνήθης απόδοση του όρου στην ελληνική γλώσσα, μάλλον όχι και τόσο επιτυχημένη.

τόσο όσο ακριβώς χρειάζεται, για να υπάρχει ικανοποιητική ορατότητα. Αυτό επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να δει προς στιγμή πιο καθαρά και να αποφύγει την επικίνδυνη ενέργεια της περίπτωσης (Α) του σχήματος (6.48).

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, πριν να χρησιμοποιήσει κάποια μάσκα ή πριν προσαρμόσει σ' αυτήν ένα γυαλί προστασίας, πρέπει να ελέγξει τα εξής:

(α) Όταν πρόκειται για μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης

- Αν ο βαθμός προστασίας (σκίαση) είναι μέσα στις απαιτήσεις των υπό εκτέλεση εργασιών. Στο σημείο αυτό μπορεί να συμβουλευτεί τον πίνακα (6-5).
- Αν έχει δυνατότητα και χειροκίνητης ρύθμισης.
- Το χρόνο που χρειάζεται για να σκουρύνει το γυαλί της μάσκας, ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος από **το ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου**. Η μέγιστη άνεση στο μάτι επιτυγχάνεται, όταν ο χρόνος αυτός είναι μέχρι **0,4 χιλιοστά του δευτερολέπτου**.
- Αν η επαναφορά του γυαλιού από το σκούρο χρώμα στο διαφανές γίνεται σχετικά γρήγορα, π.χ. σε χρόνο μικρότερο από 0,5 δευτερόλεπτο.
- Αν η μάσκα δε διαθέτει ηλιακό φορτιστή, θα πρέπει να ελέγχει ο ηλεκτροσυγκολλητής μήπως η μπαταρία χρειάζεται αντικατάσταση.



Σχήμα (6.52): Μάσκα αυτόματης ρύθμισης του βαθμού προστασίας (μάσκα αυτόματης σκίασης)

(β) Όταν χρησιμοποιεί απλή μάσκα με γυαλί σταθερής σκίασης

- Πρέπει να επιλέξει ο ηλεκτροσυγκολλητής το γυαλί με το σωστό βαθμό προστασίας για να το τοποθετήσει στη μάσκα του. Η επιλογή μπορεί να γίνει με βάση τον πίνακα (6-5).
- Ένας πρακτικός τρόπος για τη σωστή επιλογή είναι να γίνονται δοκιμές, ξεκινώντας από ένα πιο σκούρο γυαλί και πηγαίνοντας προς τα ανοιχτότερα, μέχρι να βρεθεί αυτό που παρέχει καλή ορατότητα, χωρίς να θαμπώνει.
- Με ένα και μοναδικό γυαλί δεν μπορούν να γίνονται όλες οι εργασίες. Ως εκ τούτου ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει έτοιμες μάσκες με γυαλιά που να καλύπτουν όλους τους βαθμούς προστασίας, που είναι ενδεχόμενο να απαιτηθούν στις εργασίες του. Συνήθως, αρκούν 2-4 μάσκες με γυαλιά διαφορετικών βαθμών προστασίας.

Να σημειωθεί ότι τα μάτια του κάθε ανθρώπου έχουν το δικό τους τρόπο συμπεριφοράς και δεν αισθάνονται όλοι άνετα με το ίδιο γυαλί στην ίδια μάσκα. Επίσης, ο κάθε τύπος ηλεκτροδίου παρουσιάζει τη δική του συμπεριφορά. Για τους λόγους αυτούς, ο πίνακας (6-5) θα πρέπει να χρησιμοποιείται συμβουλευτικά.

Οι μάσκες πρέπει να είναι καλής ποιότητας και είναι προτιμότερο να είναι επώνυμες. Πριν αγοραστεί μία ακριβή μάσκα, πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει υποστήριξη και ανταλλακτικά. Αν είναι κεφαλής, πρέπει να ελεγχθεί το σύστημα στήριξης και οι ρυθμίσεις που προσφέρει.

Πίνακας (6-5): Βαθμός προστασίας (σκίασης) - Επιλογή κατάλληλης μάσκας

A/A	Είδος ηλεκτροσυγκόλλησης	Ένταση τόξου (σε A)	Βαθμός προστασίας
1	MMA Για όλες τις εφαρμογές	< 40	9
		40 - 80	10
		80 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
2	MIG • Συγκόλληση ανθρακούχων και ελαφρώς κραματούχων χαλύβων • Συγκόλληση αλουμινίου	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 250	12
		250 - 350	13
		350 - 500	14
		> 500	15
3	MIG • Συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων • Συγκόλληση κραμάτων χαλκού	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
4	MAG FCAU Για όλες τις εφαρμογές	< 80	10
		80 - 125	11
		125 - 175	12
		175 - 300	13
		300 - 450	14
		> 450	15
5	TIG Για όλες τις εφαρμογές	< 20	9
		20 - 100	10
		40 - 100	11
		100 - 175	12
		175 - 250	13
		> 250	14
6	Συγκόλληση με πλάσμα Για όλες τις εφαρμογές	15 - 30	10
		30 - 60	11
		60 - 125	12
		125 - 225	13
		225 - 450	14
		> 450	15
7	Κοπή με πλάσμα	< 150	11
		150 - 250	12
		> 250	13
8	Κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα	—	14

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η ηλεκτροσυγκόλληση επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου μεταξύ του ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης.
- Το τόξο δημιουργείται είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) είτε με συνεχές (DC).
- Όταν χρησιμοποιείται DC, ο αρνητικός πόλος έχει περίπου κατά 1000°C μικρότερη θερμοκρασία από το θετικό.
- Οι μέθοδοι συγκόλλησης με ηλεκτρικό τόξο είναι οι:
 - ✓ MMA ή SMAW, με ηλεκτρόδιο επενδυμένο με πάστα
 - ✓ MIG/MAG ή GMAW, με ηλεκτρόδιο σε συμπαγές σύρμα
 - ✓ FCAW, με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα
 - ✓ TIG ή GTAW, με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο
 - ✓ SAW, ηλεκτροσυγκόλληση βυθισμένου τόξου
 - ✓ PAW, ηλεκτροσυγκόλληση πλάσματος
- Το σημείο που προστίθεται το υλικό συγκόλλησης ονομάζεται λουτρό συγκόλλησης.
- Στις MMA, FCAW και SAW το λουτρό συγκόλλησης προστατεύεται από την ατμόσφαιρα με την επικαλυπτική σκουριά και τα αέρια που δημιουργούνται από την πάστα.
- Στις MIG/MAG και TIG η προστασία από την ατμόσφαιρα γίνεται με ειδικό αέριο. Στην FCAW συνήθως υπάρχει και αέριο.
- Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης είναι είτε CC (σταθερού ρεύματος) είτε CV (σταθερής τάσης), είτε CC/CV. Οι MMA και TIG χρειάζονται CC, ενώ η MIG/MAG και η FCAW χρειάζονται CV.
- Οι μηχανές MIG/MAG είναι εφοδιασμένες με τροφοδότη σύρματος, που στις μηχανές μεγάλης ισχύος αποτελεί ξεχωριστό εξάρτημα.
- Εκτός από το ρεύμα DC ή AC στην TIG και στη MIG/MAG χρησιμοποιείται και παλμικό ρεύμα (ιδίως στην TIG).
- Η σύνδεση του ηλεκτροδίου στον αρνητικό πόλο ονομάζεται κανονική ή αρνητική πολικότητα και συμβολίζεται με DCEN ή DC- ενώ στο θετικό πόλο ονομάζεται αναστροφή ή θετική πολικότητα που συμβολίζεται με DCEP ή DC+.
- Οι ηλεκτρικές συνδέσεις γίνονται με κατάλληλα καλώδια και ταχυσυνδέσμους.
- Η σύνδεση με το μέταλλο βάσης γίνεται με το σώμα γείωσης και το σημείο σύνδεσης ονομάζεται σημείο γείωσης.
- Ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι εκτεθειμένος σε πολλούς κινδύνους και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται τα μέτρα προστασίας που συνοπτικά αναφέρονται στον πίνακα (6-4).
- Το γυαλί της μάσκας αποκόπτει τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες. Την ορατή ακτινοβολία τη μειώνει όσο χρειάζεται για να υπάρχει καλή ορατότητα. Υπάρχουν γυαλιά αυτόματης ρύθμισης της σκίασης και σταθερής σκίασης.
- Το μέγεθος της σκίασης του γυαλιού της μάσκας ονομάζεται βαθμός προστασίας. Δίδεται στον πίνακα (6-5) ανάλογα με το είδος της ηλεκτροσυγκόλλησης και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Με ποιους τρόπους γίνεται η προσθήκη υλικού στο μέταλλο βάσης;
2. Γιατί πρέπει να προστατεύεται η ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης από την ατμόσφαιρα και με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται αυτή η προστασία;
3. Ποια είναι τα είδη των συγκολλήσεων και ποιο είναι το χαρακτηριστικό στοιχείο του κάθε είδους;
4. Τι εννοούμε λέγοντας μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης CC, CV, CC/CV; Πού χρησιμοποιείται το κάθε είδος;
5. Τι είναι η εν κενώ τάση μιας μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης;
6. Τι είναι το σώμα γείωσης και τι ονομάζεται σημείο γείωσης;
7. Ποια είναι τα είδη του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρικού ρεύματος;
8. Τι είναι το παλμικό ρεύμα; Σχεδιάστε το διάγραμμα: ένταση ρεύματος - χρόνος και σημειώστε τα χαρακτηριστικά του μεγέθους.
9. Πότε χρησιμοποιούμε συνεχές, πότε εναλλασσόμενο και πότε παλμικό ρεύμα;
10. Πότε λέμε ότι έχουμε κανονική (ή άμεση) πολικότητα και πότε αντίθετη; Ποια διαφορά έχουν στη θερμοκρασία του λουτρού συγκόλλησης; Πώς συμβολίζονται;
11. Αναφέρατε τα συνώνυμα των παρακάτω τεχνικών όρων:
SMAW, GMAW, TMAW
12. Από τι προστατεύεται ο ηλεκτροσυγκολλητής με τη μάσκα;
13. Τι είναι ο βαθμός προστασίας του γυαλιού της μάσκας και από τι εξαρτάται;
14. Ποιος είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος, για να σκουρύνει το γυαλί σε μία μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης; Ποιος είναι ο ιδανικός χρόνος;
15. Πότε απαιτείται να λαμβάνονται μέτρα κατά των αναθυμιάσεων και τι είδους είναι αυτά τα μέτρα;
16. Ποια είναι η βασική αρχή πάνω στην οποία βασίζεται η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας;
17. Ποιους ελέγχους πρέπει να κάνει ο ηλεκτροσυγκολλητής, πριν αρχίσει να εργάζεται;
18. Πώς επιτυγχάνεται η προστασία έναντι της πρόκλησης εγκαυμάτων;
19. Αναφέρετε οκτώ (8) τουλάχιστον κινδύνους που υπάρχουν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Τοποθετήστε τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης MMA, MIG/MAG, FCAW και TIG κατά σειρά παραγωγικότητας, αναφέροντας πρώτα αυτή που έχει τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα.
2. Ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος όταν:
(α) Σας ζητούν να κάνετε μία ηλεκτροσυγκόλληση που έχει μεγάλες απαιτήσεις ποιότητας και εμφάνισης.
(β) Σας ορίζουν πολύ μικρό χρόνο παράδοσης.
3. Τι θα μπορούσε να συμβεί στη ραφή συγκόλλησης, όταν δεν προστατεύεται το λουτρό συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα;
4. Αν πρόκειται να εκτελέσετε ηλεκτροσυγκόλληση στο ύπαιθρο, όπου υπάρχουν ρεύματα αέρα, ποιες μεθόδους θα μπορούσατε να εφαρμόσετε και γιατί;
5. Ποιο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης θα επιλέγατε ως το πλέον κατάλληλο, όταν:
(α) Συγκολλάτε πάντα με την ίδια ποιότητα ηλεκτροδίου.
(β) Συγκολλάτε με διαφορετικές ποιότητες ηλεκτροδίου.
6. Γιατί οι μηχανές MMA συνήθως προδιαγράφονται ως κατάλληλες και για ηλεκτροσυγκόλληση TIG και το αντίστροφο;
7. Έστω ότι τα μήκη των καλωδίων, που συνήθως σας χρειάζονται από τη μηχανή μέχρι την τσιμπίδα και το σώμα γείωσης, είναι 10 m. Σπάνια όμως, σας χρειάζονται καλώδια μέχρι και 25 μέτρα και γι' αυτό έχετε έτοιμες προεκτάσεις 15 m. Κάντε σκίτσο με τον τρόπο που πρέπει να είναι κατασκευασμένα τα καλώδιά σας, ώστε να μεγαλώνετε το μήκος τους γρήγορα και με ασφάλεια.
8. Τι μορφή ρεύματος θα χρησιμοποιήσετε, όταν θέλετε να έχετε μεγάλη διείσδυση του ηλεκτροδίου στο μέταλλο βάσης;
9. Τοποθετήστε τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης MMA, MIG/MAG, FCAW και TIG κατά σειρά δημιουργούμενων αναθυμιάσεων, τοποθετώντας πρώτα αυτή που έχει τις περισσότερες αναθυμιάσεις.
10. Έστω ότι έχετε φορέσει τον προστατευτικό εξοπλισμό σας (ποδιά, γάντια κτλ.). Θεωρείτε ότι είσαστε έτοιμοι για εργασία; Αν όχι, τι ενέργειες θα πρέπει ακόμη να κάνετε;
11. Εκτελείτε συγκόλληση MMA και φοράτε μάσκα κεφαλής. Πώς πρέπει να κρατάτε την τσιμπίδα και γιατί;
12. Τι πρέπει να προσέχετε, όταν πρόκειται να αγοράσετε μία μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 6.1

Συγκέντρωση προσπέκτους και άλλου πληροφοριακού υλικού για τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης και διαχωρισμός τους κατά ομάδες

Η τεχνολογία των ηλεκτροσυγκολλήσεων προχωράει με γρήγορους ρυθμούς και η αξία των τεχνικών βιβλίων που αναφέρονται σ' αυτές μειώνεται συνεχώς. Παράλληλα, ο περιορισμένος χρόνος διδασκαλίας, δεν επέτρεψε να συμπεριληφθούν στο βιβλίο περισσότερα στοιχεία, ιδίως για μοντέρνα μηχανήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται οι μικροϋπολογιστές.

Αυτή η δραστηριότητα σκοπό έχει να διερευνήσουν οι μαθητές ό,τι καινούριο υπάρχει στην αγορά ή τι άλλο υπάρχει που δε συμπεριλαμβάνεται στα μηχανήματα που περιγράφονται στο βιβλίο. Θα δοθεί προσοχή στα πλεονεκτήματα που προσφέρει ένας καινούριος τύπος μηχανήματος. Τα μηχανήματα θα χωριστούν σε ομάδες, ανάλογα αν είναι CC για MMA, CC για TIG, CV ή CC/CV ή αν πρόκειται για μηχανήματα που δεν ανήκουν σε κάποια από αυτές τις κλασικές κατηγορίες.

Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση, που θα έχει συνημμένα τα πλέον ενδιαφέροντα από τα προσπέκτους που έχουν συγκεντρωθεί. Η όλη εργασία θα παραδοθεί σε ντοσιέ, που θα παραμείνει στο εργαστήριο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο διδακτικό βοήθημα. Η ομάδα που θα αναλάβει το εν λόγω έργο θα πρέπει πρώτα να μελετήσει τυχόν παρόμοιες εργασίες που έχουν γίνει από μαθητές προηγούμενων ετών, ώστε να αποφευχθεί η αναφορά σε όμοια θέματα.

Τέλος, ο επικεφαλής της ομάδας θα αναπτύξει τα συμπεράσματα της εργασίας της ομάδας του στην τάξη, παρουσία του καθηγητή και όλων των συμμαθητών του.

Εργασία 6.2

Επίσκεψη σε βιομηχανικό χώρο όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις

Θα γίνει επίσκεψη σε χώρο όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις σε μαζική παραγωγή. Θα προσεχτούν οι συνθήκες εργασίας που επικρατούν στο χώρο, ο τρόπος που λαμβάνονται τα μέτρα ασφαλείας και γενικότερα η οργάνωση της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Να προσέξουν οι μαθητές ότι το μόνο που έχουν δικαίωμα να κάνουν είναι να υποβάλουν ερωτήσεις στον υπεύθυνο του εργοστασίου, **όχι υποδείξεις**. Αν δηλαδή διαπιστώσουν ότι κάτι δεν πάει καλά, σύμφωνα με τα όσα έχουν διδαχτεί (π.χ. ότι δε λαμβάνονται κάπου τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας), δε θα το αναφέρουν, ή θα περιοριστούν μόνο στο να ενημερώσουν τον καθηγητή τους. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση με βάση όσα διαπίστωσαν οι μαθητές κατά την επίσκεψή τους, στην οποία όμως θα συμπεριλαμβάνονται και οι τυχόν παρατηρήσεις τους για ανεπαρκή μέτρα ασφαλείας ή για μέσα ατομικής προστασίας.

Εργασία 6.3

Επίσκεψη σε χώρους όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις επί αυτοκινήτων

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη άσκηση, αλλά θα γίνει επίσκεψη τουλάχιστον σε δύο συνεργεία. Να προτιμηθούν τα μεγάλα και οργανωμένα συνεργεία και όχι κάποια μικρά φαναρτζίδικα κοντά στο σχολείο. Στην τεχνική έκθεση να αναφερθεί σε ποιες

περιπτώσεις χρησιμοποιείται η κάθε μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης. Προτιμότερο είναι να επιλέγουν συνεργεία που ασχολούνται τόσο με μικρά οχήματα, όσο και με μεγάλα βαριά οχήματα, επειδή οι μέθοδοι που ακολουθούνται στην κάθε περίπτωση διαφέρουν σημαντικά.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 6-1

Αναγνώριση του είδους των συγκολλήσεων

Επιδιωκόμενος στόχος

- Να ξεχωρίζουν οι μαθητές τα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων, βλέποντας δείγματα από μέταλλα που έχουν ηλεκτροσυγκολληθεί με διάφορες μεθόδους.

Απαιτούμενος εξοπλισμός

Για να εκτελεστεί σωστά αυτή η άσκηση, το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει δείγματα από όλους τους δυνατούς τρόπους ηλεκτροσυγκολλήσεων. Επειδή αυτό είναι σχετικά δύσκολο, τα δείγματα που αναφέρονται παρακάτω έχουν διαχωριστεί σ' αυτά που κρίνονται ως απαραίτητα (αφορούν τις πλέον συνηθισμένες περιπτώσεις) και σ' αυτά που είναι επιθυμητό να υπάρχουν.

Το εργαστήριο καλό είναι να διαθέτει δείγματα τουλάχιστον από τα εξής:

- MMA πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MMA πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε αλουμίνιο
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε αλουμίνιο
- TIG πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- TIG πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- TIG πάνω σε αλουμίνιο

Επιθυμητό είναι, επίσης, να υπάρχουν δείγματα από τα εξής:

- MMA πάνω σε αλουμίνιο
- MMA συγκόλλησης ανοξείδωτου και κοινού χάλυβα
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- TIG χωρίς την προσθήκη συγκολλητικού υλικού
- MMA με ηλεκτρόδια Ni πάνω σε χυτοσίδηρο
- MMA με ηλεκτρόδια χάλυβα πάνω σε χυτοσίδηρο
- SAW (ή άλλης αυτόματης μεθόδου), κατά προτίμηση αλουμινίου
- PAW πάνω σε οποιοδήποτε υλικό

Το σύνολο των παραπάνω ειδών δειγμάτων είναι 18, αλλά από ένα είδος μπορούν να υπάρχουν περισσότερα από ένα δείγματα. Είναι προτιμότερο να υπάρχουν 2-3 δείγματα από την κάθε περίπτωση. Στο φύλλο της άσκησης έχουν προβλεφθεί συνολικά μέχρι 24 δείγματα, αλλά, αν τυχόν το εργαστήριο διαθέτει περισσότερα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και δεύτερη σελίδα. Όλα τα τεμάχια μετάλλου θα είναι αριθμημένα από το 1 μέχρι..., προκειμένου να μπορέσουν να συμπληρώσουν οι μαθητές το φύλλο της άσκησης.

Διαδικασία της άσκησης αναγνώρισης του είδους της ηλεκτροσυγκόλλησης

1. Σε πρώτη φάση επιδεικνύονται στους μαθητές τα δείγματα των ηλεκτροσυγκολλήσεων. Διευκρινίζεται από τι υλικό είναι το καθένα και με ποιο τρόπο μπορούμε να αναγνωρίσουμε το κάθε είδος ηλεκτροσυγκόλλησης.
2. Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διάκριση των δειγμάτων που μοιάζουν μεταξύ τους, όπως π.χ. της TIG, της MIG με παλμικό ρεύμα και της SAW. Στην TIG οι ανομοιομορφίες της χειροκίνητης μεθόδου είναι φανερές, στη MIG, που είναι ημιαυτόματη μέθοδος, είναι πολύ λιγότερο εμφανείς, ενώ στη SAW (ή σε κάποια άλλη αυτόματη μέθοδο), υπάρχει πλήρης συμμετρία στο «ψαροκόκαλο» της συγκόλλησης.
3. Τα τεμάχια περιφέρονται στα χέρια των μαθητών. Οι μαθητές αφήνονται ελεύθεροι να συζητήσουν μεταξύ τους τις διαφορές που παρατηρούν και πώς θα ξεχωρίζουν τα τεμάχια, ανάλογα με το είδος της ηλεκτροσυγκόλλησης. Μετά, τα δείγματα επιστρέφονται στην έδρα.
4. Ο κάθε μαθητής παίρνει ένα φωτοαντίγραφο του φύλλου της άσκησης (6-1), που είναι ανάλογο με το υπόδειγμα άσκησης (6-1/1). Τα τεμάχια περιφέρονται στους μαθητές ένα-ένα, με σειρά, ώστε να περάσουν όλα από όλους τους μαθητές. Ο κάθε μαθητής αναγνωρίζει τα τεμάχια και συμπληρώνει το φύλλο της άσκησης.
5. Ο καθηγητής συλλέγει τα φύλλα, κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις και, αν απαιτείται, επαναλαμβάνει την άσκηση, αφού εξηγήσει στους μαθητές τα λάθη τους.
6. Εναλλακτικά, αν υπάρχει χρόνος, μπορούν οι μαθητές να διορθώσουν μεταξύ τους τα λάθη τους. Αν διαπιστωθούν πολλά λάθη (κάτι αναμενόμενο, ιδίως αν είναι πολλά τα δείγματα), η άσκηση θα πρέπει να επαναληφθεί στο επόμενο μάθημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Υπόδειγμα άσκησης 6-1/1

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση τα αριθμημένα τεμάχια μετάλλων που έχετε στη διάθεσή σας. Στη δεξιά στήλη θα γράψετε το αντίστοιχο γράμμα, ως εξής (συντμήσεις ΑΘΧ = ανθρακούχος χάλυβας, ΑΞΧ: ανοξείδωτος χάλυβας)

Α : MMA πάνω σε ΑΘΧ

Β : MMA πάνω σε ΑΞΧ

Γ : MIG με DC σε ΑΘΧ

Δ : MIG με DC σε ΑΞΧ

Ε : MIG με DC ρεύμα σε ΑΙ

Ζ : MIG με DC ρεύμα σε ΑΙ

Η : TIG πάνω σε ΑΘΧ

Θ : TIG πάνω σε ΑΘΧ

Ι : TIG πάνω σε ΑΙ

Κ : MMA πάνω σε ΑΙ

Λ : MMA ΑΞΧ και ΑΘΧ

Μ : MIG με παλμικό ρεύμα σε ΑΘΧ

Ν : MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ΑΞΧ

Ξ : TIG χωρίς προσθήκη συγκολλητικού υλικού

Ο : MMA με ηλεκτρόδια Νί σε χυτοσίδηρο

Π : MMA με ηλεκτρόδια χάλυβα σε χυτοσίδηρο

Ρ : SAW (ή άλλης αυτόματης μεθόδου)

Σ : PAW πάνω σε οποιοδήποτε υλικό

Σε μερικές περιπτώσεις πιθανόν να μην μπορεί να γίνει σίγουρη αναγνώριση. Θα γράψετε στην περίπτωση αυτή όλα τα γράμματα που πιθανόν να αντιστοιχούν.

Α/Α μεταλλικού τεμαχίου	Είδος ηλεκτροσυγκόλλησης
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

ΑΣΚΗΣΗ 6-2

Εξοικείωση με τον εξοπλισμό των ηλεκτροσυγκολλήσεων

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να ξεχωρίζουν οι μαθητές τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ανάλογα με τα είδη των εκτελούμενων ηλεκτροσυγκολλήσεων.
- Να συνδέουν τις τσιμπίδες και τα καλώδια.
- Να ανοίγουν την τσιμπίδα MIG, για να αντικαθιστούν το μπεκ, και την TIG, για να αντικαθιστούν το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο.
- Να γνωρίζουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εκτέλεση των ηλεκτροσυγκολλήσεων.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Διάφορες μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ώστε να καλύπτονται όλα τα βασικά είδη των μηχανών.

Σημείωση: Για τις ανάγκες των περισσότερων εργαστηριακών ασκήσεων αρκούν οι μικρές φορητές μηχανές CC/CV, που έχουν τη δυνατότητα μέσω επιλογέα να κάνουν ηλεκτροσυγκολλήσεις όλων των ειδών (MMA, MIG/MAG ή FCAW, TIG). Με τέτοιες μηχανές μπορούν να είναι εξοπλισμένες οι θέσεις εργασίας για οικονομία χώρου και για τον περιορισμό του αριθμού των απαιτούμενων μηχανημάτων. Πρέπει όμως να υπάρχουν τουλάχιστον μία ισχυρή μηχανή CC για MMA/TIG και μία μηχανή CV, κατάλληλη για MIG/MAG/FCAW, εφοδιασμένη με ανεξάρτητο τροφοδοτή σύρματος. Οι τελευταίες είναι απαραίτητες όχι μόνο για να έχουν πλήρη εικόνα οι μαθητές για όλα τα βασικά είδη των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά και για να εκτελεστούν ορισμένες ασκήσεις, όπως π.χ. η συγκόλληση με μεγάλης διαμέτρου ηλεκτρόδιο.

- Τσιμπίδες MMA, MIG, TIG¹⁸
- Σώματα γείωσης
- Δείγματα από ηλεκτρόδια στα μεγέθη από 1,6 mm μέχρι 6 mm και σε μήκη 350 ή 450 mm
- Δείγματα ηλεκτροδίων ειδικών μετάλλων (ανοξείδωτα, αλουμινίου, νικελίου κτλ.)
- Δείγματα από σύρματα στα μεγέθη από 0,6 μέχρι 2,0 mm
- Δείγματα από σωληνωτά σύρματα με εσωτερική πάστα στα μεγέθη από 0,8 μέχρι 2,4 mm
- Δείγματα από ράβδους TIG από 1 μέχρι 3 mm
- Φιάλη αερίου (Ar ή CO₂ ή μείγμα Ar-CO₂)
- Μανόμετρο / ροόμετρο. Το όργανο αυτό ρυθμίζει την ποσότητα ροής του αερίου και την μετράει (συνήθως σε L/min).

18. Ο όρος **τσιμπίδα** στην πράξη έχει καθιερωθεί και για τις τρεις περιπτώσεις, αλλά απόλυτα σωστός είναι μόνο για την περίπτωση της MMA. Για τη MIG και την TIG οι αντίστοιχοι αγγλικοί τεχνικοί όροι είναι torch (δαυλός, φλόγιστρο) ή gun (πιστόλι). Στο βιβλίο αυτό χρησιμοποιούμε τον καθιερωμένο τεχνικό όρο "τσιμπίδα".

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης 6-2. Όπως φαίνεται στο φύλλο, προβλέπονται διάφορες θέσεις εργασίας και σε κάθε θέση προβλέπονται διαφορετικές ενέργειες και εξοπλισμός. Η διαδικασία έχει ως εξής:
 1. Ο μαθητής, που εκκινεί στην κάθε θέση, παραλαμβάνει τον απαιτούμενο εξοπλισμό και ετοιμάζει πρώτα τη θέση εργασίας του. Μετά εκτελεί τις ενέργειες που προβλέπονται γι' αυτή τη θέση.
 2. Μόλις τελειώσει ο μαθητής με τις προβλεπόμενες ενέργειες, αλλάζει θέση με άλλο συμμαθητή του και συνεχίζει με αυτόν τον τρόπο, μέχρι να ολοκληρώσει όλες τις προβλεπόμενες εργασίες, σε όλες τις θέσεις.
- Στην τσιμπίδα MIG να προσεχτεί ιδιαίτερα το μπεκ προώθησης σύρματος, το οποίο αντικαθίσταται συχνά, επειδή η κατάστασή του θα πρέπει να είναι άριστη.
- Επίσης, στην τσιμπίδα TIG, να προσεχτεί ο τρόπος αλλαγής του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου, επειδή και αυτό φθείρεται και χρειάζεται κατά διαστήματα αντικατάσταση.
- Σχετικά με το λύσιμο και δέσιμο των τσιμπίδων TIG και MIG, δίνονται τα υποβοηθητικά σχήματα (6.53) και (6.54).
- Ο τελευταίος, σε κάθε θέση της άσκησης, μαζεύει τον εξοπλισμό και τον τοποθετεί στην κανονική του θέση.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές θα κάνουν **μόνο** ό,τι προβλέπεται από το φύλλο της άσκησης, αποφεύγοντας περιττές κινήσεις. Δε θα τεθεί ακόμη σε λειτουργία καμία μηχανή. Για λόγους ασφαλείας, όλες οι μηχανές θα είναι εκτός τάσης.



Σχήμα (6.53): Τσιμπίδα TIG και τα εξαρτήματά της



Σχήμα (6.54): Τσιμπίδα MIG και τα εξαρτήματά της

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6		Υπόδειγμα άσκησης 6-2
ΘΕΣΗ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	- Μηχανή CC/CV (MMA, TIG, MIG/MAG, FCAW) - Τσιμπίδα TIG με καλώδιο - Σημείο γείωσης με καλώδιο	- Συνδέουμε και αποσυνδέουμε την τσιμπίδα και το σώμα γείωσης. - Τοποθετούμε το διακόπτη, διαδοχικά, στις τρεις θέσεις (MMA, TIG, MIG/MAG). - Ανοίγουμε τον τροφοδότη σύρματος και εξετάζουμε το σύστημα τροφοδοσίας.
2	- Μηχανή CC (MMA, TIG) - Τσιμπίδα MMA με καλώδιο - Σημείο γείωσης	- Συνδέουμε και αποσυνδέουμε τη τσιμπίδα και το σώμα γείωσης. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο μέταλλο βάσης.
3	- Μηχανή CV (MIG/MAG, FCAW) - Τροφοδότης σύρματος - Τσιμπίδα MIG με καλώδιο - Σημείο γείωσης	- Συνδέουμε τον τροφοδότη με τη μηχανή. - Συνδέουμε και αποσυνδέουμε την τσιμπίδα MIG και το σώμα γείωσης. - Ανοίγουμε τον τροφοδότη σύρματος και εξετάζουμε το σύστημα τροφοδοσίας. - Αποσυνδέουμε τροφοδότη και μηχανή.
4	Τσιμπίδα TIG	- Λύνουμε την τσιμπίδα TIG, αφαιρούμε το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο και εξετάζουμε τα επί μέρους εξαρτήματα. - Επανατοποθετούμε το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο και δένουμε την τσιμπίδα. - Δίνουμε διάφορες κλίσεις στην κεφαλή της τσιμπίδας.
5	Τσιμπίδα MIG	- Λύνουμε την τσιμπίδα MIG και εξετάζουμε τα επί μέρους εξαρτήματα. - Εντοπίζουμε το μπεκ του σύρματος (το οποίο σποραδικά αντικαθίσταται). - Δένουμε την τσιμπίδα.
6	- Φιάλη αερίου - Μανόμετρο / ροόμετρο	- Ελέγχουμε αν η φιάλη είναι καλά στερεωμένη. - Ανοίγουμε το καπάκι της φιάλης. - Τοποθετούμε το μανόμετρο. - Βλέπουμε την πίεση στη φιάλη. - Ανοίγουμε για μερικά μόνο δευτερόλεπτα τη ροή του αερίου και βλέπουμε το δείκτη του ροόμετρου.
7	- Δείγματα επενδυμένων ηλεκτροδίων - Τσιμπίδα MMA - Δείγματα συρμάτων MIG/MAG - Δείγματα συρμάτων FCAW - Δείγματα ράβδων TIG	- Γίνεται προσεκτική εξέταση όλων των δειγμάτων. - Τοποθετούνται και αφαιρούνται τα επενδυμένα ηλεκτρόδια στην τσιμπίδα MMA.

ΑΣΚΗΣΗ 6-3

Η χρήση του εξοπλισμού προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, οι μαθητές θα είναι πλέον σε θέση να προχωρήσουν σε ασκήσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων. Στο τέλος της άσκησης πρέπει:

- Να γνωρίζουν τα είδη του εξοπλισμού ασφαλείας.
- Να χρησιμοποιούν σωστά τα μέσα ατομικής προστασίας.
- Να επιλέγουν το κατάλληλο γυαλί για τη μάσκα τους και να γνωρίζουν πώς να το αντικαθιστούν.
- Να γνωρίζουν πώς να προστατεύονται από την ηλεκτροπληξία.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μέσα ατομικής προστασίας της κάθε θέσης εργασίας
 - ✓ Μάσκα χειρός
 - ✓ Μάσκα κεφαλής
 - ✓ Δερμάτινες ποδιές ή πουκάμισα
 - ✓ Δερμάτινα μανίκια
- Προσωπικά μέσα ατομικής προστασίας (ο κάθε μαθητής θα έχει τα δικά του)
 - ✓ Δερμάτινα γάντια
 - ✓ Ακουστο κάλυμμα κεφαλής
 - ✓ Υποδήματα με μονωτικές σόλες και σίδερο μπροστά
- Προστατευτικά γυαλιά **μάσκας** με διάφορους βαθμούς προστασίας
- Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης για MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG με καλώδιο και σώμα γείωσης με καλώδιο
- Φιάλη αερίου και μανόμετρο / ροόμετρο

Πορεία εργασίας

- Λόγω της σοβαρότητας του θέματος της ασφαλείας, η άσκηση αυτή θα γίνει με μόνο δύο ή τρεις το πολύ θέσεις εργασίας, για να είναι ευχερής η υπόδειξη και η αποτροπή των λαθών. Όλοι οι μαθητές θα διέλθουν σε μία από τις θέσεις εργασίας. Η διαδικασία έχει ως εξής:
 1. Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (6-3).
 2. Καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης, παρακολουθεί τους συμμαθητές του και συμμετέχει στην υπόδειξη των λαθών.
 3. Μόλις έρθει η σειρά του, παραλαμβάνει τα μέσα ατομικής προστασίας της θέσης του.
 4. Εκτελεί τα βήματα της άσκησης που αναφέρονται στο φύλλο. Η τοποθέτηση γυαλιού στη μάσκα γίνεται όπως στο σχήμα (6.55).
 5. Μόλις τελειώσει, παραχωρεί τη θέση στον επόμενο συμμαθητή του.
- Ο τελευταίος τοποθετεί τον εξοπλισμό ατομικής προστασίας στην κανονική του θέση. Οι άλλοι μαθητές μαζεύουν τον υπόλοιπο εξοπλισμό και τον τοποθετούν στην κανονική του θέση.

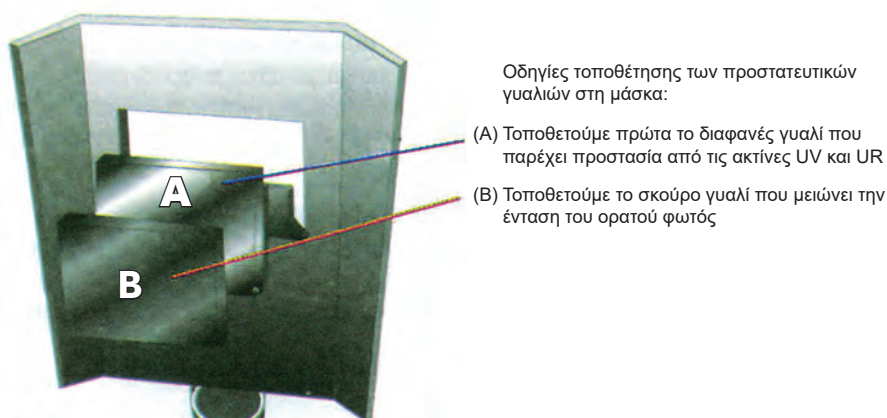
Παρατήρηση για την επιλογή του γυαλιού της μάσκας: Για την επιλογή του κατάλληλου γυαλιού για τη μάσκα, πρέπει να συμβουλευτεί ο μαθητής τον πίνακα (6-5). Επειδή όμως δεν έχει πάντα τον πίνακα αυτό διαθέσιμο, δίνουμε έναν προσεγγιστικό κανόνα που είναι πολύ εύκολος στην απομνημόνευση:

Ρεύμα μέχρι	Βαθμός προστασίας
40 A	9
80 A	10
180 A	11
280 A	12
380 A	13
480 A	14

Ο βαθμός προστασίας, είτε επιλεγεί από τον πίνακα (6-5) είτε από τον παραπάνω κανόνα, ενδέχεται να χρειάζεται διόρθωση, λόγω προσωπικής ευαισθησίας. Με τη χρήση του πίνακα (6-5), η πιθανότητα ανάγκης αλλαγής γυαλιού είναι μικρότερη.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Δε θα τεθεί ακόμη σε λειτουργία καμία μηχανή. Για λόγους ασφαλείας, όλες οι μηχανές θα είναι εκτός τάσης.
- Όταν στο φύλλο της άσκησης αναφέρεται: «εκκινούμε τη μηχανή», σημαίνει ότι απλά πατάμε το κουμπί ή γυρίζουμε το διακόπτη ON/OFF, χωρίς η μηχανή να είναι υπό τάση.



Σχήμα (6.55): Η τοποθέτηση των προστατευτικών γυαλιών στη μάσκα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6			Υπόδειγμα άσκησης 6-3
Είδος συγκόλλησης: MIG /MAG			Ένταση ρεύματος:..... ¹⁹
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
1	- Ετοιμασία της μάσκας χειρός - Ετοιμασία της μάσκας κεφαλής	- Επιλέγουμε τον απαιτούμενο βαθμό προστασίας. - Τοποθετούμε το γυαλί προστασίας UV/UR. - Τοποθετούμε το σκούρο γυαλί με το βαθμό προστασίας. - Επαναλαμβάνουμε το ίδιο για τη μάσκα κεφαλής.	
2	Προετοιμασία της μηχανής	- Ελέγχουμε αν η φιάλη του αερίου είναι σταθερά στερεωμένη. - Ανοίγουμε το καπάκι της φιάλης του αερίου. - Τοποθετούμε το μανόμετρο / ροοστάτη. - Συνδέουμε την τσιμπίδα στη μηχανή και στη φιάλη. - Συνδέουμε το σημείο γείωσης στο τεμάχιο.	
3	Έλεγχοι για την προστασία από ηλεκτροπληξία	- Βεβαιωνόμαστε ότι φοράμε τα ειδικά υποδήματα. - Ελέγχουμε μήπως η μόνωση της τσιμπίδας είναι σπασμένη. - Ελέγχουμε αν η μόνωση όλων των καλωδίων έχει καλώς. - Βεβαιωνόμαστε ότι όλα τα καπάκια της μηχανής είναι κλειστά. - Βεβαιωνόμαστε ότι η διατομή των καλωδίων είναι η σωστή (τσιμπίδας και γείωσης).	
4	Ατομικά μέσα προστασίας	- Φοράμε την ποδιά, τα μανίκια και τα γάντια. - Έχουμε μπροστά μας έτοιμη τη μάσκα χειρός.	
5	Αρχίζουμε την εργασία Προσοχή: Η μηχανή δεν πρέπει να είναι στην πρίζα!	- Εκκινούμε τη μηχανή. - Ανοίγουμε το αέριο (εικονικά). - Φέρνουμε τη μάσκα μπροστά μας. - Αρχίζουμε να κολλάμε (εικονικά). - Κλείνουμε το αέριο. - Κλείνουμε τη μηχανή.	
6	Εργασία με μάσκα κεφαλής	- Φοράμε τη μάσκα κεφαλής. - Εκκινούμε τη μηχανή. - Ανοίγουμε το αέριο (εικονικά). - Πιάνουμε την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια (για να μην υπάρχει ελεύθερο χέρι). - Αρχίζουμε να κολλάμε (εικονικά). - Κλείνουμε το αέριο. - Κλείνουμε τη μηχανή.	
7	Περάτωση της εργασίας	- Αποσυνδέουμε την τσιμπίδα. - Αποσυνδέουμε το σώμα γείωσης. - Αποσυνδέουμε το μανόμετρο / ροόμετρο από τη φιάλη και το τοποθετούμε στη θέση του. - Τοποθετούμε το καπάκι της φιάλης αερίου.	
8	Αρχίζουμε να κολλάμε (εικονικά).	Αφαιρούμε τα γυαλιά από τις μάσκες (για να τα τοποθετήσει ο επόμενος μαθητής).	

19. Συμπληρώνονται οι τιμές από τον καθηγητή. Χρησιμοποιούνται για την επιλογή του κατάλληλου γυαλιού μάσκας και για τον έλεγχο της διατομής των καλωδίων.

ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- Η εκτέλεση των πρώτων ηλεκτροσυγκολλήσεων
- Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης
- Τα τεχνικά προβλήματα
- Οι ρηγματώσεις και η σημασία του υδρογόνου
- Ο ποιοτικός έλεγχος

7. ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

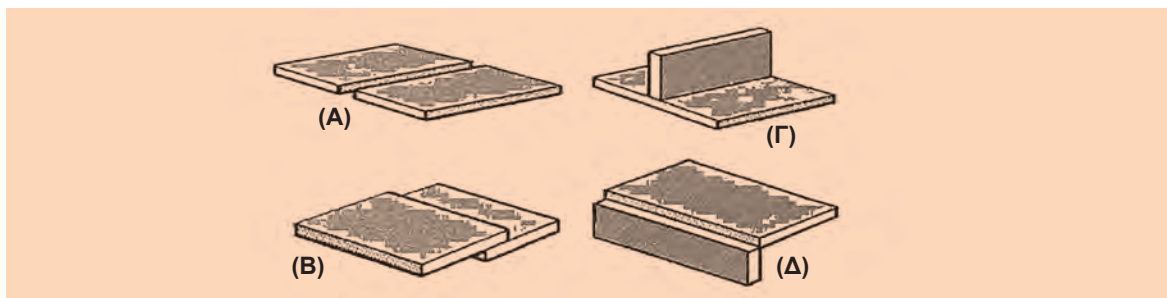
Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η ηλεκτροσυγκόλληση είναι μία εργασία που μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα και γι' αυτό είναι απαραίτητος ο ποιοτικός έλεγχος.
- Να έρθουν σε πρώτη επαφή με την τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων, κάνοντας απλές συγκολλήσεις MMA¹.
- Να γνωρίζουν τον τρόπο που αντιμετωπίζονται τα τεχνικά προβλήματα των ηλεκτροσυγκολλήσεων και συγκεκριμένα τα εξής:
 - ⇒ Το φύσημα του τόξου (μαγνητικό ή θερμικό)
 - ⇒ Τις παραμορφώσεις
 - ⇒ Τις ρηγματώσεις και τη μεγάλη σημασία που έχει η παρουσία του υδρογόνου
- Να αντιληφθούν τη σημασία του ποιοτικού ελέγχου των ηλεκτροσυγκολλήσεων.
- Να πραγματοποιούν ποιοτικούς ελέγχους των συγκολλήσεων που εκτέλεσαν.

7-1. Η προετοιμασία των άκρων των τεμαχίων

Υπάρχουν τέσσερις τρόποι για να έρθουν σε επαφή τα προς συγκόλληση ελάσματα, χωρίς να γίνεται διαμόρφωση των άκρων τους. Οι τρόποι αυτοί φαίνονται στο σχήμα (7.1). Όταν η ηλεκτροσυγκόλληση γίνεται μόνο από τη μία πλευρά, οι τρόποι αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν σε λαμαρίνες πάχους μέχρι 5 mm. Αν τα ελάσματα είναι μέχρι 10 mm, μπορεί να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση και από τις δύο πλευρές. Σε κάθε άλλη περίπτωση προηγείται η διαμόρφωση των άκρων των ελασμάτων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλή συγκόλληση μέχρι τη ρίζα.

Η πλέον συνήθης περίπτωση ηλεκτροσυγκόλλησης είναι η (Α) του σχήματος (7.1). Σ' αυτήν η απόσταση που θα αφεθεί μεταξύ των προς συγκόλληση ελασμάτων,



Σχήμα (7.1): Η επαφή των άκρων των ελασμάτων για πάχος μέχρι 5 mm

1. Δεν εξαντλείται το θέμα των συγκολλήσεων MMA, το οποίο θα αποτελέσει το κύριο αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου 8.

στην οριζόντια συγκόλληση, πρέπει να είναι με βάση τον πίνακα (7.1). Το διάκενο υπάρχει, επειδή **το πλάτος της ραφής της ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το ύψος διείσδυσης** εντός του μετάλλου. Αν δεν εφαρμοστεί αυτός ο κανόνας, υπάρχει ο κίνδυνος ρηγμάτωσης κατά μήκος της ραφής. Στα λεπτά ελάσματα το ύψος της ραφής ταυτίζεται με το πάχος του ελάσματος.

Πίνακας (7.1): Απόσταση ελασμάτων χωρίς προετοιμασία των άκρων (mm)

Πάχος ελασμάτων (mm)	< 2	2-3	3-4	4-5
Διάκενο σε επίπεδη ή οριζόντια θέση	0	1	2	3
Διάκενο σε θέση κατακόρυφη ή ουρανού	0	1	1,5	2

Οι επιφάνειες γύρω από τις άκρες που πρόκειται να ηλεκτροσυγκολληθούν, πρέπει να καθαρίζονται από σκουριές και ακαθαρσίες με τροχό ή συρματόβουρτσα. Καθαρισμός σε πλάτος 10-20 mm εκατέρωθεν της θέσης της ραφής είναι υπεραρκετός.

Στη συνέχεια, πρέπει να εξεταστεί μήπως υπάρχουν οργανικά υπολείμματα (κυρίως λάδια) πάνω στην προς συγκόλληση περιοχή. Όταν είναι πολύ λίγα, σχηματίζουν ένα λεπτό φιλμ και συχνά αγνοούνται, επειδή καίγονται εύκολα. Όμως, ακόμη και σε ασήμαντη ποσότητα, προξενούν πολύ μεγάλη ζημιά στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης, επειδή αποτελούν πηγή δημιουργίας υδρογόνου που εισέρχεται στη λίμνη συγκόλλησης.

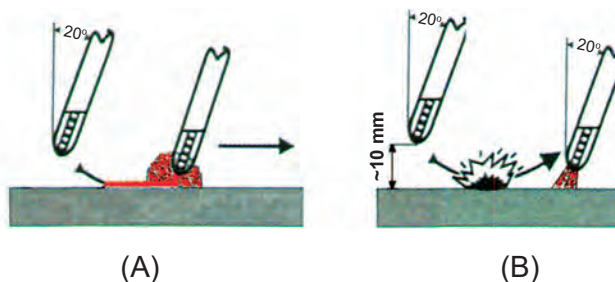
Σημαντική επισήμανση: Όπως θα αναπτυχθεί παρακάτω, ακόμη και σε πολύ μικρές περιεκτικότητες στο μέταλλο, το υδρογόνο γίνεται αιτία ρηγμάτωσης της ηλεκτροσυγκόλλησης. Γι' αυτό, τα τυχόν οργανικά υπολείμματα πρέπει να καθαρίζονται. Το υγρό καθαρισμού δεν πρέπει να περιέχει οργανικές ουσίες ή άλλους υδρογονάνθρακες (επειδή περιέχουν υδρογόνο).

7-2. Οι τεχνικές έναυσης και διατήρησης του τόξου

Η περιοχή που θα χρησιμοποιηθεί για την έναυση, πρέπει να είναι επιμελώς καθαρισμένη με τροχό ή συρματόβουρτσα και, ενδεχομένως, και με το κατάλληλο καθαριστικό. Αν η έναυση δε γίνει σωστά, ενδέχεται να κολλήσει το ηλεκτρόδιο πάνω στο μέταλλο βάσης. Υπάρχουν δύο τρόποι για την έναυση του τόξου:

- Με το τρίψιμο του ηλεκτροδίου πάνω στο μέταλλο βάσης. Θυμίζει τον τρόπο που ανάβει ένα σπύρτο και φαίνεται στην περίπτωση (Α) του σχήματος (7.2). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως, όταν η συγκόλληση γίνεται με **ρεύμα AC** ή όταν έχουμε **βασικά ηλεκτρόδια**². Σε ρεύμα DC χρησιμοποιείται από τους αρχάριους ηλεκτροσυγκολλητές, επειδή είναι λιγότερο πιθανό να κολλήσει το ηλεκτρόδιο.

2. Ηλεκτρόδια με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο. Θα αναφερθούμε σ' αυτά στο κεφάλαιο 8.



Σχήμα (7.2): Οι τεχνικές έναυσης του τόξου: (Α) Με τρίψιμο (Β) Με επαφή

- Με το άγγιγμα του ηλεκτροδίου πάνω στο μέταλλο βάσης και το απότομο σήκωμα, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Β) του σχήματος (7.2).

Επειδή απομακρύνουμε το ηλεκτρόδιο με ακαριαία κίνηση, συνήθως δημιουργείται ένα μακρύ τόξο. Πλησιάζουμε λίγο το ηλεκτρόδιο, για να έχουμε το σωστό μήκος τόξου.

Αν τυχόν κολλήσει το ηλεκτρόδιο στο μέταλλο βάσης, η αντίδραση θα πρέπει να είναι άμεση. Συνήθως αρκεί να γίνει μία απότομη κίνηση προς την αντίθετη κατεύθυνση ή προς τα πλάγια για να ξεκολλήσει. Αν δεν ξεκολλήσει, πρέπει να πατήσουμε **αμέσως** τη λαβίδα της τσιμπίδας και να **απελευθερώσουμε** το ηλεκτρόδιο, αλλιώς θα έχουμε ένα ισχυρό βραχυκύκλωμα που θα καταστρέψει το ηλεκτρόδιο, ενώ ενδέχεται να προκαλέσει και βλάβη στη μηχανή.

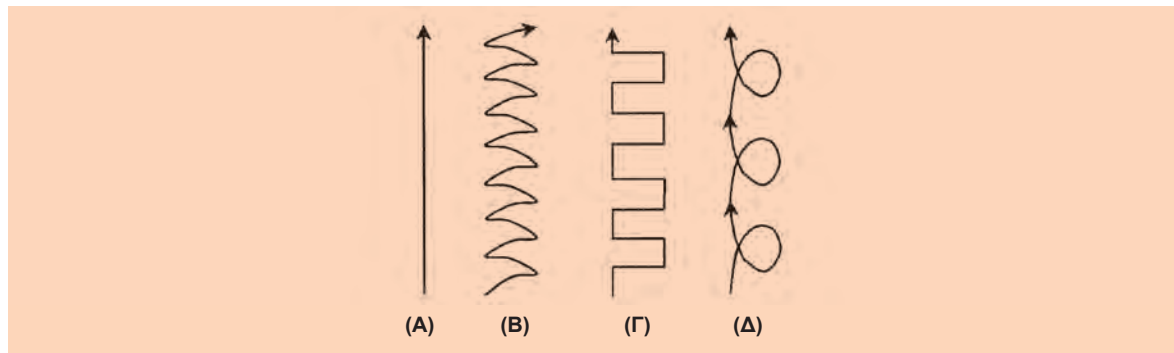
7-3. Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης

Το ηλεκτρόδιο πρέπει να κινείται με σταθερό χέρι και σταθερό μήκος τόξου. Η καλή ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης απαιτεί καλό συνδυασμό των παρακάτω **παραμέτρων**:

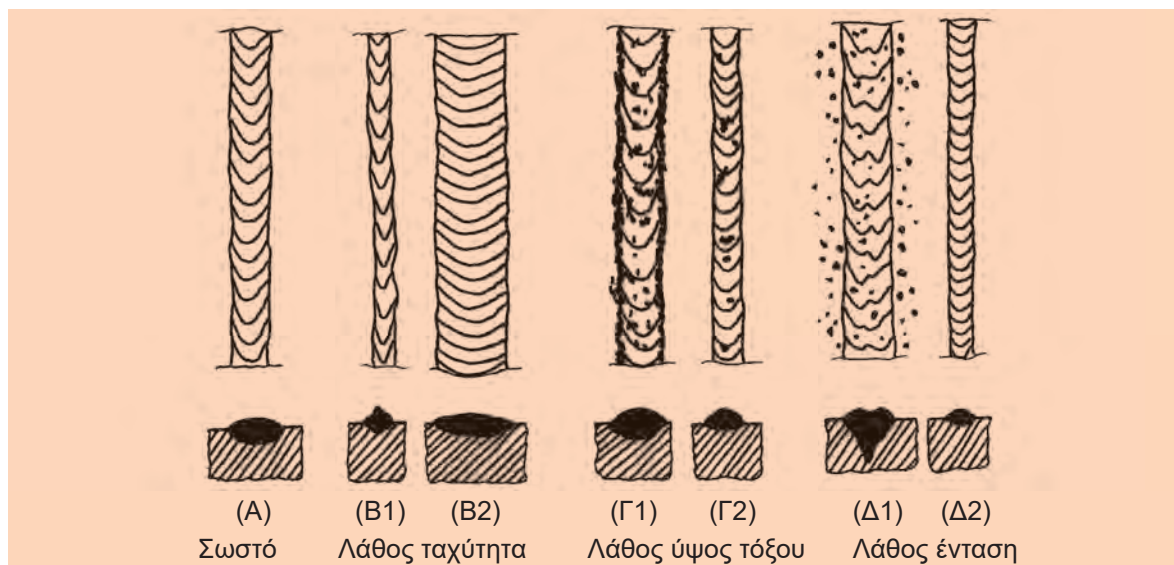
- Του **ηλεκτροδίου**, δηλαδή της διαμέτρου, του είδους της πάστας, της χημικής σύστασης κτλ.
- Της **έντασης του ρεύματος** (αναγράφεται στη συσκευασία των ηλεκτροδίων).
- Του **μήκους του τόξου**. Στα περισσότερα είδη ηλεκτροδίων είναι περίπου όση και η διάμετρος του ηλεκτροδίου³.
- Της **ταχύτητας και του τρόπου κίνησης** του ηλεκτροδίου. Το ηλεκτρόδιο μπορεί να κινείται με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους φαίνονται στο σχήμα (7.3).

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω φαίνεται στην αρχή δύσκολος. Όμως δεν είναι, επειδή η εμφάνιση της συγκόλλησης είναι αυτή που οδηγεί στο τι θα πρέπει να γίνει. Η σωστή εμφάνιση πρέπει να είναι όπως στο σχήμα (7.4), περίπτωση (Α). Η επιφάνεια της ραφής είναι λεία, χωρίς πόρους, πιτσιλίσματα ή υπολείμματα

3. Εκτός των βασικών που είναι στο ήμισυ της διαμέτρου.



Σχήμα (7.3): Οι συννηθέστεροι τρόποι κίνησης του ηλεκτροδίου: (Α) Ευθύγραμμη (Β) Ημισελήνου (Γ) Τραπεζοειδής (Δ) Κυκλική



Σχήμα (7.4): Η μορφή των ραφών ηλεκτροσυγκόλλησης: (Α) Σωστή (Β1) Μεγάλη ταχύτητα (Β2) Μικρή ταχύτητα (Γ1) Μεγάλο ύψος τόξου (Γ2) Μικρό ύψος τόξου (Δ1) Υψηλή ένταση (Δ2) Χαμηλή ένταση

σκουριάς και η επικαλυπτική σκουριά πρέπει να αφαιρείται εύκολα. Ανάλογα με το σφάλμα που γίνεται, έχουμε διαφορετική εμφάνιση και προβαίνουμε σε αντίστοιχες διορθωτικές κινήσεις. Αναλυτικότερα:

- Αν η **ταχύτητα** κίνησης είναι **μεγάλη**, η ραφή θα είναι στενή, λεπτή και πολύ αντισταθμική, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Β1). Η σκουριά θα απομακρύνεται σχετικά δύσκολα.
- Αν η **ταχύτητα** κίνησης είναι **μικρή** (Β2), θα έχουμε μία πεπλατυσμένη αλλά σχετικά εμφανίσιμη και ανθεκτική ραφή. Γίνεται όμως σπατάλη υλικού και χρόνου.
- Αν το **ύψος του τόξου** είναι **μεγάλο** (Γ1), η ραφή θα είναι πλατειά με πιτσιλίσματα. Επίσης, κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, είναι πολύ πιθανό το τόξο να αποκλίνει από την πορεία του.

- Αν έχουμε **μικρό ύψος τόξου** ($\Gamma 2$), η ραφή θα είναι στενή και αντιαισθητική. Η σκουριά θα απομακρύνεται δύσκολα και είναι πιθανό να αφήνει υπολείμματα που να μην αφαιρούνται.
- Αν η **ένταση** του ρεύματος είναι **υψηλή** ($\Delta 1$), θα υπάρχει ένας σχεδόν συνεχής κεντρικός κρατήρας κατά μήκος της ραφής. Επίσης, θα έχουμε πιτσιλίσματα.
- Αν έχουμε **χαμηλή ένταση** ρεύματος ($\Delta 2$), η ραφή θα είναι στενή και ψηλή. Η πάστα θα απομακρύνεται σχετικά δύσκολα.

Για την εκτέλεση καλής ραφής, ο ηλεκτροσυγκολλητής οφείλει, κατά διαστήματα, να αφαιρεί την πάστα και να ελέγχει τη μορφή της ραφής. Αν χρειάζεται, εκτελεί τις τυχόν απαιτούμενες διορθώσεις στις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν: **διάμετρος ηλεκτροδίου + ένταση ρεύματος + μήκος τόξου + κίνηση ηλεκτροδίου.**

Το πρόβλημα σε κάθε περίπτωση μπορεί να διορθωθεί με έναν από τους εξής δύο τρόπους:

- Με την απευθείας διόρθωση της παραμέτρου που παρουσιάζει το πρόβλημα.
- Με την επέμβαση σε μία από τις άλλες παραμέτρους.

Αν π.χ. η εμφάνιση της ραφής υποδηλώνει υψηλή ένταση ρεύματος, η προφανής λύση είναι η μείωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αν όμως θέλουμε να έχουμε υψηλό βαθμό παραγωγικότητας, μπορούμε να δοκιμάσουμε να διορθώσουμε την κατάσταση με επέμβαση σε μία από τις άλλες παραμέτρους, π.χ. με την ταχύτερη κίνηση του ηλεκτροδίου.

7-4. Τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Στο κεφάλαιο (1) αναπτύχθηκαν ορισμένα προβλήματα τα οποία οφείλονται στον τρόπο που είναι από τη φύση τους κατασκευασμένα τα μέταλλα. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με την επιλογή του κατάλληλου υλικού και σε ορισμένες περιπτώσεις με την εφαρμογή προθέρμανσης. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα υπενθυμίζονται στον πίνακα (7.2).

Στην ηλεκτροσυγκόλληση αντιμετωπίζουμε και άλλα τεχνικά προβλήματα, τα οποία περιγράφονται συνοπτικά στον πίνακα (7.3). Εδώ, σε αντίθεση με τα προβλήματα που οφείλονται στην υφή των μετάλλων, ο ηλεκτροσυγκολλητής μπορεί να τα αντιμετωπίσει.

7-5. Το φύσημα του τόξου

Το τόξο μπορεί να αποκλίνει από την πορεία του εξ αιτίας ηλεκτρομαγνητικών ή θερμικών φαινομένων. Η απόκλιση αυτή αποκαλείται φύσημα του τόξου⁴. Όταν παρουσιάζεται το φύσημα του τόξου, το μέταλλο δεν εναποτίθεται εκεί όπου το θέλουμε. Ακόμη, έχουμε πιτσιλίσματα και, γενικότερα, κακή ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.

4. Αγγλικός όρος: arc blow

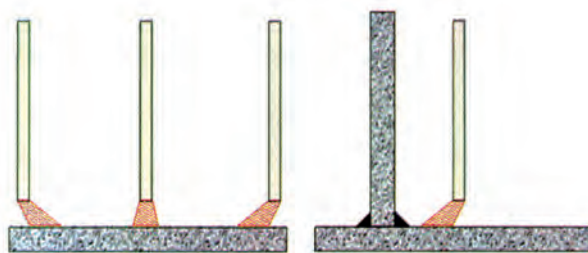
Πίνακας (7.2): Προβλήματα στη ΖΕΘ κατά την ηλεκτροσυγκόλληση λόγω της κατασκευής των μετάλλων

A/A	Ονομασία	Περιγραφή - Συνέπειες	Παράγραφος
1	Αλλαγή της κρυσταλλικής δομής	Το μέγεθος των κόκκων στη ΖΕΘ αλλάζει με συνέπεια τη μείωση της αντοχής, ιδίως όταν $\pi(C) > 0,2\%$.	1-5
2	Ρηγματώσεις από ακαθαρσίες (κυρίως S και P)	Οι ακαθαρσίες στο μέταλλο σχηματίζουν εύθραυστες ενώσεις στα όρια των κόκκων που γίνονται αιτία ρηγματώσεων.	1-10
3	Δημιουργία φυσαλίδων	Παράγονται αέρια, κυρίως CO_2 και άζωτο που σχηματίζουν φυσαλίδες που αποτελούν σημεία έναρξης της θραύσης.	1-12
4	Γήρανση	Ο χάλυβας γίνεται εύθραυστος. Οφείλεται κυρίως στο άζωτο και επηρεάζει τους χάλυβες με $\pi(C) < 0,15\%$	1-13
5	Σε χρωμιούχους χάλυβες: κατακρήμνιση καρβιδίων	Σχηματίζονται καρβίδια του χρωμίου που συγκεντρώνονται στα όρια των κόκκων και κάνουν το μέταλλο εύθραυστο.	1-15

Πίνακας (7.3): Τα προβλήματα ηλεκτροσυγκόλλησης τα οποία πρέπει να αντιμετωπίσει ο ηλεκτροσυγκολλητής

A/A	Ονομασία	Περιγραφή - Συνέπειες	Αντιμετώπιση
1	Το φύσημα του τόξου (μαγνητικό ή θερμικό φύσημα)	Το τόξο, ξεφεύγει από την πορεία του, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα συγκόλλησης.	Με αλλαγή του σημείου γείωσης, με την κατάλληλη κλίση του ηλεκτροδίου ή με ρεύμα AC.
2	Θερμικές παραμορφώσεις	Από τη θερμότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης παραμορφώνονται τα εξαρτήματα και ιδίως οι λαμαρίνες μικρού πάχους.	Με την εκτέλεση της ραφής με μικρού μήκους κορδόνια κατά αποστάσεις.
3	Ρηγματώσεις εξ αιτίας του υδρογόνου (προέρχεται κυρίως από την υγρασία της ατμόσφαιρας)	Το υδρογόνο έχει μεγάλη διαλυτότητα στον ωστενίτη αλλά μικρή στο φερρίτη. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία φυσαλίδων κατά την ψύξη.	Με την εφαρμογή προστατευτικής ατμόσφαιρας γύρω από τη συγκόλληση ή με τη χρήση βασικών ηλεκτροδίων.
4	Ρηγματώσεις από άλλες αιτίες (εκτός του υδρογόνου)	Η χημική σύσταση, οι ακαθαρσίες, η ταχεία ψύξη, τυχόν κοίλη μορφή της ραφής και η πολύ βαθιά διείσδυση, είναι οι συνήθεις αιτίες.	Σωστή επιλογή μετάλλου και ηλεκτροδίου, εφαρμογή προθέρμανσης, ελεγχόμενος βαθμός ψύξης, καλός σχεδιασμός της ραφής.

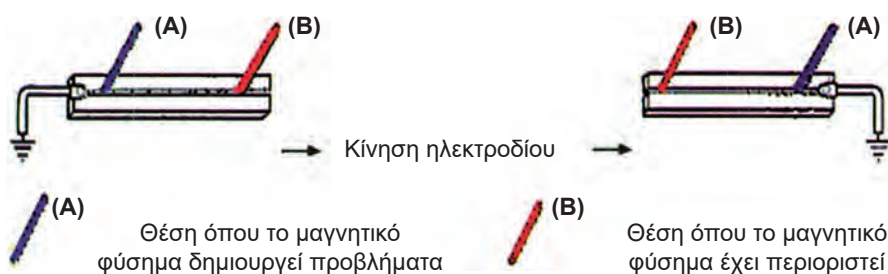
Όταν το φύσημα οφείλεται σε ηλεκτρομαγνητικά αίτια, τότε ονομάζεται **μαγνητικό φύσημα** και είναι αυτό που δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα. Δε θα επεκταθούμε στην επιστημονική εξήγηση και ερμηνεία του φαινομένου. Το μόνο που μας ενδιαφέρει είναι ότι παρουσιάζεται, συνήθως, σε μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος DC (άνω των 200 A).



Σχήμα (7.5): Περιοχές στις οποίες προκαλείται το μαγνητικό φύσημα.

Για να μπορέσει ο ηλεκτροσυγκολλητής να αντιμετωπίσει το μαγνητικό φύσημα, χρειάζεται να γνωρίζει τα αποτελέσματά του. Συγκεκριμένα, συμβαίνουν τα εξής:

- Το τόξο τείνει να απομακρυνθεί από το σημείο γείωσης.
- Το τόξο τείνει να έλκεται προς την πλευρά που υπάρχει η περισσότερη μάζα, όπως φαίνεται στο σχήμα (7.5). Όταν το τόξο εφαρμόζεται στο μέσο της επιφάνειας, δε δημιουργείται μαγνητικό φύσημα. Στα άκρα όμως το φαινόμενο είναι έντονο.



Σχήμα (7.6): Αντιμετώπιση του μαγνητικού φύσηματος: (A) Ισχυρό μαγνητικό φύσημα (B) Περιορισμός του φύσηματος με αλλαγή της θέσης του σημείου γείωσης

Με το συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων, μπορεί να περιοριστεί το φύσημα του τόξου με την επιλογή της κατάλληλης θέσης του σημείου γείωσης. Στο σχήμα (7.6), στις θέσεις (A) έχουμε ισχυρό μαγνητικό φύσημα, ενώ στις (B) αυτό έχει περιοριστεί. Η λύση είναι να ξεκινήσει η συγκόλληση με το σημείο γείωσης κοντά στο

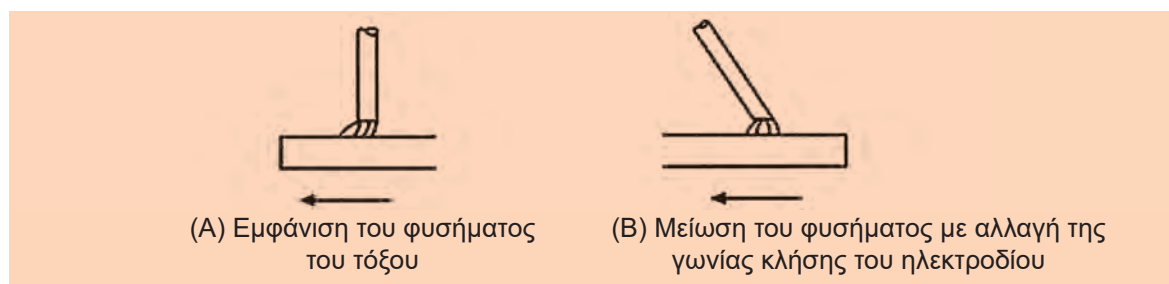
σημείο εκκίνησης και, όταν εμφανιστεί το φύσημα του τόξου, να μεταφερθεί στην αντίθετη θέση.

Η απόκλιση του τόξου ενδέχεται να έχει και θερμικά αίτια. Αυτό είναι το **θερμικό φύσημα** και οφείλεται στο ότι το τόξο τείνει να έρχεται σε επαφή με τη θερμότερη περιοχή, δηλαδή με το λουτρό συγκόλλησης και δείχνει «απροθυμία» στο να μετακινηθεί προς την ψυχρότερη περιοχή του μετάλλου.

Όταν παρουσιαστεί το φύσημα, αντιμετωπίζεται με διάφορους τρόπους, αλλά δύσκολα εκμηδενίζεται πλήρως. Η αντιμετώπισή του δεν μπορεί να γίνει ακολουθώντας αυστηρά κάποιους κανόνες. Γι' αυτό η εμπειρία του ηλεκτροσυγκολλητή έχει τον πρώτο λόγο.

Εκτός από την αλλαγή της θέσης του σημείου σύνδεσης της γείωσης, άλλοι απλοί τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου είναι:

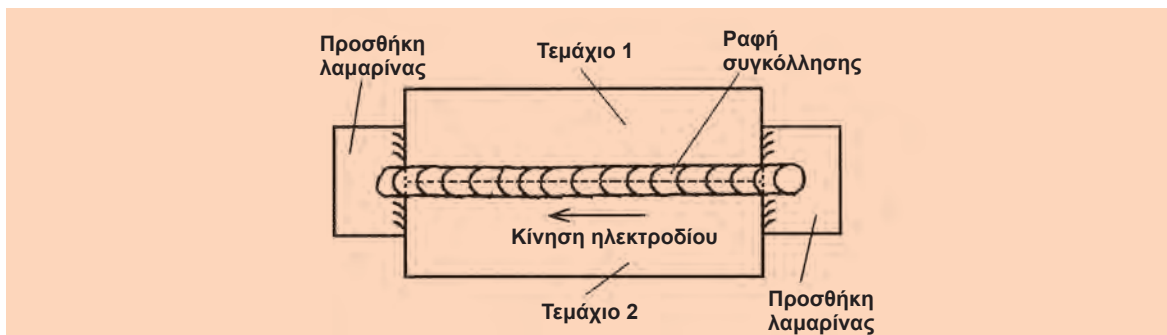
- Με τη χρήση ρεύματος AC, ιδίως όταν η ένταση του ρεύματος υπερβαίνει τα 250 A.
- Με τη μετακίνηση του ηλεκτροδίου υπό γωνία αντίθετη του φύσηματος. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (7.7).



Σχήμα (7.7): Περιορισμός του φύσηματος με αλλαγή κλίσης του ηλεκτροδίου

Περισσότερο δύσκολες τεχνικές για τη μείωση του φύσηματος είναι οι εξής:

- Ενώνοντας τα προς συγκόλληση τεμάχια, όταν αυτά δεν είναι σε καλή επαφή ή δεν είναι καν σε επαφή. Η ένωση γίνεται εκτελώντας πονταρισίες κατά διαστήματα.
- Με τη μείωση της έντασης του ρεύματος ή με τη μείωση του ύψους του τόξου ή με ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο. Στην περίπτωση αυτή, ενδεχομένως να χρειαστεί και αλλαγή της ταχύτητας κίνησης του ηλεκτροδίου.
- Τυλίγοντας το καλώδιο γείωσης γύρω από το τεμάχιο. Αυτό εξουδετερώνει εν μέρει τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που προκαλούν το μαγνητικό φύσημα.
- Με τη χρησιμοποίηση βοηθητικών λαμαρινών στα άκρα της υπό κατασκευή ραφής, όπως φαίνεται στο σχήμα (7.8). Αυτές θα πρέπει να έχουν το ίδιο πάχος με τα τεμάχια.



Σχήμα (7.8): Περιορισμός φυσήματος στα άκρα της ένωσης δύο λαμαρινών

7-6. Θερμικές παραμορφώσεις

Η θέρμανση που αναπτύσσεται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, μπορεί να έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων. Αυτές εμφανίζονται, όταν θα κρυώσει το μέταλλο και είναι η αιτία των παραμορφώσεων που παρατηρούνται. Αν τα τεμάχια δεν είναι ελεύθερα να κινηθούν (δηλαδή να παραμορφωθούν) οι εσωτερικές τάσεις, σε ακραίες περιπτώσεις, μπορούν να προκαλέσουν μέχρι και τη ρηγμάτωση των συγκολλήσεων. Στο σχήμα (7.9), βλέπουμε μερικές συνέπειες από παραμορφώσεις λαμαρινών κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

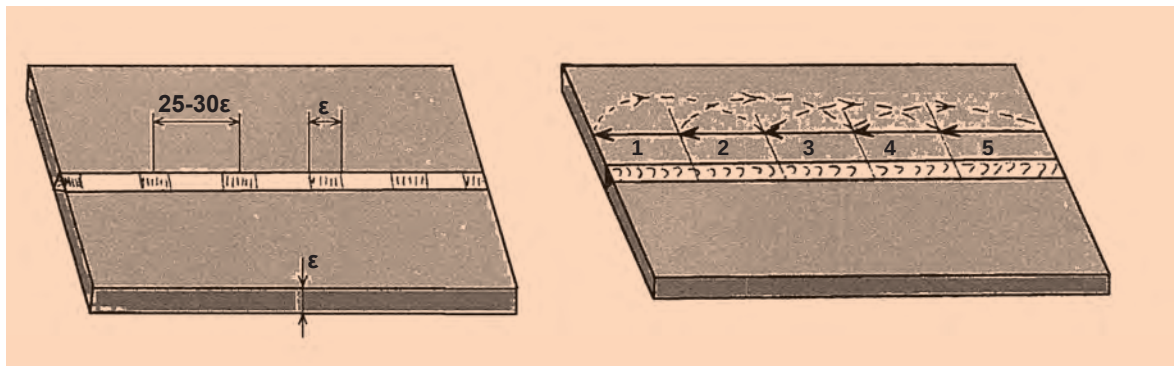


Σχήμα (7.9): Παραμορφώσεις λαμαρινών κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Για την αντιμετώπιση των παραμορφώσεων ακολουθούνται διάφορες τεχνικές. Εδώ θα περιγράψουμε ορισμένες από αυτές. Δεν έχει τόσο σημασία η περιγραφή των τεχνικών, όσο ο τρόπος με τον οποίο σκέπτεται ο ηλεκτροσυγκολλητής, για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις.

(α) Συγκόλληση δύο λαμαρινών μικρού πάχους: Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μόνο ένα κορδόνι. Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (7.10) και έχει ως εξής:

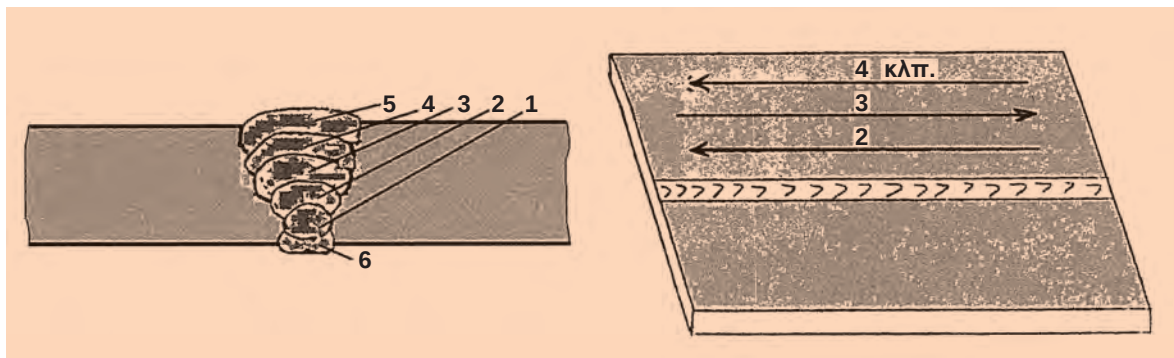
- Κάνουμε μικρές πονταρισιές που μπορούν να απέχουν μεταξύ τους από 25 μέχρι 35 φορές το πάχος του ελάσματος.
- Με τις πονταρισιές, η λαμαρίνα έχει χωριστεί σε τμήματα που στο σχήμα (7.10) φαίνονται αριθμημένα από το 1 μέχρι το 5. Τα συγκολλούμε με την εξής σειρά: 1-3-5-2-4



Σχήμα (7.10): Συγκόλληση λαμαρινών με ένα μόνο κορδόνι

(β) Συγκόλληση λαμαρινών μεγάλου πάχους, όταν απαιτούνται περισσότερα του ενός κορδόνια, αλλά μόνο από τη μία πλευρά:

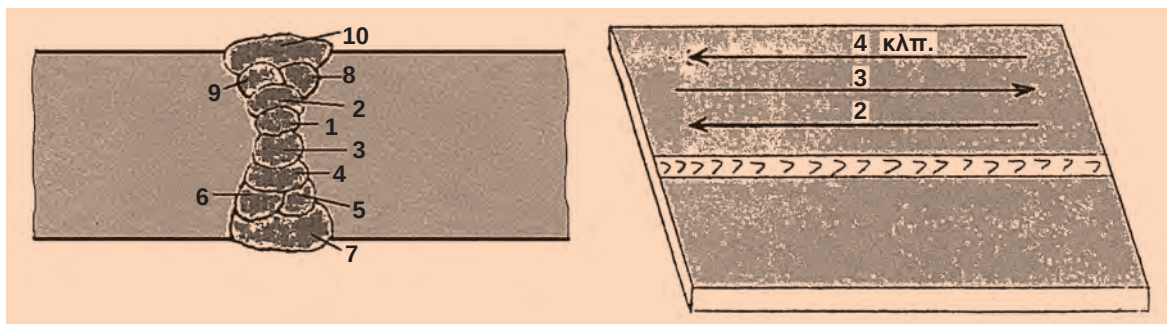
- Για το πρώτο κορδόνι ακολουθούμε την προηγούμενη διαδικασία.
- Τα υπόλοιπα κορδόνια τα περνάμε με τη σειρά που φαίνεται στο σχήμα (7.11). Τα επιπλέον κορδόνια προϋποθέτουν πολύ καλό καθαρισμό της σκουριάς της πάστας.
- Στο τέλος, γυρίζουμε ανάποδα το τεμάχιο, τροχίζουμε τη ρίζα, επειδή εκεί η πρόσφυση και η καθαρότητα της ένωσης είναι πολύ κακή. Μετά εκτελούμε την τελευταία ραφή που στο σχήμα (7.11) έχει τον αριθμό (6). Αυτή είναι καλύτερα να γίνεται με TIG.



Σχήμα (7.11): Συγκόλληση λαμαρινών με περισσότερα του ενός κορδόνια αλλά μόνο από τη μία πλευρά

(γ) Συγκόλληση λαμαρινών μεγάλου πάχους, όταν απαιτούνται κορδόνια και από τις δύο πλευρές:

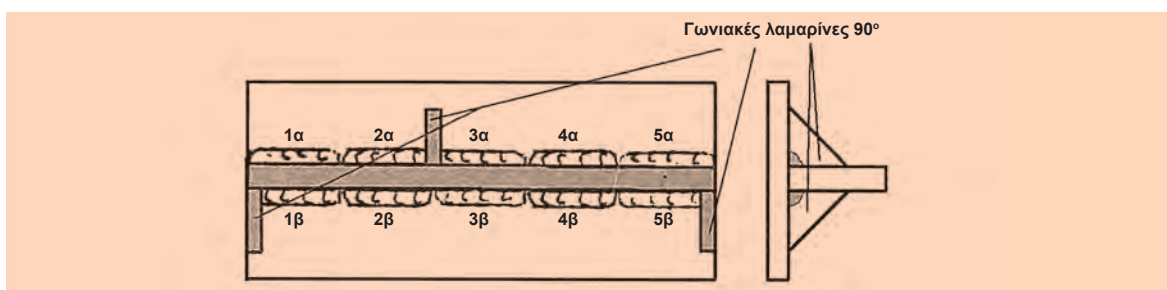
- Για το πρώτο κορδόνι ακολουθούμε την διαδικασία του σχήματος (7.10).
- Τα υπόλοιπα κορδόνια τα περνάμε με τη σειρά που φαίνεται στο σχήμα (7.12).



Σχήμα (7.12): Συγκόλληση λαμαρίνας και από τις δύο πλευρές.

(δ) Κάθετη συγκόλληση δύο λαμαρινών: Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (7.13). Ακολουθούμε τα εξής βήματα:

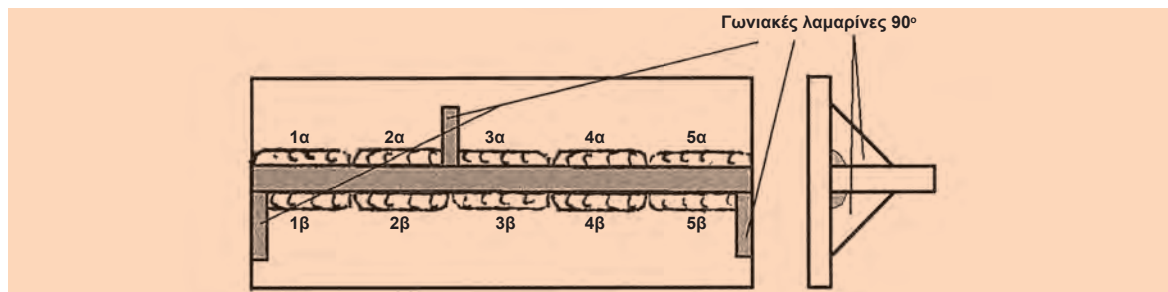
- Ποντάρουμε δύο γωνιακά ελάσματα κοντά στις άκρες, για να διατηρούνται οι λαμαρίνες στην κάθετη θέση κατά τη διάρκεια της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν το μήκος είναι μεγάλο, μπορεί να χρειαστεί και ένα ακόμη γωνιακό έλασμα στο μέσον.
- Συγκρατούμε τα τεμάχια στη θέση τους, εκτελώντας πονταρίσματα και από τις δύο μεριές.



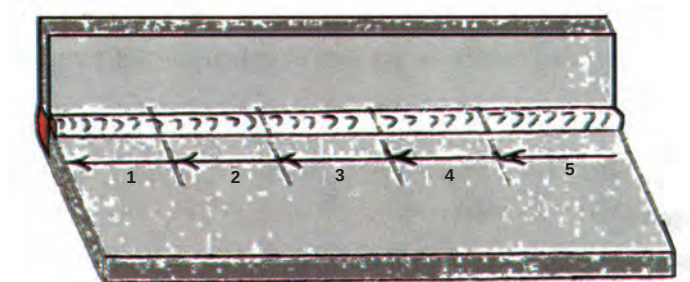
Σχήμα (7.13): Κάθετη συγκόλληση δύο λαμαρινών

- Η σειρά των συγκολλήσεων είναι:
(1α - 1β) - (3α - 3β) - (5α - 5β) - (2α - 2β) - (4α - 4β)
- Εναλλακτική λύση στη σειρά των συγκολλήσεων φαίνεται στο σχήμα (7.14).
- Αν απαιτούνται και άλλα κορδόνια, τα περνάμε με τη σειρά του σχήματος (7.11).
- Αφαιρούμε τις γωνίες-οδηγούς και εκτελούμε τη συγκόλληση στα μικρά τμήματα στα οποία η παρουσία των γωνιών κάλυπτε τα σημεία της συγκόλλησης.

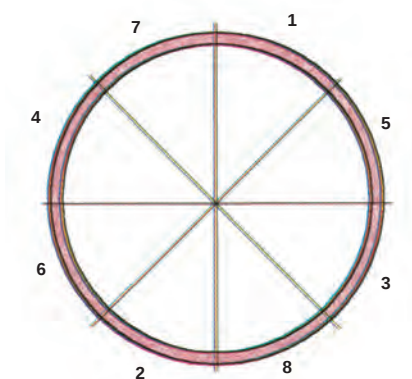
(ε) Γωνιακή συγκόλληση δύο λαμαρινών: Βασικά ακολουθούμε την ίδια ακριβώς διαδικασία με αυτή της κάθετης συγκόλλησης των λαμαρινών. Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (7.15). Έχει περισσότερη δυσκολία, επειδή χρειάζεται πολ-



Σχήμα (7.14): Εναλλακτικός τρόπος κάθετης συγκόλλησης δύο λαμαρινών



Σχήμα (7.15): Γωνιακή συγκόλληση δύο λαμαρινών



Σχήμα (7.16): Κυκλική συγκόλληση

λές μετακινήσεις του τεμαχίου κατά τη φάση της συγκόλλησης και από τις δύο μεριές⁵.

(στ) Κυκλική συγκόλληση. Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (7.16). Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, είναι προφανής. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται, κυρίως, στη συγκόλληση σωλήνων.

5. Υπάρχουν στο εμπόριο ιδιοσκευές που διευκολύνουν την εργασία.

7-7. Οι ρηγματώσεις

Οι ρηγματώσεις αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους της ηλεκτροσυγκόλλησης και συχνά ανιχνεύονται δύσκολα. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

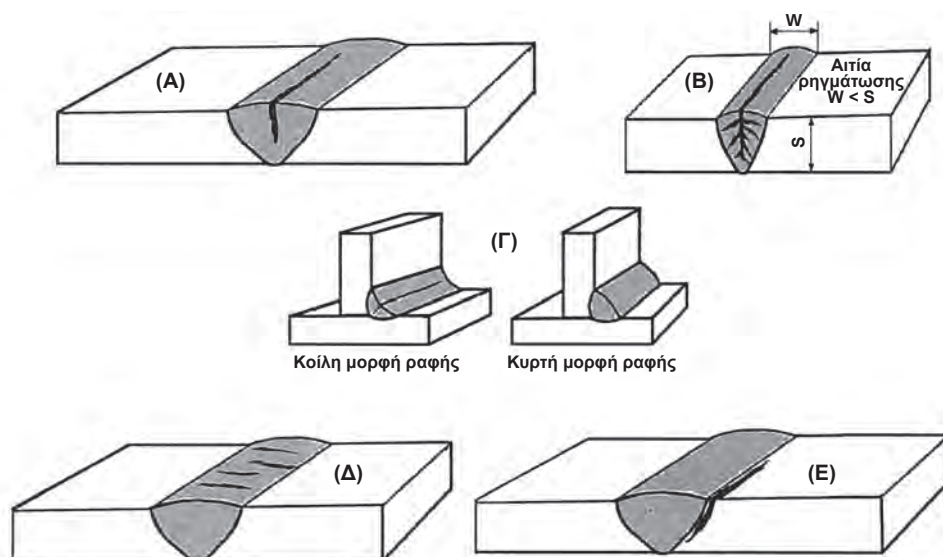
(α) Διαμήκης ρηγμάτωση πάνω στη συγκόλληση

Έχουν τη μορφή του σχήματος (7.17), περιπτώσεις (Α), (Β), (Γ). Προκαλείται από διάφορες αιτίες και συγκεκριμένα:

- ✓ Από τις ακαθαρσίες που υπάρχουν στο μέταλλο βάσης και στο εναποτιθέμενο μέταλλο. Η μορφή τους είναι όπως στην περίπτωση (Α). Ο λόγος που η ρηγμάτωση παρουσιάζεται στο κέντρο της ραφής είναι επειδή αυτή η περιοχή στερεοποιείται τελευταία, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνονται εκεί όλες οι ακαθαρσίες του μετάλλου.
- ✓ Από μεγάλη διείσδυση του προστιθέμενου μετάλλου, που φαίνεται στην περίπτωση (Β), με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο ύψος ραφής. **Το ύψος της ραφής δεν πρέπει να υπερβαίνει το πλάτος.**
- ✓ Από την ταχεία ψύξη της ραφής, όταν η επιφάνειά της είναι κοίλη, όπως στην περίπτωση (Γ).
- ✓ Από συνδυασμό όλων των παραπάνω.

(β) Κάθετη ρηγμάτωση πάνω στην ηλεκτροσυγκόλληση

Η μορφή είναι όπως η περίπτωση (Δ) του σχήματος (7.17). Προκαλείται από ασυμφωνία μετάλλου βάσης και ηλεκτροδίου. Συγκεκριμένα, όταν το εναποτιθέμενο



Σχήμα (7.17): Είδη ρηγματώσεων της συγκόλλησης: (Α) Από τις ακαθαρσίες του μετάλλου (Β) Από μεγάλη διείσδυση (Γ) Από κυρτή μορφή της ραφής σε συνδυασμό με την ταχεία ψύξη (Δ) Από κακή επιλογή ηλεκτροδίου (Ε) Εξ αιτίας της παρουσίας του υδρογόνου

μέταλλο παρουσιάζει πολύ διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες από το μέταλλο βάσης, καθώς συστέλλεται, δημιουργούνται τάσεις που μπορεί να το ρηγματώσουν. Καμιά φορά, μπορεί στο φαινόμενο αυτό να συμβάλει και η παρουσία υδρογόνου.

(γ) Διαμήκης ρηγμάτωση δίπλα στη συγκόλληση

Αυτή είναι η πλέον συνηθισμένη περίπτωση ρηγμάτωσης και φαίνεται στην περίπτωση (Ε) του σχήματος (7.17). Προκαλείται από την παρουσία υδρογόνου που είναι και η **μοναδική** αιτία της. Η θραύση επέρχεται, συνήθως, μετά από πολλές ώρες και γι' αυτό μόνο **μετά 48 ώρες** από τη συγκόλληση μπορούμε να είμαστε σίγουροι.

7-8. Η αντιμετώπιση ρηγματώσεων που δεν οφείλονται στο υδρογόνο

Η διαμήκης ρηγμάτωση στο μέσο της ραφής, περιπτώσεις (Α), (Β) και (Γ) του σχήματος (7.17), θα αντιμετωπιζόταν εύκολα, αν ξέραμε ποια ή ποιες από τις τρεις αιτίες την προκάλεσε.

Η περίπτωση (Α) είναι σχεδόν ανύπαρκτη στους χάλυβες με $\pi(C) \leq 0,15\%$. Όταν $\pi(C) > 0,15\%$, πρέπει να γίνεται επιλογή κατάλληλου μετάλλου βάσης με μικρή περιεκτικότητα θείου (S) και φωσφόρου (P) ($< 0,04\%$). Το S δεσμεύεται από το Μαγγάνιο (Mn), και γι' αυτό όλα τα ηλεκτρόδια περιέχουν Mn. Δυστυχώς όμως, δεν υπάρχει τρόπος για τη δέσμευση του P.

Στην περίπτωση (Β) μειώνεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, για να μειωθεί η διείσδυση, ή αλλάζει ο τρόπος διαμόρφωσης των προς συγκόλληση άκρων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι το πλάτος εναπόθεσης του μετάλλου θα είναι τουλάχιστον όσο το ύψος.

Στην περίπτωση (Γ) εκτελείται άλλο ένα κορδόνι, για να πάρει η συγκόλληση κυρτή ή επίπεδη μορφή, ή αλλάζουμε τύπο ηλεκτροδίου. Για να συμβεί αυτή η ρηγμάτωση, πρέπει να υπάρχουν ακαθαρσίες στο μέταλλο βάσης (S ή P) σε μεγάλη περιεκτικότητα.

Παρατήρηση: Υπάρχουν ηλεκτρόδια που δημιουργούν μόνο κοίλη μορφή. Να μη δημιουργηθεί η εντύπωση ότι αυτά τα ηλεκτρόδια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται. Απλά η ρηγμάτωση διευκολύνεται στην κοίλη μορφή, επειδή έχει μικρότερη αντοχή από την κυρτή.

Η κάθετη ρηγμάτωση της περίπτωσης (Δ) του σχήματος (7.17) είναι σχετικά σπάνια, επειδή οφείλεται σε εσφαλμένη επιλογή του ηλεκτροδίου και, συγκεκριμένα, στη χρήση ηλεκτροδίου με **μικρότερη** ελαστικότητα από το μέταλλο βάσης, που πάντα, όμως, παρουσιάζει **μεγαλύτερη** αντοχή. Αν συμβεί, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρόδια με **μικρότερη** αντοχή.

7-9. Ο ρόλος του υδρογόνου στις ρηγματώσεις

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος ρηγμάτωσης προέρχεται από το υδρογόνο. Αυτό διεισδύει στο υγρό μέταλλο και από εκεί στον ωστενίτη ο οποίος μπορεί να διαλύσει

μεγάλη ποσότητα υδρογόνου. Όταν ο ωστενίτης αρχίζει να μετατρέπεται σε φερρίτη, που δεν έχει την ίδια ικανότητα διάλυσης υδρογόνου, τότε απελευθερώνεται το υδρογόνο και προκαλεί εσωτερικές τάσεις. Αυτές, αν το υδρογόνο είναι σε μεγάλη ποσότητα, οδηγούν στη ρηγμάτωση. Τα πράγματα είναι ακόμη χειρότερα, αν, κατά το μετασχηματισμό του ωστενίτη, έχουμε και δημιουργία μαρτενσίτη, επειδή αυτός δεν έχει καμία δυνατότητα διάλυσης του υδρογόνου. Η αποφυγή της δημιουργίας μαρτενσίτη γίνεται με την εφαρμογή αργού ρυθμού ψύξης.

Το υδρογόνο προέρχεται κυρίως από την ατμόσφαιρα, όπου υπάρχει υπό μορφή υγρασίας (διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο από τη θερμοκρασία του τόξου). Τυχόν υδρογονάνθρακες πάνω στο μέταλλο (λάδια κτλ.) που δεν έχουν καθαριστεί, αποτελούν σοβαρή πηγή υδρογόνου. Άλλες πηγές είναι το ίδιο το ηλεκτρόδιο που περιέχει υδρογόνο καθώς και η πάστα του.

7-10. Η πρόληψη των ρηγματώσεων εξ αιτίας του υδρογόνου

Το φαινόμενο ρηγμάτωσης εξ αιτίας του υδρογόνου αντιμετωπίζεται από τον ηλεκτροσυγκολλητή με τους εξής τρόπους:

- Με τη χρήση ηλεκτροδίων χαμηλού υδρογόνου. Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου ονομάζονται **βασικά ηλεκτρόδια**. Πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται μόνο, όταν, πράγματι, είναι απαραίτητα, επειδή έχουν αρκετές δυσκολίες στη χρήση τους.
- Με τη συγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα χωρίς υδρογόνο.
- Με την προθέρμανση, επειδή μετά από αυτή η ψύξη του μετάλλου διαρκεί περισσότερο. Αυτό δίνει χρόνο στο υδρογόνο να απομακρυνθεί, επειδή ο μετασχηματισμός του ωστενίτη σε φερρίτη γίνεται πιο αργά και συγχρόνως δε σχηματίζεται μαρτενσίτης.

Το ερώτημα είναι πότε θα χρειαστεί να καταφύγουμε σε συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου. Η απάντηση βρίσκεται στην κρισιμότητα της αντοχής της συγκόλλησης. Αν π.χ. πρόκειται να συγκολληθεί το φτερό ενός αυτοκινήτου, δεν υπάρχει θέμα ισχυρής συγκόλλησης. Αν όμως πρόκειται για το σασί ενός βαρέος οχήματος, τότε καλό είναι να σκεφτούμε να εκτελέσουμε συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου, για να είμαστε σίγουροι. Ο κανόνας είναι:

Όταν πρόκειται για εξάρτημα που θα υποβληθεί σε ισχυρές καταπονήσεις, πρέπει να γίνεται συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου.

Οι χάλυβες ωστενιτικής δομής δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα ρηγμάτωσης εξ αιτίας του υδρογόνου. Έχουν όμως πρόβλημα ρηγμάτωσης από άλλες αιτίες. Π.χ. οι ανοξείδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν το πρόβλημα της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου.

7-11. Η παρουσία πόρων και λοιπών ελαττωμάτων

Η παρουσία πόρων στη ραφή μίας ηλεκτροσυγκόλλησης είναι σχεδόν αναπόφευκτη. Ευτυχώς όμως που οι πόροι σε αραιές αποστάσεις και σε μικρό αριθμό δε δημιουργούν προβλήματα. Αν είναι πυκνοί, μπορεί να αποτελέσουν θραύση κατά τη λειτουργία.

Υπάρχουν δύο ποιότητες ραφής. Αυτές είναι οι GRADE I για υψηλές απαιτήσεις και η GRADE II για συνήθεις απαιτήσεις. Στον πίνακα (7.5) βλέπουμε τι προβλέπεται για τις δύο αυτές ποιότητες. Η πλήρης ανίχνευση των πόρων γίνεται μόνο με ακτινογραφία ή με υπέρηχους. Με οπτικό έλεγχο είναι ορατοί μόνο οι επιφανειακοί πόροι. Αν αυτοί είναι πολλοί, είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι και στο εσωτερικό της συγκόλλησης θα είναι πολύ περισσότεροι.

Πίνακας (7.5): Οι ποιότητες ηλεκτροσυγκόλλησης ανάλογα με τον αριθμό των επιτρεπόμενων πόρων

Ποιότητα	Διάμετρος πόρων (mm)	Μέγιστος αριθμός πόρων ανά 150 mm	Ποιότητα	Διάμετρος πόρων (mm)	Μέγιστος αριθμός πόρων ανά 150 mm
GRADE I	1,2 - 1,6	8	GRADE II	1,6 - 2,0	14
	0,8 - 1,2	15		1,2 - 1,6	22
	0,4 - 0,8	22		0,4 - 1,2	44
	0,4 - 1,6	Συνολικά 18 ως εξής: 1,2 - 1,6 : 3 0,8 - 1,2 : 5 0,4 - 0,8 : 10		0,4 - 2,0	Συνολικά 27 ως εξής: 0,4 - 1,2 : 16 1,6 - 2,0 : 3 1,2 - 1,6 : 8

Μία πολύ σοβαρή ανωμαλία είναι να μην υπάρχει επαρκής διείσδυση μέχρι τη ρίζα. Στην περίπτωση αυτή η ρίζα τροχίζεται και γεμίζεται, κατά προτίμηση με TIG ή με βασικά ηλεκτρόδια. Σε συγκολλήσεις υψηλών απαιτήσεων το τρόχισμα και το γέμισμα της ρίζας μπορεί να είναι η προβλεπόμενη παραγωγική διαδικασία.

Άλλες ανωμαλίες είναι:

- Τα **καψίματα**: Υποδηλώνουν κακή έναυση του τόξου και ότι η συγκόλληση σ' αυτά τα σημεία μάλλον δεν είναι καλή.
- Τα **πιτσιλίσματα**: Δεν επηρεάζουν την αντοχή, αλλά δημιουργούν κακή εμφάνιση που ενδέχεται να έχει σημασία.
- Τα **κοιλώματα** και οι **προεξοχές**: Αυτές μπορούν να αποτελέσουν σημείο αρχής μιας θραύσης. Εντοπίζονται με οπτικό έλεγχο και επισκευάζονται εύκολα (τα κοιλώματα γεμίζονται και οι προεξοχές τροχίζονται).

7-12. Η προθέρμανση⁶

Η προθέρμανση απαιτείται για τη συγκόλληση ορισμένων ειδών χαλύβων αλλά και άλλων μετάλλων. Περιορίζει πολύ τον κίνδυνο ρηγμάτωσης. Το ερώτημα «πότε χρειάζεται να εφαρμοστεί η προθέρμανση;» είναι δύσκολο να απαντηθεί. Απλές απαντήσεις θα μπορούσαν να είναι: «στα υλικά που συγκολλούνται δύσκολα» ή «όταν επιδιώκουμε συγκόλληση υψηλής αντοχής». Αν π.χ. πρόκειται για το σασί ενός οχήματος, καλό είναι να εφαρμοστεί η προθέρμανση.

Η προθέρμανση, συνήθως, εφαρμόζεται με φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης, εκατέρωθεν της προς συγκόλληση περιοχής και σε πλάτος τουλάχιστον 75 mm. Η θερμοκρασία της προθέρμανσης σε ανθρακούχους χάλυβες με πάχη μικρότερα των 20 mm δεν είναι κρίσιμη, αρκεί να είναι στην περιοχή 110-200°C. Στις άλλες όμως ποιότητες χαλύβων **θα πρέπει να δοθούν οδηγίες σχετικά με την εφαρμογή της απαιτούμενης προθέρμανσης.**

Η θερμοκρασία της προθέρμανσης μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια με ένα θερμομέτρο επαφής ή με τη βοήθεια ειδικών μαρκαδόρων που το σημάδι τους επηρεάζεται από την αλλαγή της θερμοκρασίας. Ένας πρακτικός όμως τρόπος είναι το χρώμα του μετάλλου, σύμφωνα με τον πίνακα (7.4). Για να φανούν οι αλλαγές του χρώματος, **πρέπει να καθαριστεί καλά με τροχό**, ένα τμήμα τουλάχιστον της επιφάνειας από τις σκουριές.

Πίνακας (7.4): Αναγνώριση της θερμοκρασίας προθέρμανσης ανθρακούχου χάλυβα από το χρώμα του μετάλλου

Χρώμα	Θερμοκρασία (°C)	Χρώμα	Θερμοκρασία (°C)
Σχεδόν καμία αλλαγή στο χρώμα	< 210	Μεταξύ καφέ και πορφυρού	265
Απαλό κίτρινο	220	Πορφυρό	275
Κίτρινο	230	Σκούρο μπλε	290
Χρυσάφι	245	Φωτεινό μπλε	300
Καφέ	255	Ανοιχτό μπλε	320

7-13. Ο ποιοτικός έλεγχος της ηλεκτροσυγκόλλησης

Ο έλεγχος των ηλεκτροσυγκολλήσεων ολοκληρώνεται **μετά από 48 ώρες τουλάχιστον** από την εκτέλεσή τους, επειδή η διαπίστωση τυχόν ρηγμάτωσης, λόγω του υδρογόνου, απαιτεί, όπως αναφέρθηκε, να παρέλθει διάστημα 48 ωρών. Η πρώτη φάση του ποιοτικού ελέγχου είναι η **οπτική επιθεώρηση**⁶. Μπορεί, μετά την απομάκρυνση της σκουριάς της πάστας, να εκτελεστεί πολύ εύκολα, ακόμη και από τον ίδιο τον ηλεκτροσυγκολλητή.

6. Αγγλικός όρος: Visual inspection. Μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα από τα είδη των μη καταστρεπτικών δοκιμών

Το επόμενο στάδιο είναι οι **δοκιμές**. Για να εκτελεστούν απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός. Οι δοκιμές δε χρειάζονται πάντοτε. Αυτές εκτελούνται μόνον, όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Τις **μη καταστρεπτικές δοκιμές**⁷
- Τις **καταστρεπτικές δοκιμές**⁸

Η μεγαλύτερη όμως εγγύηση για την ποιότητα των ηλεκτροσυγκολλήσεων είναι ο τεχνίτης. Γι' αυτό, συχνά, **αντί για ποιοτικό έλεγχο, προηγείται των εργασιών η πιστοποίηση**⁹ των ηλεκτροσυγκολλητών, η οποία γίνεται με αυστηρά προδιαγεγραμμένη διαδικασία.

7-14. Η αποδοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης μετά από τον έλεγχο

Το να μην παρουσιάζει μία ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης κάποια σφάλματα είναι δύσκολο, ακόμη και όταν πρόκειται για άριστους ηλεκτροσυγκολλητές. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν, τελικά, γίνεται αποδεκτή ή όχι. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι:

Το πιο εύκολο για κάποιον που εκτελεί ποιοτικό έλεγχο είναι να απορρίπτει τα πάντα για να είναι σίγουρος.

Δυστυχώς υπάρχουν ελεγκτές που εκτελούν ποιοτικό έλεγχο με στόχο την απόρριψη. Τίποτε γι' αυτούς δε μοιάζει να είναι σωστό. Και φυσικά, η επιχείρηση που έχει τέτοιους ελεγκτές, μάλλον δεν έχει και πολύ μέλλον. Ο ελεγκτής θα πρέπει να εξετάζει τα πράγματα πάντοτε σε σχέση με τη λειτουργία που θα εκτελέσει το αντικείμενο και έχοντας υπόψη του την καταπόνηση στην οποία θα υποβληθεί η ηλεκτροσυγκόλληση. Επίσης, σε περίπτωση απόρριψης, θα πρέπει να εξετάσει μήπως το τεμάχιο είναι επισκευάσιμο.

Όταν όμως ο ελεγκτής αμφιβάλλει για την ποιότητα μίας ραφής, αυτή πρέπει να απορρίπτεται. Η αποδοχή μιας ελαττωματικής συγκόλλησης μπορεί να έχει ολέθριες συνέπειες. Αν π.χ. πρόκειται για το σασί ενός οχήματος, μπορεί να χαθούν ανθρώπινες ζωές.

7-15. Η οπτική επιθεώρηση

Ο ηλεκτροσυγκολλητής εξετάζει κατά διαστήματα τη ραφή που εκτελεί και προβαίνει σε διορθωτικές κινήσεις. Τέτοιες είναι:

- Η αλλαγή της έντασης ή της τάσης του ρεύματος
- Το μήκος του τόξου
- Η ταχύτητα με την οποία μετακινεί το ηλεκτρόδιο
- Η αλλαγή του ηλεκτροδίου (ποιότητας ή διαμέτρου)

7. Nondestructive Testing

8. Destructive Testing

9. Qualification

Μετά την ολοκλήρωση της ηλεκτροσυγκόλλησης, το τεμάχιο ελέγχεται και για τυχόν άλλες ατέλειες οι οποίες δεν είναι εύκολα ορατές κατά τη φάση της ηλεκτροσυγκόλλησης. Προηγείται καθαρισμός με συρματόβουρτσα και από τις δύο πλευρές της ραφής και σε πλάτος τουλάχιστον 10 mm. Στη συνέχεια γίνεται οπτική επιθεώρηση, για να διαπιστωθεί αν τυχόν υπάρχουν οι παρακάτω ατέλειες:

- Αν τα κορδόνια της συγκόλλησης έχουν τις σωστές διαστάσεις και τη σωστή μορφή.
- Αν παρουσιάζονται επιφανειακοί πόροι. Αποτελούν ένδειξη για πολύ περισσότερους πόρους στο εσωτερικό.
- Αν υπάρχουν κρατήρες ή προεξοχές.
- Αν έχει γίνει διείσδυση ως τη ρίζα.
- Μήπως κάπου δεν υπάρχει επαρκής συγκόλληση.
- Αν παρουσιάζονται καψίματα.
- Αν υπάρχουν παραμορφώσεις στα τεμάχια.
- Αν τα τεμάχια έχουν τις σωστές διαστάσεις.
- Αν υπάρχουν ρωγμές (με τη χρήση ενός μεγεθυντικού φακού).

7-16. Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές

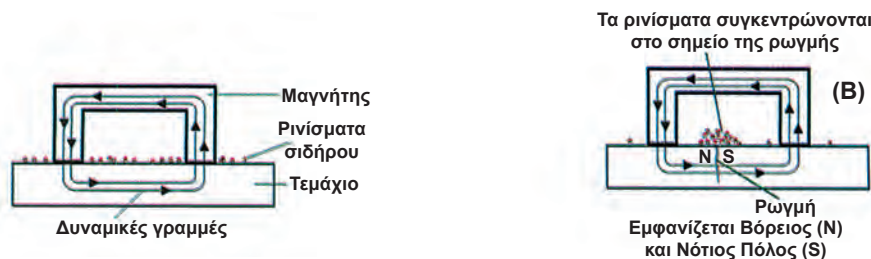
Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές ανιχνεύουν ελαττώματα, αλλά δεν εγγυώνται τίποτα για την αντοχή και, γενικά, για τις μηχανικές ιδιότητες της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αυτές είναι οι εξής:

(α) Ο έλεγχος για ρωγμές με τη βοήθεια διεισδυτικών υγρών.

Τα διεισδυτικά υγρά διεισδύουν μέσα στην τυχόν υπάρχουσα ρωγμή και τη χρωματίζουν, κάνοντάς την ορατή. Η επιφάνεια πρώτα καθαρίζεται με ένα κατάλληλο διαλυτικό και μετά εφαρμόζεται το διεισδυτικό υγρό (συνήθως σε σπρέι). Ο χρόνος που απαιτείται για τη διείσδυση προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή και μπορεί να είναι από λίγα λεπτά μέχρι και μία ώρα. Μετά, το τεμάχιο πλένεται για να αφαιρεθεί το πλεονάζον διεισδυτικό υγρό. Για άλλα υγρά αρκεί ο ψεκασμός με νερό, ενώ για άλλα απαιτείται ειδικό διαλυτικό. Αν τυχόν υπάρχουν ρωγμές, εμφανίζονται χρωματισμένες.

(β) Ο έλεγχος για ρωγμές με τη βοήθεια μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνεται μόνο σε υλικά με ισχυρές μαγνητικές ιδιότητες. Η αρχή της λειτουργίας αυτής της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα (7.18). Όταν εφαρμόζεται ένας μαγνήτης πάνω σε μία μεταλλική επιφάνεια, οι μαγνητικές γραμμές οδεύουν κανονικά, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Α) του σχήματος. Όταν όμως



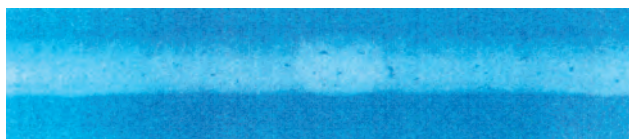
Σχήμα (7.18): Ο έλεγχος των ρωγμών με μαγνήτη: (Α) Χωρίς ελαττώματα (Β) Με ελαττώματα

υπάρχει μία ατέλεια, όπως στην περίπτωση (B), οι μαγνητικές γραμμές διακόπτονται και εμφανίζονται Βόρειος και Νότιος πόλος, οι οποίοι έλκουν τα ρινίσματα σιδήρου που έχουμε σκορπίσει στην επιφάνεια που ελέγχουμε.

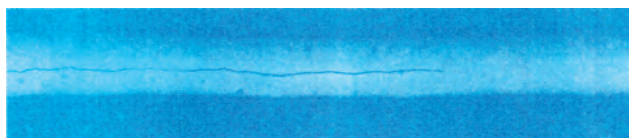
Ο ηλεκτρομαγνήτης, επειδή δεν είναι μόνιμα μαγνητισμένος, διευκολύνει τον έλεγχο. Συγκεκριμένα, μόλις εφαρμόσουμε το ρεύμα, αν η συγκόλληση είναι καλή, δε θα συμβεί κάτι παράξενο. Αν όμως υπάρχουν ρωγμές, τα ρινίσματα θα μετακινηθούν απότομα (πάνω στη ρωγμή).

(γ) Η ακτινογραφία¹⁰

Με την ακτινογραφία ανιχνεύονται όλες σχεδόν οι βλάβες που μπορεί να έχει μία ηλεκτροσυγκόλληση και ιδίως οι πόροι. Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικός εξοπλισμός τον οποίο διαθέτουν μόνο οι πολύ καλά οργανωμένες εταιρείες που εκτελούν συγκολλήσεις υψηλών απαιτήσεων. Στο σχήμα (7.19), φαίνονται ακτινογραφίες συγκολλήσεων.



(A)



(B)

Σχήμα (7.19): Ακτινογραφίες ραφών ηλεκτροσυγκόλλησης:

(A) Με πόρους και υπολείμματα πάστας

(B) Με κατά μήκος ρωγμή στο μέσο της ραφής

(δ) Ο έλεγχος με υπερήχους (ultrasonic)¹¹

Η αρχή λειτουργίας είναι ότι ο υπέρηχος αντανακλάται πάνω στο σημείο που παρουσιάζεται ελάττωμα. Έτσι καθίσταται δυνατή η ανίχνευση, ακόμη και πολύ μικρών ελαττωμάτων τα οποία φαίνονται σε μία οθόνη και αποτυπώνονται σε ένα γραφικό διάγραμμα. Ο χειρισμός του μηχανήματος, καθώς και η ανάγνωση του διαγράμματος, απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

7-17. Οι καταστρεπτικές δοκιμές¹¹

Σ' αυτές καταστρέφονται κάποια τεμάχια, προκειμένου να διαπιστωθεί η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Βρίσκουν εφαρμογή σε βιομηχανική παραγωγή συγκολλητών τεμαχίων. Έτσι, π.χ. για κάθε 100 όμοια τεμάχια λαμβάνουμε το ένα και το καταστρέφουμε, για να ελέγξουμε τις μηχανικές ιδιότητες των ηλεκτροσυγκολλήσεων. Οι ιδιότητες που μας ενδιαφέρουν είναι κυρίως η σκληρότητα, η αντοχή σε εφελκυσμό και η αντοχή σε κρούση. Για την εκτέλεσή τους απαιτείται ειδικός εργαστηριακός εξοπλισμός.

Με τις καταστρεπτικές δοκιμές αισθανόμαστε πολύ πιο σίγουροι για το αποτέλεσμα, αλλά δεν μπορούμε να τις εφαρμόσουμε οποτεδήποτε. Αν π.χ. πρόκειται για επισκευή του σασί ενός οχήματος, δεν μπορούμε να κάνουμε καταστρεπτικό έλεγχο.

10. Προφανώς, στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων του βιβλίου, δεν είναι δυνατόν να γίνονται έλεγχοι με ακτινογραφίες ή με υπερήχους.

11. Η λεπτομερής ανάπτυξη των καταστρεπτικών δοκιμών ξεφεύγει από τους στόχους του βιβλίου.

ΦΥΛΛΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ		A/A ΑΣΚΗΣΗΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
Α. ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ		
A/A ΣΗΜΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ	
1 Μορφή κορδονίων της συγκόλλησης		
2 Όμοιο πλάτος των κορδονίων		
3 Παρουσία επιφανειακών πόρων		
4 Ύπαρξη κρατήρων ή προεξοχών		
5 Διείσδυση ως τη ρίζα της συγκόλλησης		
6 Σημεία με ανεπαρκή συγκόλληση		
7 Ύπαρξη σημείων με καψίματα		
8 Ύπαρξη παραμορφώσεων		
9 Λάθος διαστάσεις τεμαχίου		
10 Διαπίστωση επιφανειακών ρωγμών		
11 Ύπαρξη πιτσιλισμάτων		
Β. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ		
B1. ΔΟΚΙΜΗ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΗ		
1 Υλικό (μαγνήτης ή ηλεκτρομαγνήτης)		
2 Τοποθέτηση - Άπλωμα σιδηρόσκονης		
3 Εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος (μόνο για ηλεκτρομαγνήτη)		
4 Διαπιστώσεις		
B2. ΔΟΚΙΜΗ ΜΕ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟ ΥΓΡΟ		
1 Ονομασία διεισδυτικού υγρού		
2 Χρόνος απαιτούμενος για τη διείσδυση		
3 Ο καθαρισμός επιφανείας έγινε με		
4 Η εφαρμογή έγινε την (ώρα)		
5 Η επιφάνεια καθαρίστηκε την (ώρα)		
6 Διαπιστώσεις που έγιναν		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		
1 Το τεμάχιο είναι (αποδεκτό - απορριπτό - επισκευάσιμο).		
2 Αν το κάνατε αποδεκτό, ενώ έχει ατέλειες, αιτιολογήστε την απόφασή σας. Αν είναι απορριπτό, αιτιολογήστε. Αν είναι επισκευάσιμο, αναφέρατε τα σημεία που χρειάζονται επισκευές. Θα το στέλνατε σε εξωτερικό εργαστήριο για άλλους ελέγχους και ποίους; (Αν ο χώρος δεν επαρκεί, κάντε ξεχωριστή έκθεση και συρράψτε την με το παρόν)		
3 Θεωρείτε ότι ήταν πραγματικά απαραίτητες οι μη καταστρεπτικές δοκιμές;		
Ο ΜΑΘΗΤΗΣ ΠΟΥ ΕΚΑΝΕ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ	
(Όνομα - Επώνυμο - Υπογραφή)		

7-18. Το φύλλο του ποιοτικού ελέγχου

Μετά από κάθε άσκηση θα γίνεται ποιοτικός έλεγχος. Θα συμπληρώνεται φωτοαντίγραφο από το συνημμένο φύλλο. Ο έλεγχος δε θα γίνεται από τον ίδιο το μαθητή που εκτέλεσε την ηλεκτροσυγκόλληση αλλά από κάποιον συμμαθητή του. Η ολοκλήρωση του ελέγχου θα γίνεται στο επόμενο μάθημα, έτσι ώστε να έχουν παρέλθει οι 48 ώρες που απαιτούνται, για να εμφανιστούν οι τυχόν ρηγματώσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Χωρίς προετοιμασία των άκρων, μπορούν να συγκολληθούν λαμαρίνες πάχους μέχρι 5 mm. Μέχρι 2 mm μπορούν να είναι σε επαφή. Σε πάχος > 2mm πρέπει να υπάρχει διάκενο.
- Πριν από την ηλεκτροσυγκόλληση, τα άκρα πρέπει να καθαρίζονται με συρματοβούρτσα ή τροχό. Τυχόν οργανικά κατάλοιπα καθαρίζονται με το κατάλληλο ανόργανο υγρό.
- Οι μέθοδοι έναυσης του τόξου είναι:
 - (α) Με τρίψιμο, σε ρεύμα °C ή με βασικά ηλεκτρόδια
 - (β) Με άγγιγμα του ηλεκτροδίου και απότομο σήκωμα
- Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης είναι:
 - (α) Η διάμετρος του ηλεκτροδίου
 - (β) Η ένταση του ρεύματος
 - (γ) Το μήκος του τόξου
 - (δ) Η ταχύτητα και ο τρόπος κίνησης του ηλεκτροδίου
- Τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση είναι:
 - (α) Αυτά που οφείλονται στη σύσταση και τη δομή του μετάλλου.
 - (β) Αυτά που οφείλονται στην ακολουθούμενη τεχνική και τα οποία αντιμετωπίζονται.
- Η απόκλιση του τόξου από την πορεία του ονομάζεται φύσημα. Διακρίνεται σε μαγνητικό φύσημα και σε θερμικό φύσημα.
- Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης του φουσήματος είναι:
 - (α) Με αλλαγή της θέσης του σημείου γείωσης
 - (β) Με εφαρμογή ρεύματος °C
 - (γ) Με το ηλεκτρόδιο υπό γωνία αντίθετη του φουσήματος
- Η θερμότητα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργεί παραμορφώσεις, ιδίως στα λεπτά ελάσματα. Αντιμετωπίζεται με την εκτέλεση κορδονιών μικρού μήκους.
- Οι ρηγματώσεις είναι τριών ειδών:
 - (α) Διαμήκης πάνω στη συγκόλληση που έχει διάφορα αίτια
 - (β) Κάθετη ρηγμάτωση (σπάνια)
 - (γ) Διαμήκης δίπλα από τη συγκόλληση, που οφείλεται στη διείδυση του υδρογόνου.
- Οι ρηγματώσεις του υδρογόνου αντιμετωπίζονται ως εξής:
 - (α) Με βασικά ηλεκτρόδια (χαμηλού υδρογόνου)
 - (β) Με τη συγκόλληση που γίνεται σε αδρανή ατμόσφαιρα
 - (γ) Με την εφαρμογή προθέρμανσης
- Πρόβλημα είναι και οι πόροι της ραφής που ανιχνεύονται με ακτινογραφία ή με υπέρηχους.

- Ο ποιοτικός έλεγχος μίας ηλεκτροσυγκόλλησης μπορεί να περιλαμβάνει:
 - (α) Οπτική επιθεώρηση
 - (β) Μη καταστρεπτικές δοκιμές
 - (γ) Καταστρεπτικές δοκιμές, που εκτελούνται μόνο σε βιομηχανική παραγωγή τεμαχίων.
- Κατά την οπτική επιθεώρηση εξετάζονται κυρίως τα εξής: η μορφή των ραφών, αν υπάρχουν επιφανειακοί πόροι, κρατήρες, καψίματα, αν έχει γίνει διείσδυση μέχρι τη ρίζα κτλ.
- Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές κυρίως είναι:
 - (α) Ο έλεγχος με διεισδυτικό υγρό
 - (β) Ο έλεγχος με μαγνήτη
 - (γ) Η ακτινογραφία και οι υπέρηχοι

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Πώς προετοιμάζονται τα προς συγκόλληση άκρα, όταν οι λαμαρίνες είναι μέχρι 5 mm;
2. Κάντε πίνακα του διακένου που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των προς συγκόλληση λαμαρινών, όταν το πάχος είναι μέχρι 5 mm.
3. Ποιες είναι οι τεχνικές έναυσης του τόξου και πού χρησιμοποιείται η κάθε μία;
4. Ποιες είναι οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης;
5. Ποια είναι τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, τα οποία οφείλονται στον τρόπο που είναι κατασκευασμένα τα μέταλλα; (μόνο ονομαστικά)
6. Ποια είναι τα τεχνικά προβλήματα, τα οποία οφείλονται στον τρόπο που εκτελείται μία ηλεκτροσυγκόλληση;
7. Τι ονομάζουμε φύσημα τόξου, ποια είδη φυσήματος έχουμε και ποιο είδος προκαλεί τα περισσότερα προβλήματα;
8. Αναφέρατε πέντε (5) τουλάχιστον τρόπους αντιμετώπισης του φυσήματος του τόξου.
9. Τι είναι οι θερμικές παραμορφώσεις;
10. Πώς θα συγκολλήσετε δύο λαμαρίνες μικρού πάχους, για να μη παραμορφωθούν κατά τη συγκόλληση;
11. Πώς θα συγκολλήσετε δύο λαμαρίνες κάθετα, έτσι ώστε να μην έχουμε παραμορφώσεις;
12. Πώς γίνεται μία κυκλική συγκόλληση;
13. Ποια είδη ρηγματώσεων έχουμε και πού οφείλεται το καθένα;
14. Πώς δημιουργούνται οι ρηγματώσεις εξ αιτίας του υδρογόνου;
15. Με ποιους τρόπους αποφεύγονται οι ρηγματώσεις υδρογόνου;
16. Πόσο χρονικό διάστημα απαιτείται για να εμφανιστούν όλες οι ρηγματώσεις;
17. Πότε καταφεύγουμε σε συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια;
18. Ποιες είναι οι ποιότητες ηλεκτροσυγκολλήσεων ανάλογα με τον επιτρεπόμενο αριθμό των πόρων;
19. Πότε απαιτείται προθέρμανση πριν από την ηλεκτροσυγκόλληση και πώς εφαρμόζεται;
20. Ποια είναι τα είδη του ποιοτικού ελέγχου;
21. Τι περιλαμβάνει η οπτική επιθεώρηση;
22. Ποιες είναι οι μη καταστρεπτικές δοκιμές; (συνοπτικά)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Γιατί πρέπει να γίνεται προετοιμασία των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων;
2. Γιατί δεν απαιτείται διαμόρφωση των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων, όταν το πάχος τους είναι μέχρι 5 mm;
3. Τι θα συμβεί, αν δοκιμάσουμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες πάχους 20 mm, χωρίς διαμόρφωση των άκρων;
4. Πώς θα μπορούσαμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες πάχους από 6 μέχρι 10 mm, χωρίς διαμόρφωση των άκρων;
5. Γιατί το υλικό απολίπανσης, κατά την προετοιμασία της ηλεκτροσυγκόλλησης, δεν πρέπει να περιέχει υδρογονάνθρακες;
6. Όταν μειώσουμε το μήκος του τόξου, αλλά διατηρήσουμε την ίδια τάση, τότε το ρεύμα ηλεκτροσυγκόλλησης αυξάνεται ή μειώνεται και γιατί;
7. Προκειμένου να αυξηθεί ο βαθμός παραγωγικότητας της επιχείρησης, ζητήθηκε από τους ηλεκτροσυγκολλητές να επιταχύνουν το ρυθμό που κολλάνε (δηλαδή να αυξήσουν την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου). Η διάμετρος του ηλεκτροδίου δεν επιτρέπεται να αλλάξει. Τι πρέπει να κάνουν οι ηλεκτροσυγκολλητές, για να εξακολουθήσουν να παράγουν καλή ποιότητα ραφής και γιατί;
8. Πώς θα μπορούσαμε να διαπιστώσουμε αν οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης είναι σωστά ρυθμισμένοι;
9. Διαπιστώσατε φύσημα του τόξου. Ποιες είναι οι άμεσες ενέργειες που μπορείτε να κάνετε ως πρώτη προσπάθεια να διορθώσετε το πρόβλημα, χωρίς να υπάρξει καθυστέρηση στην εργασία;
10. Γιατί η προσθήκη λαμών στα άκρα της ραφής βοηθάει στο να μην εμφανιστεί το μαγνητικό φύσημα;
11. Γιατί πρέπει να προσέχουμε, ιδιαίτερα, τη συγκόλληση στην περιοχή της ρίζας;
12. Διαπιστώσατε διαμήκη ρηγμάτωση κατά μήκος της άκρης της ηλεκτροσυγκόλλησης. Τι συμπέρασμα βγάζετε και πώς θα αντιμετωπίσετε το πρόβλημα;
13. Διαπιστώσατε στην ακτινογραφία της ηλεκτροσυγκόλλησης 6 πόρους 1,2-1,6 mm και 2 πόρους 0,8-1,2 mm σε μήκος 150 mm. Σε ποια ποιότητα (GRADE) την κατατάσσετε;
14. Μόλις τελειώσατε μία πολύ σημαντική και δύσκολη συγκόλληση ενός εξαρτήματος που υπόκειται σε μεγάλες καταπονήσεις. Σας ζητάνε να το στείλετε αμέσως στον ποιοτικό έλεγχο, επειδή επείγονται να το χρησιμοποιήσουν. Τι πρέπει να τους πείτε;
15. Κατά την οπτική επιθεώρηση μιας ραφής, διαπιστώσατε δέκα επιφανειακούς πόρους διαμέτρου περίπου 1,2 mm σε μήκος 150 mm. Θα την κάνετε δεκτή;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 7.1

Επίσκεψη σε χώρο που εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις MMA

Θα γίνει επίσκεψη σε ένα τουλάχιστον εργοστάσιο σιδηρών κατασκευών. Θα καταγραφούν οι τεχνικές συγκολλήσεων που ακολουθούν και ιδίως οι περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συγκολλήσεις MMA. Θα αξιολογηθεί η χρήση της MMA και θα γίνουν εκτιμήσεις για το μέλλον αυτής της τεχνικής. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση.

Εργασία 7.2

Επίσκεψη σε εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου συγκολλήσεων

Θα γίνει επίσκεψη σε ένα εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου ηλεκτροσυγκολλήσεων. Θα δοθεί προσοχή στις διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου με ακτινογραφίες και στις καταστρεπτικές δοκιμές (δοκιμή εφελκυσμού, δοκιμή δυσθραυστότητας ή Charpy-V τεστ). Θα ζητηθούν τυχόν άχρηστα δείγματα παλαιότερων δοκιμών (ακτινογραφίες, σπασμένα δοκίμια καταστροφικών δοκιμών κτλ.) που θα παραμείνουν στο εργαστήριο του σχολείου για να χρησιμοποιηθούν ως διδακτικό υλικό. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση. Ο επί κεφαλής της ομάδας θα κάνει ενημέρωση των συμμαθητών του στην τάξη.

Εργασία 7.3

Προθέρμανση υλικών

Θα συγκεντρωθούν πληροφορίες για τα υλικά με τα οποία ελέγχεται η προθέρμανση των υλικών (π.χ. μαρκαδόροι) και θα αναζητηθούν πληροφορίες για το ύψος της προθέρμανσης που θα πρέπει να εφαρμόζεται στα συνήθη υλικά του εμπορίου.

Εργασία 7.4

Συγκέντρωση υλικού σχετικού με τη λήψη μέτρων ασφαλείας και τη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας

Οι μαθητές που θα αναλάβουν αυτή την εργασία θα χωριστούν σε δυο ομάδες, με το εξής αντικείμενο η κάθε ομάδα:

- Η πρώτη ομάδα μαθητών θα απευθυνθεί σε εταιρείες που κατασκευάζουν ή εμπορεύονται υλικά ατομικής προστασίας (γάντια, υποδήματα, φόρμες, δερμάτινες ποδιές κτλ.) και θα συγκεντρώσει προσπέκτους και άλλο σχετικό υλικό.
- Η δεύτερη ομάδα μαθητών θα αναλάβει να συγκεντρώσει υλικό σχετικά με τα μέτρα ασφαλείας και υγιεινής πρέπει να λαμβάνονται σε ένα εργασιακό χώρο. Χρήσιμο θα ήταν να γίνουν επισκέψεις στο ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας στην Εργασία), καθώς και στις κατά τόπους επιθεωρήσεις εργασίας ή στα αντίστοιχα τμήματα των Νομαρχιών.

Μετά, οι δύο ομάδες θα συνεργαστούν για να επιλέξουν τα πλέον ενδιαφέροντα από τα στοιχεία που συγκέντρωσαν, τα οποία θα αρχειοθετήσουν σε ντοσιέ. Αν χρειάζεται, θα γράφουν και μία πολύ σύντομη τεχνική έκθεση σχετικά με το περιεχόμενο του ντοσιέ.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Άσκηση 7-1

Έναυση και διατήρηση του τόξου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να εκτελούν οι μαθητές την έναυση του τόξου, χωρίς να κολλάει το ηλεκτρόδιο πάνω στο μέταλλο βάσης.
- Να πραγματοποιούν απλά κορδόνια πάνω σε μία μεταλλική πλάκα.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας και ατομικής προστασίας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm. Το αντίστοιχο του E4313, κατά το σύστημα AWS είναι το 6013.

Παρατήρηση: Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 8. Εδώ περιοριζόμαστε να πούμε ότι το E4313 είναι το ευκολότερο ηλεκτρόδιο στη χρήση και γι' αυτό επελέγη για το ξεκίνημα. Όμως το ηλεκτρόδιο αυτό χρειάζεται καθαρή επιφάνεια. Αν η σκουριά δε φεύγει με σκληρή συρματοβουρτσα, ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται με τροχό.

- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς της πάστας (ματσακώνι)
- Συρματοβουρτσα μαλακή
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

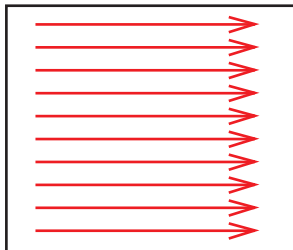
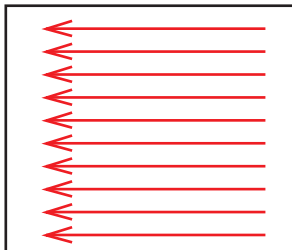
- Οι μαθητές θα εφαρμόσουν όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που έμαθαν στην άσκηση (6-3).

Προσοχή: όχι ζελέ στα μαλλιά ή άδετα μαλλιά.

- Πρέπει να υπάρχει καλός εξαερισμός στην αίθουσα ή σύστημα απαγωγής των αναθυμιάσεων.
- Δεδομένου ότι δεν είναι ακόμη οι μαθητές εξοικειωμένοι στις αναθυμιάσεις, θα γίνονται διαλείμματα. Προς τούτο σε κάθε θέση εργασίας θα εναλλάσσονται δύο μαθητές.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-1).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-1
Είδος συγκόλλησης: MIG /MAG		Ένταση ρεύματος: 90-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (αναλυτικά αναφέρονται στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε την κατάσταση των καλωδίων και του εξοπλισμού. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα πρέπει να έχει γυαλί βαθμού προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	Εκτέλεση συγκόλλησης Υπενθύμιση: Η καλή ραφή φαίνεται από την ευκολία απομάκρυνσης της πάστας	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. - Ανάβουμε το τόξο με τη μέθοδο της τριβής. - Αν κολλήσει το ηλεκτρόδιο, εκτελούμε απότομη κίνηση να το ξεκολλήσουμε. Αν δε γίνεται, το απελευθερώνουμε πατώντας το μοχλό της τσιμπίδας. - Κολλάμε έχοντας το ηλεκτρόδιο σε κλίση 70° περίπου. - Εκτελούμε ένα πλήρες κορδόνι ραφής, κανονίζοντας την ταχύτητα, έτσι ώστε στο τέλος της διαδρομής των 20 cm να έχουμε ένα μικρό υπόλοιπο από το ηλεκτρόδιο. - Καθαρίζουμε τη σκουριά με ματσακώνι και συρματόβουρτσα και ελέγχουμε οπτικά τη ραφή.
4	Συνέχιση της συγκόλλησης	- Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία, μέχρι να γεμίσει όλη η πλευρά της πλάκας. - Προσπαθούμε τα κορδόνια να είναι το ένα κοντά στο άλλο και σε ευθεία γραμμή.
5	Διάλειμμα	- Κλείνουμε τη μηχανή. - Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
6	Επανερχόμαστε στη θέση εργασίας	- Γυρνάμε τη πλάκα από τη πίσω πλευρά. - Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ανάβουμε το τόξο με τη μέθοδο της επαφής. - Συνεχίζουμε με το ίδιο τρόπο, μέχρι να καλυφθεί πλήρως και η πίσω πλευρά.
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.
  Σχήμα (7.20) Κατεύθυνση για δεξιόχειρες Κατεύθυνση για αριστερόχειρες		

ΑΣΚΗΣΗ 7-2**Εξοικείωση με τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

- Να γνωρίσουν οι μαθητές τις συνέπειες από την εσφαλμένη εφαρμογή των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Να αντιλαμβάνονται από την οπτική εμφάνιση της ραφής αν οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης ρυθμίστηκαν σωστά.
- Να φτιάξουν το δικό τους δείγμα, πάνω σε μεταλλική πλάκα, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης. Θα είναι ανάλογο με αυτό που φαίνεται στο σχήμα (7.4).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 10 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

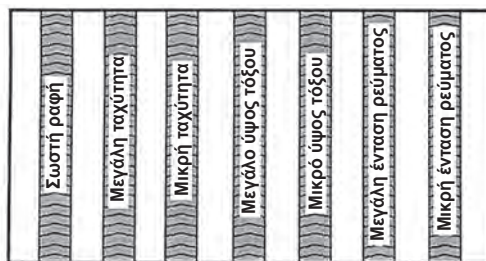
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Υπόδειγμα άσκησης 7-2

Είδος συγκόλλησης: MMA

Ένταση ρεύματος: 70-140 A

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματοβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	Εκτέλεση ραφών συγκόλλησης αλλάζοντας τις παραμέτρους	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. - Παίρνουμε τη λαμαρίνα 20 x 20 cm. - Διατηρώντας απόσταση ηλεκτροδίου (=ύψος τόξου) όση η διάμετρος του, δηλαδή περίπου 3 mm και εκτελούμε μερικές ραφές. - Επαναλαμβάνουμε με μικρότερο ύψος τόξου. - Επαναλαμβάνουμε με μεγαλύτερο ύψος τόξου. - Με κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε ραφές κινώντας το ηλεκτρόδιο με διπλάσια ταχύτητα. - Επαναλαμβάνουμε κινώντας το ηλεκτρόδιο με τη μισή περίπου ταχύτητα. - Αυξάνουμε το ρεύμα στα 140 A. Με την κανονική ταχύτητα και το κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε μερικές ραφές. - Επαναλαμβάνουμε με ρεύμα στα 70 A.
4	Διάλειμμα	- Κλείνουμε τη μηχανή. - Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
5	Επανάληψη της διαδικασίας	- Γυρνάμε τη λαμαρίνα από την πίσω πλευρά. - Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω στην πίσω πλευρά της πλάκας.
6	Κατασκευή του δείγματος	- Παίρνουμε την λαμαρίνα 10 x 20 cm. - Εκτελούμε τα κορδόνια όπως στο σχήμα. - Γυρνάμε από την πίσω πλευρά την πλάκα και γράφουμε τα αρχικά του ονόματός μας με ηλεκτροσυγκόλληση.
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.



Σχήμα (7.21)

ΑΣΚΗΣΗ 7-3

Αλλαγή σε περισσότερες από μία παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης

Επιδιωκόμενος στόχος

- Να γνωρίζουν οι μαθητές πώς θα βελτιώσουν τη ραφή, αλλάζοντας ταυτόχρονα δύο παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Στην προηγούμενη άσκηση είδαμε τις επιπτώσεις από την αλλαγή μιας μόνο παραμέτρου ηλεκτροσυγκόλλησης, διατηρώντας τις άλλες δύο στις ίδιες τιμές. Ήδη, κατά τις δοκιμές, θα πρέπει να έγινε αντιληπτό ότι, αν αλλάξουμε και μία ακόμη παράμετρο, τα πράγματα διορθώνονται. Π.χ. όταν η ένταση του ρεύματος ήταν στα 140 A, αν αυξάνατε λίγο την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου, η ραφή έπαιρνε μία καλύτερη μορφή που πλησίαζε αρκετά στην ιδανική μορφή της. Τώρα θα γίνουν επίτηδες τέτοιοι συνδυασμοί.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της πάστας
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Υπόδειγμα άσκησης 7-3

Είδος συγκόλλησης: MMA

Ένταση ρεύματος: 70-140 A

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματοβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	Εκτέλεση ραφών συγκολλήσεως αλλάζοντας τις παραμέτρους Δυνατοί συνδυασμοί: ρεύμα-ταχύτητα ρεύμα-ύψος τόξου ταχύτητα-ύψος τόξου	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Κάνουμε μερικές δοκιμές, για να έχουμε σωστή ραφή με ρεύμα 100 A, DC-, με ύψος τόξου 3 mm περίπου, ταχύτητα τέτοια, ώστε να έχουμε ραφή 18-22 cm από ηλεκτρόδιο μήκους 35 cm. - Λαμβάνουμε την επιλογή 1 του σχήματος και αυξάνουμε το ρεύμα στα 140 A. - Αυξομειώνουμε την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου. Διαπιστώνουμε ότι η ραφή βελτιώνεται, όταν αυξάνουμε την ταχύτητα. - Μαρκάρουμε με ένα ✓ το αντίστοιχο τετράγωνο. - Αλλάζουμε το ύψος του τόξου διατηρώντας την κανονική ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου. Εξετάζουμε αν η ραφή βελτιώνεται με μείωση ή αύξηση του ύψους του τόξου. - Μαρκάρουμε το αντίστοιχο τετράγωνο. - Συνεχίζουμε με την επιλογή 2, μετά την 3 κτλ. μέχρι να συμπληρώσουμε όλο το σχήμα.
4	Διάλειμμα	- Κλείνουμε τη μηχανή. - Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
5	Επανάληψη της διαδικασίας	- Γυρνάμε τη λαμαρίνα από την πίσω πλευρά. - Επαληθεύουμε τα αποτελέσματα, επαναλαμβάνοντας στην πίσω πλευρά της πλάκας.
6	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.

		αύξηση ταχύτητας	μείωση ταχύτητας	αύξηση ύψους τόξου	μείωση ύψους τόξου
1	αύξηση ρεύματος	✓			
2	μείωση ρεύματος				
3	αύξηση ταχύτητας				
4	μείωση ταχύτητας				
5	αύξηση ύψους τόξου				
6	μείωση ύψους τόξου				

Σχήμα (7.22)

ΑΣΚΗΣΗ 7-4

Αντιμετώπιση μαγνητικού φυσήματος τόξου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να δουν οι μαθητές τη δημιουργία του μαγνητικού φυσήματος.
- Να γνωρίζουν πώς θα αντιμετωπίσουν το μαγνητικό φύσημα.

Εισαγωγικές σημειώσεις

Πρόκειται για μία σύντομη άσκηση, για την οποία, κατά πάσα πιθανότητα, το εργαστήριο θα διαθέτει μόνο μία θέση εργασίας, αφού απαιτείται μηχανή MMA, ικανή να δεχτεί ηλεκτρόδιο 5 mm τουλάχιστον, με ρεύμα 220-250 A. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσε, με κατάλληλο συντονισμό της εργασίας, να γίνει παράλληλα με την επόμενη άσκηση, η οποία είναι, επίσης, σύντομη.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA ικανότητας να παρέχει ρεύμα τουλάχιστον 220 A.
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 5 mm, μήκους 450 mm (κατά AWS είναι το 6013)

***Παρατήρηση:** Αν το εργαστήριο διαθέτει ισχυρή μηχανή MMA, η άσκηση είναι καλύτερα να γίνει με ηλεκτρόδιο 6 mm, με ένταση 320-350 A, επειδή το φαινόμενο θα είναι πιο έντονο*

- Τεμάχια μορφοσιδήρου μορφής Πι των 100 mm, μήκους τουλάχιστον 75 cm¹², από ένα για κάθε πέντε μαθητές.
- Σφυρί καθαρισμού της πάστας
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

12. Το μήκος επελέγη έτσι, ώστε από ένα εξάμετρο προφίλ να προκύψουν 8 τεμάχια. Αν οι μαθητές είναι λίγοι, μπορούν τα τεμάχια να είναι μακρύτερα, για να γίνει το φαινόμενο πιο έντονο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-4
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 220-250 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 12.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε με σκληρή συρματοβούρτσα ή με τροχό την επιφάνεια του προφίλ μορφοσιδήρου. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο προφίλ, όπως στη θέση (A) του σχήματος.
3	Εκτέλεση ραφών, διόρθωση του μαγνητικού φύσηματος	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Με την κανονική πολικότητα (DC-), κάνουμε μία πρώτη ραφή από τη μία άκρη μέχρι την άλλη, για να δούμε το φαινόμενο. - Ελέγχουμε οπτικά τη ραφή και παρατηρούμε τις συνέπειες. - Αλλάζουμε σε ρεύμα AC και εκτελούμε άλλη μία ραφή. - Επαναφέρουμε σε DC-. Αρχίζουμε τη συγκόλληση, όπως στη θέση (A) του σχήματος. Μόλις εμφανιστεί το φύσημα, μεταφέρουμε το σημείο γείωσης στη θέση (B) και συνεχίζουμε. - Εκτελούμε άλλη μία ραφή αρχίζοντας από την απέναντι θέση του σημείου γείωσης και προσπαθούμε να μειώσουμε το φύσημα με την αλλαγή της γωνίας κλίσης του ηλεκτροδίου.
4	Διάλειμμα	- Κλείνουμε τη μηχανή. - Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
6	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.

The diagram illustrates two welding setups. Setup (A) shows an electrode (Ηλεκτρόδιο) at the left end of a workpiece, with a ground point (Σημείο γείωσης) at the right end. Setup (B) shows the electrode at the right end and the ground point at the left end. Both setups include a red line representing the weld and a label [100] near the ground point. Arrows below each setup indicate the direction of the weld.

Σχήμα (7.23)

ΑΣΚΗΣΗ 7-5

Εκτέλεση συγκόλλησης και ποιοτικός έλεγχος

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει να γνωρίζει:

- Πώς να εκτελεί οπτικό ποιοτικό έλεγχο σε μία ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Πώς να εκτελεί μη καταστρεπτικούς ελέγχους με διεισδυτικό υγρό και με μαγνήτη.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Δύο τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, 5 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-5).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-5
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 90-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματοβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο τεμάχιο.
3	Εκτέλεση της συγκόλλησης από τη μία πλευρά	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. - Φέρνουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm και τα ποντάρουμε στις δύο άκρες τους. - Εκτελούμε περίπου το 1/3 της ραφής. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε μήπως χρειάζεται αλλαγή στην ένταση του ρεύματος και, γενικότερα, αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. - Αν χρειάζεται, διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A. - Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. - Ολοκληρώνουμε τη ραφή.
4	Συνέχιση της συγκόλλησης από τη δεύτερη πλευρά	- Γυρνάμε το τεμάχιο από την άλλη πλευρά. - Επαναλαμβάνουμε όλα τα παραπάνω βήματα, μέχρι να ολοκληρωθεί η συγκόλληση και από την πίσω μεριά. - Γράφουμε τα αρχικά μας ή τον αριθμό μας με ηλεκτροσυγκόλληση πάνω στο τεμάχιο.
5	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει αναλάβει τον ποιοτικό του έλεγχο. - Παίρνουμε το τεμάχιο του συμμαθητή μας που έχουμε αναλάβει να ελέγξουμε. - Παίρνουμε φωτοαντίγραφο του φύλλου ποιοτικού ελέγχου (κεφάλαιο 7-18). - Συμπληρώνουμε τον οπτικό έλεγχο. - Εκτελούμε τον έλεγχο με μαγνήτη. - Αν υπάρχει χρόνος, εκτελούμε και έλεγχο με διεισδυτικό υγρό, μόνο για να δούμε πώς γίνεται (κανονικά πρέπει να περάσουν 48 ώρες). - Βάζουμε σε ασφαλές μέρος το φύλλο ποιοτικού ελέγχου και το τεμάχιο που ελέγχουμε.
6	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.
7	Σε επόμενο μάθημα, μετά 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. - Λίγο πριν από το τέλος του εργαστηρίου, ή πριν από κάποιο διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό, εξετάζουμε για τυχόν ρωγμές και αποφαινόμεστε αν η συγκόλληση είναι αποδεκτή.

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ MMA

- Εμβάθυνση στην τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων MMA
- Θέσεις συγκόλλησης
- Η προετοιμασία των προς συγκόλληση άκρων
- Η τυποποίηση επενδυμένων ηλεκτροδίων
- Πρακτικές οδηγίες για καλές συγκολλήσεις
- Ο τρόπος χρήσης των βασικών ηλεκτροδίων
- Συγκολλήσεις ανοξείδωτων χαλύβων MMA
- Συγκολλήσεις αλουμινίου MMA
- Συγκολλήσεις χυτοσιδήρου MMA

8. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ MMA

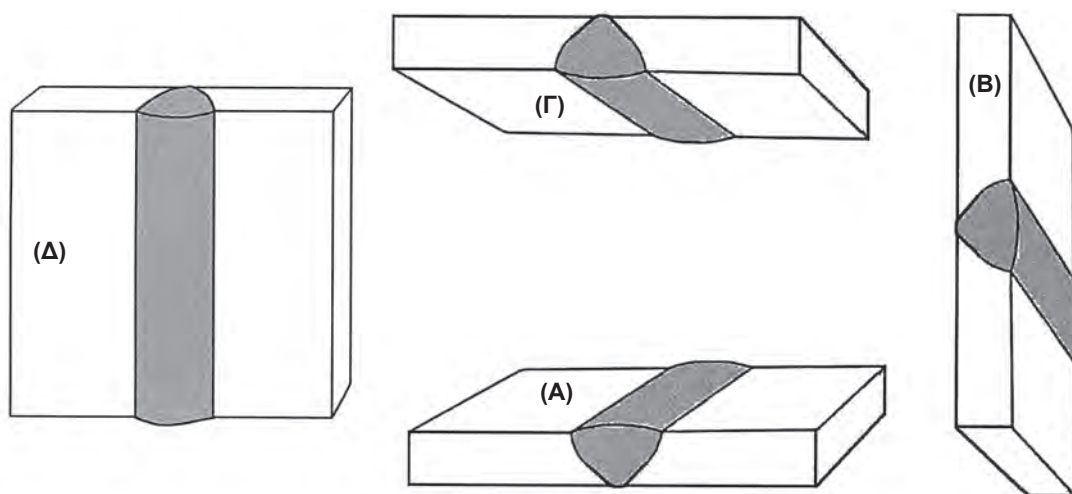
Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να γνωρίζουν πολύ καλά οι μαθητές τις τεχνικές των συγκολλήσεων MMA.
- Να μάθουν την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και πώς, με βάση αυτή, να επιλέγουν το κατάλληλο ηλεκτρόδιο.
- Να πραγματοποιούν συγκολλήσεις με βασικά ηλεκτρόδια.
- Να εκτελούν ηλεκτροσυγκόλληση σε διάφορες θέσεις.
- Να εκτελούν συγκολλήσεις ανοξείδωτων χαλύβων, αλουμινίου και χυτοσιδήρου με MMA.

8-1. Οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης

Στο κεφάλαιο 3 είχαμε αναφερθεί, γενικά, στις θέσεις συγκόλλησης και στις συνρμογές των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων. Στην παράγραφο αυτή θα επαναλάβουμε ορισμένες βασικές έννοιες και θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα σε ορισμένα σημεία που έχουν ιδιαίτερη σημασία για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Οι βασικές θέσεις συγκόλλησης είναι τέσσερις και στην πιο απλή μορφή τους φαίνονται στο σχήμα (8.1). Έχουμε την **επίπεδη θέση**, την **οριζόντια**, τον **ουρανό** και την **κατακόρυφη**.



Σχήμα (8.1): Οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης: (Α) Επίπεδη (Β) Οριζόντια (Γ) Ουρανός (Δ) κατακόρυφη

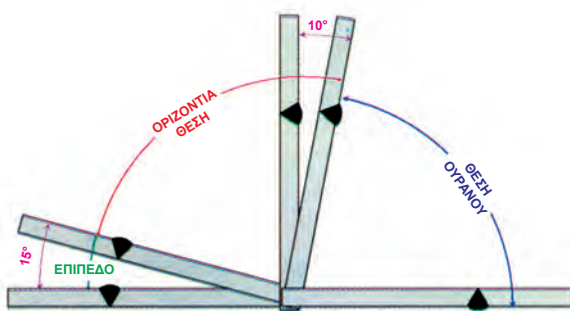
Η **κατακόρυφη** θέση διακρίνεται σε **ανεβατή**, όταν μετακινούμε το ηλεκτρόδιο προς τα άνω και **κατεβατή**, όταν το μετακινούμε προς τα κάτω. Έτσι οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης ανέρχονται συνολικά σε **πέντε**. Οι πλέον δύσκολες είναι του ου-

ρανού και η κατεβατή και για την εκτέλεσή τους ορισμένοι μόνο τύποι ηλεκτροδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Παρατήρηση: Στην τυποποίηση κατά ISO-6947, καθορίζονται ακόμη δύο θέσεις που είναι η **γωνιακή επίπεδη** και η **γωνιακή ουρανού**, δηλαδή οι εξωραφές. Έτσι οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης, σύμφωνα με το ISO-6947, ανέρχονται συνολικά σε **επτά (7)**. Η διάκριση αυτή όμως, στην πράξη, δε διαφοροποιεί τίποτε. Ο ίδιος τύπος ηλεκτροδίου χρησιμοποιείται τόσο στην επίπεδη όσο και στη γωνιακή επίπεδη. Αντίστοιχα, με το ίδιο ηλεκτρόδιο αντιμετωπίζονται οι περιπτώσεις ουρανού και γωνιακής ουρανού.

Οι θέσεις του σχήματος (8.1) είναι τυπικές. Αν όμως τα προς συγκόλληση ελάσματα έχουν άλλη γωνία, π.χ. 25, τότε ποια είναι η θέση συγκόλλησης; Να σημειωθεί ότι:

Η αναγνώριση της θέσης συγκόλλησης είναι βασική, για να γίνει η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου.



Σχήμα (8.2): Διάκριση των θέσεων Επίπεδη - Οριζόντια - Ουρανός

Ας υποθέσουμε τα δύο ελάσματα πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια, π.χ. σε μια κόλλα χαρτί που στο μέσο της έχουμε χαράξει μία ευθεία που συμβολίζει τη ραφή συγκόλλησης. Αρχίζουμε να περιστρέφουμε την επιφάνεια με άξονα τη ραφή. Όπως φαίνεται στο σχήμα (8.2) έχουμε:

- **Επίπεδη θέση:** Μέχρι και τις 15°, τα ελάσματα θεωρούνται ότι εξακολουθούν να βρίσκονται στην επίπεδη θέση.
- **Οριζόντια θέση:** Συνεχίζουμε να περιστρέφουμε την επιφάνεια. Όταν τα ελάσματα είναι σε επιφάνεια που αποκλίνει από την οριζόντια περισσότερο από 15° και δεν περνάει από την κατακόρυφο περισσότερο από 10° (δηλαδή τη θέση 100°), θεωρούμε ότι βρίσκονται σε οριζόντια θέση.
- **Ουρανός:** Όταν η απόκλιση από την οριζόντια θέση υπερβεί τις 100° (δηλαδή 10° από την κατακόρυφη), τότε έχουμε συγκόλληση ουρανού.

Τίθεται, επίσης, το ερώτημα μέχρι ποια γωνία κλίσης η ραφή θεωρείται ότι είναι σε οριζόντια θέση (μετά την οποία θεωρείται ότι είναι στην κατακόρυφη θέση).

Φέρνουμε την υποτιθέμενη ραφή στην τυπική οριζόντια θέση, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.1). Αρχίζουμε να την περιστρέφουμε, διατηρώντας την κατακόρυφη. Όπως βλέπουμε στο σχήμα (8.3) έχουμε:

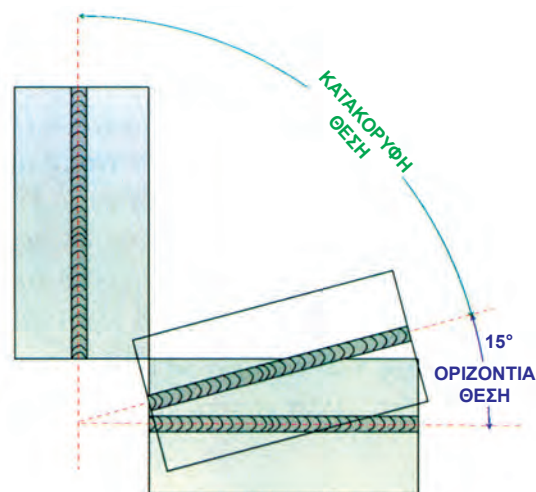
- **Οριζόντια θέση:** Όταν η ραφή συγκόλλησης αποκλίνει από την πραγματική οριζόντια μέχρι και 15° .
- **Κατακόρυφη θέση:** Όταν η ραφή συγκόλλησης αποκλίνει από την οριζόντια περισσότερο από 15° .

Από εδώ και πέρα στο βιβλίο, για το συμβολισμό της θέσης συγκόλλησης, θα χρησιμοποιούμε **μόνο** τους συμβολισμούς κατά ISO-6947. Όπως ήδη γνωρίζουμε, η κάθε θέση ηλεκτροσυγκόλλησης έχει ένα συμβολισμό με δύο γράμματα¹. Το πρώτο γράμμα είναι το **P**² και μετά ακολουθεί ένα από τα **A, B, C, D, E, F, G**. Ισχύουν οι εξής συμβολισμοί:

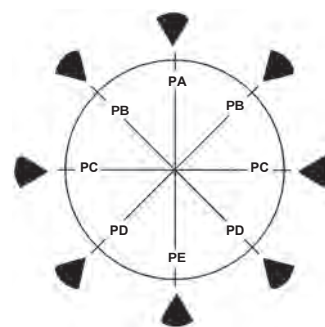
- **PA:** Επίπεδη
- **PC:** Οριζόντια
- **PE:** Ουρανός
- **PF:** Κατακόρυφη ανεβατή
- **PG:** Κατακόρυφη κατεβατή

Η θέση ανάμεσα στο PA και PC χαρακτηρίζεται ως **PB** (γωνιακή επίπεδη), ενώ μεταξύ του PE και του PF ως **PD** (γωνιακή ουρανού). Υπενθυμίζουμε, επίσης, ότι οι γωνιακές ραφές ονομάζονται και εξωραφές, ενώ οι άλλες ονομάζονται εσωραφές.

Στο σχήμα (8.4) βλέπουμε το χαρακτηρισμό των θέσεων. Είναι φανερό ότι οι θέσεις έχουν ονομαστεί με μία λογική σειρά και γι' αυτό δεν είναι δύσκολη η απομνημόνευσή τους.



Σχήμα (8.3): Διάκριση των θέσεων Οριζόντια - Κατακόρυφη



Σχήμα (8.4): Ονομασίες των τυπικών θέσεων ηλεκτροσυγκόλλησης

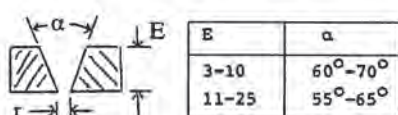
1. Με βάση το πρότυπο ISO-6947

2. Από τη λέξη Position = θέση

8-2. Η προετοιμασία των άκρων

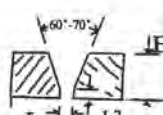
Όταν τα ελάσματα είναι μεγάλου πάχους, γίνεται προετοιμασία των άκρων τους, με σκοπό να εξασφαλιστεί η καλή συγκόλληση μέχρι τη ρίζα. Όταν η συγκόλληση γίνεται μόνο από τη μια πλευρά, η προετοιμασία γίνεται με τους τρόπους που φαίνονται στο σχήμα (8-5), ενώ, όταν γίνεται και από τις δύο πλευρές, με τους τρόπους που φαίνονται στο σχήμα (8.6).

Όταν δεν είναι δυνατή η συγκόλληση της ρίζας

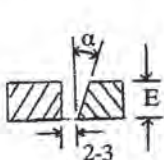


E	α
3-10	60°-70°
11-25	55°-65°

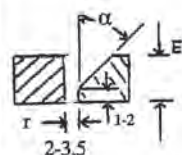
Όταν είναι δυνατή η συγκόλληση της ρίζας



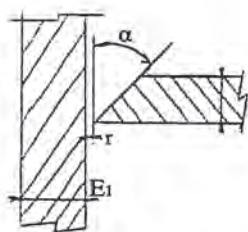
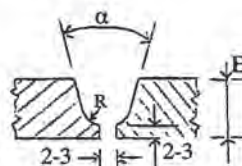
E	PA-PC r	PE r
5-10	2-2,5	2-3
11-15	2-3	2-4
16-25	2-3,5	2-5



E	PA-PC α	PE α
5-10	50°-60°	45°-50°
11-15	45°-50°	45°-50°
16-25	45°-50°	45°-50°



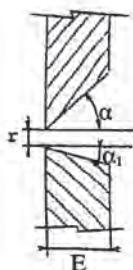
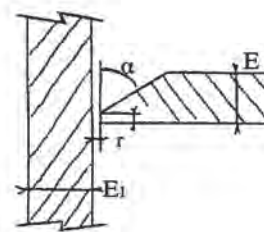
E	α	R
20 - 40	15 - 25°	6 ± 1



ΘΕΣΗ PB

E	5-20
r	2-3
a	50-60°

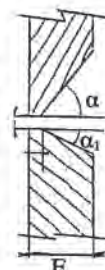
E	5-20
r	2-4
a	50-60°



ΘΕΣΗ PC

E	r	a	a1
3-10	1,5-2,5	45-55°	0°
11-20	2-3	45-55°	10-20°

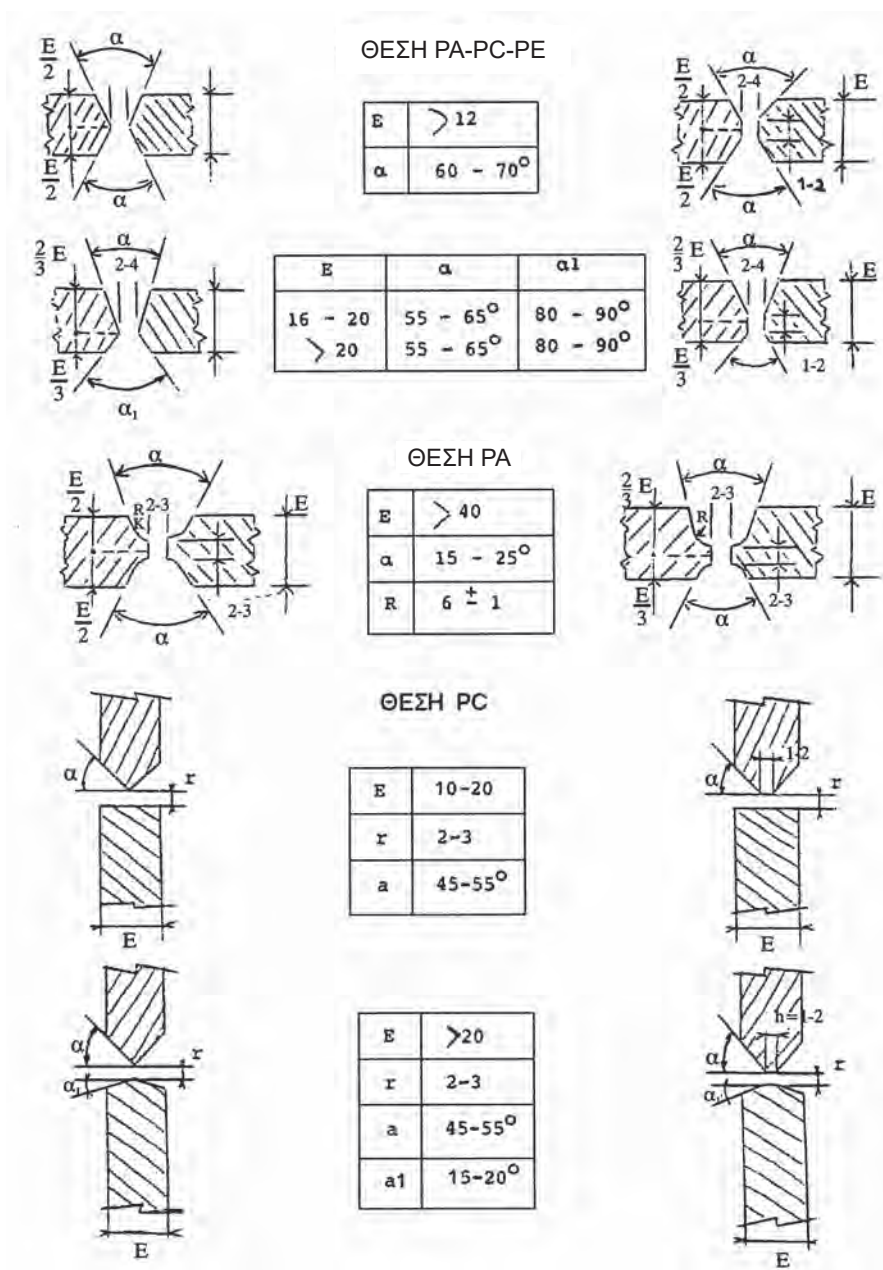
E	11-20
r	3-4
a	45-50°
a1	15-20°
h	1-2



Σχήμα (8.5): Προετοιμασία των άκρων για συγκόλληση μόνο από τη μία πλευρά

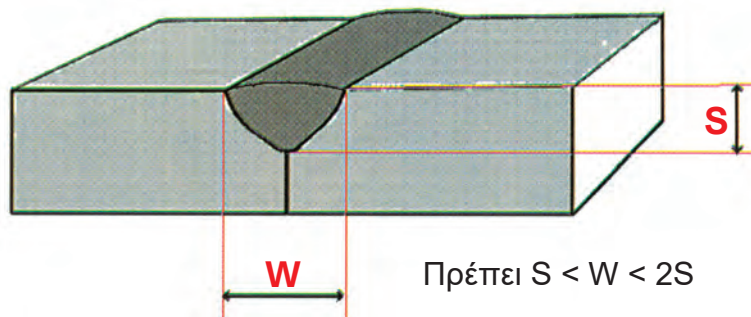
Οι λοξοτομές των ελασμάτων, που φαίνονται στα σχήματα (8.5) και (8.6), μπορούν να γίνουν με μηχανουργικά μέσα (στη φρέζα) ή με οξυγονοκοπή ή με πλάσμα. Ο πλέον συνήθης τρόπος για τους ανθρακούχους χάλυβες είναι η οξυγονοκοπή και στις άλλες περιπτώσεις το πλάσμα. Σε πολύ μικρά μήκη συγκόλλησης, π.χ. για τη συγκόλληση δύο τεμαχίων προφίλ μορφοσιδήρου, η λοξοτομή μπορεί να γίνει και με τροχό χειρός.

Όλοι οι τρόποι προετοιμασίας των άκρων θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το πλά-



Σχήμα (8.6): Προετοιμασία των άκρων για συγκόλληση και από τις δύο πλευρές

τος της ηλεκτροσυγκόλλησης θα είναι μεγαλύτερο από το βάθος διείσδυσης, που για μονόπλευρη συγκόλληση, συνήθως είναι όσο και το πάχος του ελάσματος, ενώ για αμφίπλευρη, ίσο με το ήμισυ του πάχους. Αυτό φαίνεται στο σχήμα (8.7). Αν δεν εφαρμοστεί αυτός ο κανόνας, υπάρχει κίνδυνος ρηγμάτων κατά μήκος της συγκόλλησης. Για το λόγο αυτό, η γωνία α των σχημάτων (8.5) και (8.6) πρέπει να είναι τουλάχιστον 45° .



Σχήμα (8.7): Η σωστή μορφή της ραφής ηλεκτροσυγκόλλησης

8-3. Οι τρόποι κοπής και προετοιμασίας των προς συγκόλληση άκρων

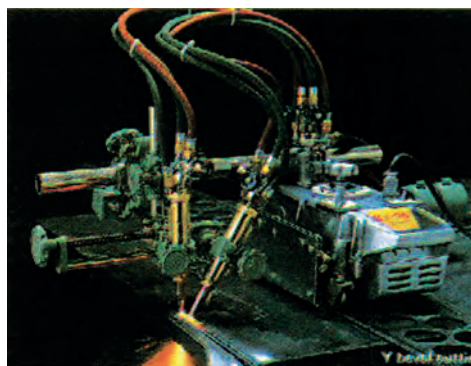
(α) Με μηχανουργικά μέσα

Η προετοιμασία των άκρων με μηχανουργικά μέσα γίνεται σχετικά σπάνια. Τα άκρα των κυλινδρικών τεμαχίων προετοιμάζονται στον τόρνο και των επίπεδων στη φρέζα. Η φρέζα προσφέρεται ως μέσο διαμόρφωσης, ιδίως όταν τα άκρα πρέπει να προετοιμαστούν σε μορφή U.

(β) Με οξυγονοκοπή

Η οξυγονοκοπή αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5.8. Υπενθυμίζουμε ότι γίνεται με οξειδωτική φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης και κόβει το μέταλλο με την οξείδωση (κάψιμο). Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανοξειδωτους χάλυβες ή σε κράματα αλουμινίου ή χαλκού, επειδή αυτά δεν οξειδώνονται. Η προετοιμασία των άκρων, για την επίτευξη της επιθυμητής γωνίας και του σχήματος της κοπής, γίνεται και με τη χρήση ειδικών συσκευών, όπως αυτή που βλέπουμε στο σχήμα (8.8).

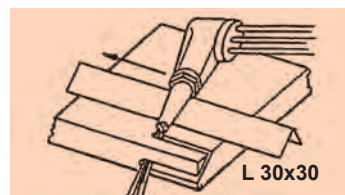
Ένας τρόπος που, επίσης, χρησιμοποιείται πολύ, όταν πρόκειται να κάνουμε φρέζα 45° ,



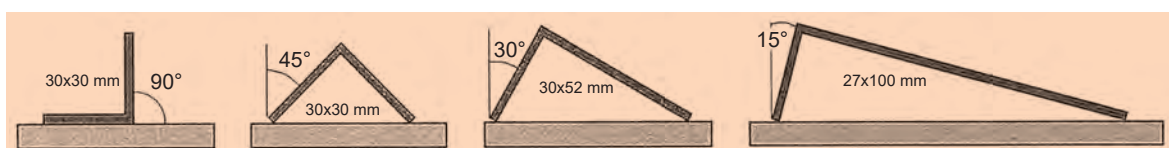
Σχήμα (8.8): Η χρήση ειδικής συσκευής για τη διαμόρφωση των προς συγκόλληση άκρων με οξυγονοκοπή

σε ευθεία γραμμή (που είναι και το πλέον συνηθισμένο), είναι με τη χρήση μιας ισοσκελούς γωνίας από προφίλ μορφοσιδήρου ως οδηγού. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (8.9).

Αν επιθυμούμε διαμόρφωση των άκρων σε άλλη γωνία εκτός των 45° , μπορεί να διαμορφωθεί η κατάλληλη ανισοσκελής γωνία, κόβοντας κατά μήκος το ένα σκέλος. Τη σχέση γωνίας-πλευρών τη βλέπουμε στο σχήμα (8.10).



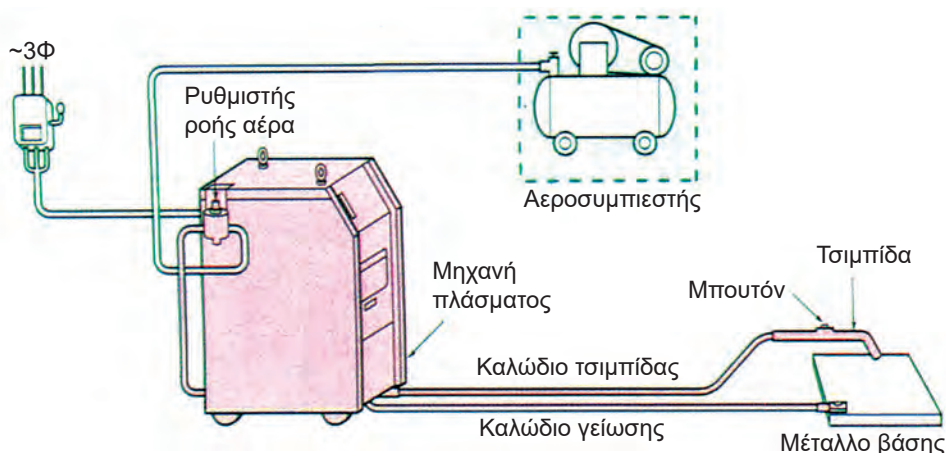
Σχήμα (8.9): Η χρήση ισοσκελούς γωνίας από μορφοσίδηρο για τη διαμόρφωση άκρων υπό γωνία 45°



Σχήμα (8.10): Η χρήση γωνίας μορφοσιδήρου ως οδηγού κοπής.

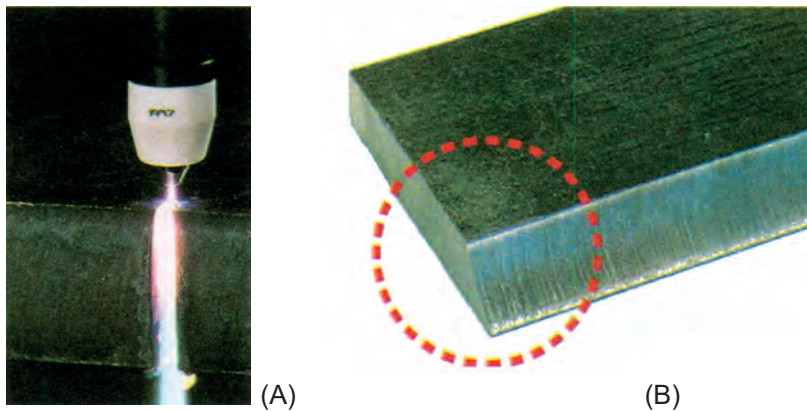
(γ) Με συσκευή πλάσματος

Με το πλάσμα γίνονται κοπές και λοξοτομές σε όλα τα μέταλλα, επειδή κόβει, λιώνοντας το μέταλλο και το απομακρύνει με αέριο υπό πίεση. Όμως οι συσκευές πλάσματος κοστίζουν πολύ. Κατά τα λοιπά, ο τρόπος κοπής με το πλάσμα δε διαφέρει πολύ από του οξυγόνου.



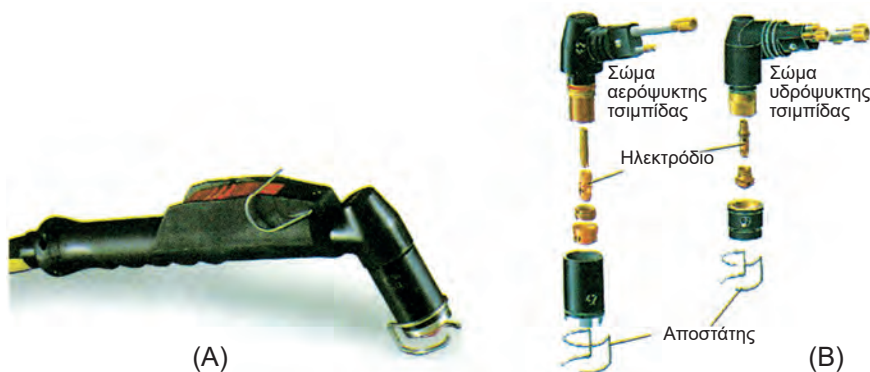
Σχήμα (8.11): Η διάταξη κοπής με πλάσμα

Η διάταξη κοπής φαίνεται στο σχήμα (8.11). Δε χρησιμοποιείται κάποιο ειδικό αέριο, όπως συμβαίνει κατά τη συγκόλληση πλάσματος, αλλά ο ατμοσφαιρικός αέρας υπό πίεση. Στο σχήμα (8.12) φαίνεται η διαδικασία της κοπής και η τελική επιφάνεια μιας τομής.



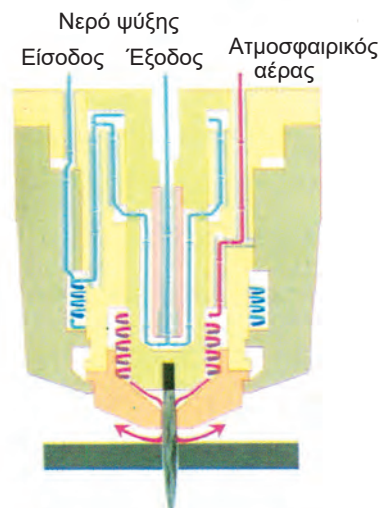
Σχήμα (8.12): Κοπή με πλάσμα: (Α) διαδικασία κοπής (Β) Μορφή τελικής επιφάνειας

Στο σχήμα (8.13) βλέπουμε τη μορφή μιας τσιμπίδας κοπής με πλάσμα. Τσιμπίδες υπάρχουν αερόψυκτες και υδρόψυκτες. Ανάλογα με τον κατασκευαστή τους



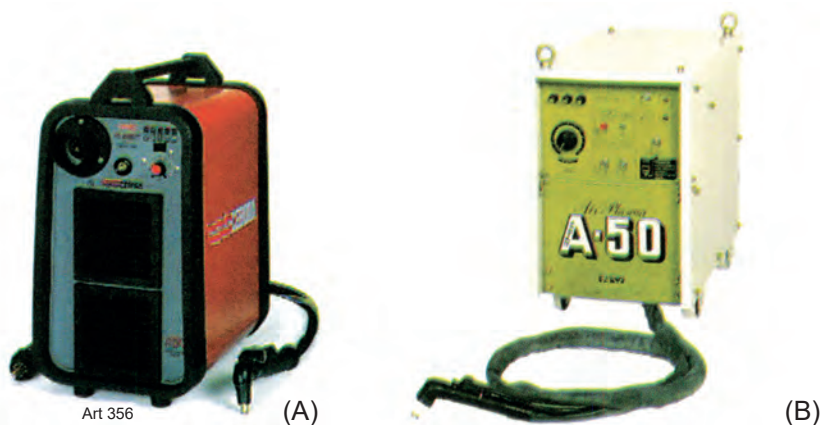
Σχήμα (8.13): (Α) Τσιμπίδα κοπής με πλάσμα (Β) Τα εξαρτήματα που την αποτελούν

και το είδος τους, αποτελούνται από διάφορα εξαρτήματα, όπως φαίνεται στο (Β). Το ηλεκτρόδιο είναι εντελώς διαφορετικό από όσα είδαμε μέχρι τώρα και είναι αναλώσιμο (π.χ. αντικαθίσταται μετά από 100 m κοπής). Ο αποστάτης, όταν χρησιμοποιείται, εξασφαλίζει σταθερή απόσταση της τσιμπίδας από το μέταλλο βάσης. Η λειτουργία μιας υδρόψυκτης τσιμπίδας φαίνεται στο σχήμα (8.14).



Σχήμα (8.14): Τομή υδρόψυκτης τσιμπίδας πλάσματος σε λειτουργία

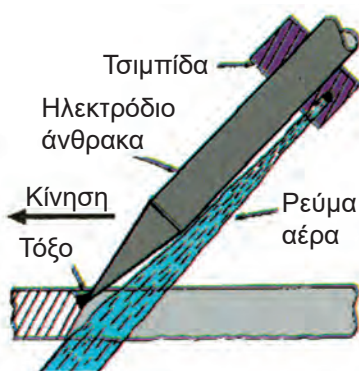
Μηχανές κοπής πλάσματος υπάρχουν μικρές φορητές, καθώς και μεγάλες για βαριές εργασίες. Στο σχήμα (8.15), βλέπουμε τέτοιες μηχανές.



Σχήμα (8.15): Μηχανές κοπής με πλάσμα: (Α) Μικρής ισχύος, φορητή (Β) Μεγάλης ισχύος, τροχήλατη

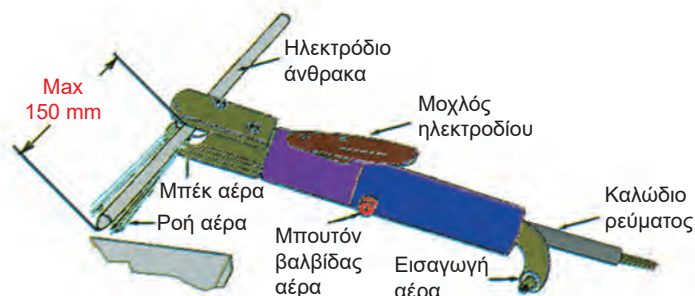
(δ) Με ηλεκτρόδιο άνθρακα (γραφίτη)

Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (8.16). Το μέταλλο λιώνει κάτω από τη θερμότητα του τόξου και απομακρύνεται με ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα υπό πίεση. Η τσιμπίδα μοιάζει πολύ με τις τσιμπίδες MMA, αλλά, όπως βλέπουμε και στο σχήμα (8.17), έχει επιπλέον αναμονή σύνδεσης με τον αεροσυμπιεστή. Διαθέτει μπεκ εξόδου του αέρα και μπουτόν ανοίγματος της βαλβίδας του αέρα. Το άκρο του ηλεκτροδίου του άνθρακα πρέπει να είναι αιχμηρό.



Σχήμα (8.16): Κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα

Η κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα (γραφίτη) γίνεται με μηχανές MMA, αλλά υπάρχει ένα σημείο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Συγκεκριμένα, το ηλεκτρόδιο του άνθρακα είναι ελάχιστα αναλώσιμο, οπότε η λειτουργία της μηχανής δε διακόπτεται



Σχήμα (8.17): Τσιμπίδα ηλεκτροδίου άνθρακα

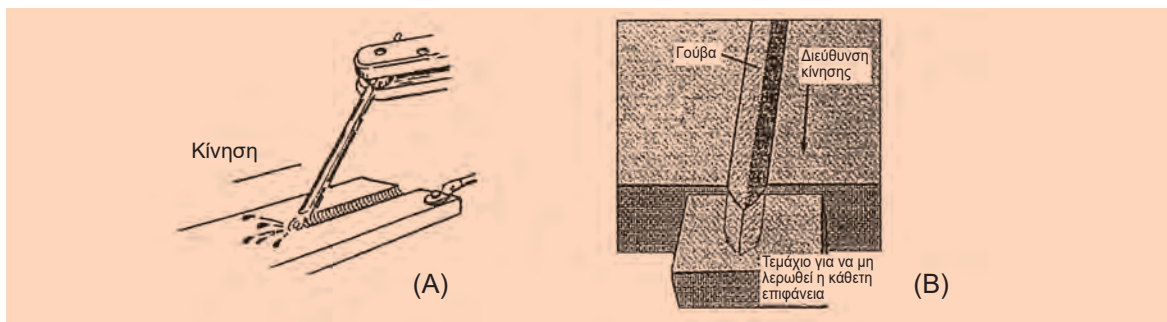
καθόλου και μπορεί να υπερθερμανθεί. Οι μηχανές MMA είναι κατασκευασμένες με την πρόβλεψη ότι γίνονται συνεχώς διακοπές (για αλλαγή του ηλεκτροδίου, εκ νέου έναυση του τόξου, αφαίρεση της πάστας κτλ.), οπότε δίνεται ο χρόνος στη μηχανή να κρυώσει. Δηλαδή, η κάθε μηχανή MMA, έχει ένα **συντελεστή χρήσης** (duty cycle) που εκφράζεται ως ποσοστό επί του ολικού χρόνου λειτουργίας. Αν η πινακίδα μιας μηχανής MMA αναφέρει ότι είναι κατάλληλη για ρεύμα 400 A, με συντελεστή χρήσης 50%, τότε το μέγιστο ρεύμα που μπορεί αυτή η μηχανή να φορτωθεί σε συνεχή λειτουργία είναι $0,5 \times 400 = 200$ A. Δηλαδή για κοπή με ηλεκτρόδιο του άνθρακα, δεν επιτρέπεται αυτή η μηχανή να ρυθμιστεί για ρεύμα πάνω από 200 A. Γενικότερα, οι μηχανές MMA, ικανότητας μικρότερη από 400 A, δεν είναι κατάλληλες για κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα.

Για να αποφευχθεί η μεγάλη υπερθέρμανση του ηλεκτροδίου και η πρόωρη καταστροφή του, το άκρο του ηλεκτροδίου **δεν πρέπει να προεξέχει περισσότερο από 15 cm** από την τσιμπίδα. Μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά έχουν τα ηλεκτρόδια άνθρακα που είναι επενδυμένα με χαλκό. **Στα γυμνά ηλεκτρόδια το ρεύμα πρέπει να είναι DCEN (DC-), ενώ στα ηλεκτρόδια με επένδυση χαλκού πρέπει να είναι AC.**

Τα ηλεκτρόδια άνθρακα υπάρχουν σε διάμετρο από 4 mm μέχρι 25,4 mm, αλλά τα πλέον χρήσιμα είναι με διαμέτρους 4, 5, 6,4 και 8 mm. Με διάμετρο 4 mm χρησιμοποιούν κυρίως για κοπή (σπάνια για γουβώματα). Οι επιτρεπόμενες εντάσεις του ρεύματος φαίνονται στον πίνακα (8-1). Στα ηλεκτρόδια με επένδυση χαλκού επιτρέπονται εντάσεις κατά 10% μεγαλύτερες.

Πίνακας (8-1): Τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτροδίων του άνθρακα

mm	4	5	6,4	8
Ίντσες (")	5/32	3/16	1/4	5/16
Ένταση ρεύματος (A)	90 - 150	150 - 200	200 - 400	250 - 450
Πλάτος γουβώματος (mm)	-	~ 6,5	~ 8	~ 9,5
Μέγιστο βάθος γουβώματος (mm)	-	~ 8	~ 9,5	~ 12,5



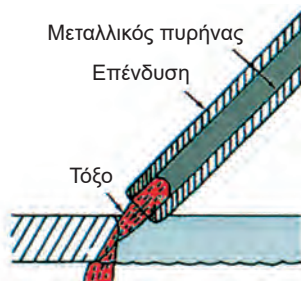
Σχήμα (8.18): (Α) Γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα (Β) Μορφή γουβώματος

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την κοπή χυτοσιδήρου, ή για το γούβωμα μιας επιφανείας³ δηλαδή για την αφαίρεση υλικού. Η τεχνική του γουβώματος φαίνεται στο σχήμα (8.18) και χρησιμοποιείται σε διάφορες περιπτώσεις (π.χ. ξήλωμα ελαττωματικής ραφής, αφαίρεση υλικού από τη ρίζα της συγκόλλησης ή από την περιοχή ενός ρήγματος κτλ.). Η περιοχή του γουβώματος, συνήθως, γεμίζεται με μέταλλο. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος τόσο μεγαλύτερο είναι το βάθος γουβώματος, ενώ το πλάτος είναι σχεδόν σταθερό.

(ε) Με επενδυμένο ηλεκτρόδιο κοπής

Όλα τα επενδυμένα ηλεκτρόδια εκτελούν κοπή, αν αυξηθεί η ένταση του ρεύματος πάνω από ένα όριο. Ιδιαίτερα κατάλληλα είναι τα ηλεκτρόδια με επένδυση κυτταρίνης, που θα δούμε παρακάτω, επειδή παράγουν μεγάλη ποσότητα αερίων που απομακρύνουν το λιωμένο μέταλλο.

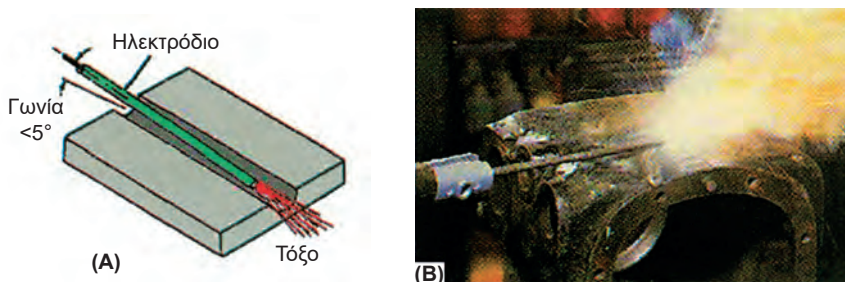
Η κοπή με τα συνηθισμένα επενδυμένα ηλεκτρόδια είναι λύση ανάγκης. Υπάρχουν τα ειδικά ηλεκτρόδια κοπής. Η διαφορά τους είναι ότι έχουν παχιά πάστα, ειδικού τύπου, η οποία καταναλώνεται πιο αργά από το μεταλλικό πυρήνα του ηλεκτροδίου και, έτσι, δημιουργείται μία κοιλότητα, όπως στο σχήμα (8.19). Στο εσωτερικό της κοιλότητας παράγονται αέρια που εξακοντίζονται με πίεση από το άνοιγμα, διώχνοντας το λιωμένο μέταλλο.



Σχήμα (8.19): Η αρχή λειτουργίας του ειδικού για κοπή επενδυμένου ηλεκτροδίου

3. Αγγλικός όρος **gouging** = γούβωμα επιφανείας

Με τα ειδικά ηλεκτρόδια κοπής μπορεί να γίνει και γούβωμα, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.20). Το λιωμένο μέταλλο που πετάγεται από κάθε μία από τις δύο πλευρές του γουβώματος, όταν θα στερεοποιηθεί, θα παρουσιάζει πολύ χαλαρή πρόσφυση με το υπόλοιπο μέταλλο, λόγω της πάστας με την οποία έχει αναμιχθεί. Γι' αυτό απομακρύνεται πολύ εύκολα με το ματσάκωνι.



Σχήμα (8.20): (Α) Γούβωμα με ειδικό για κοπή επενδυμένο ηλεκτρόδιο (Β) Γούβωμα σε χυτοσιδερένιο αντικείμενο

8-4. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επενδυμένων ηλεκτροδίων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 350-450 mm και στις διαμέτρους που φαίνονται στον πίνακα (8-2). Η διάμετρος ενός ηλεκτροδίου μετριέται χωρίς την επένδυση, δηλαδή είναι η διάμετρος του μεταλλικού πυρήνα του ηλεκτροδίου.

Πίνακας (8-2): Ονομαστική διάμετρος επενδυμένων ηλεκτροδίων

mm	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,4	7	8
Ίντσες (≤)	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	9/32	5/16

Στα ηλεκτρόδια δε μας ενδιαφέρει μόνο η διάμετρος. Μας ενδιαφέρουν κυρίως τα υλικά κατασκευής τους, οι ιδιότητές τους και ο τρόπος ονομασίας τους. Αυτά έχουν οργανωθεί μέσα από τη διαδικασία της **τυποποίησης** των ηλεκτροδίων.

Καλός ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι αυτός που γνωρίζει μόνο να εκτελεί καλές συγκολλήσεις. Οφείλει να γνωρίζει και την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και με **βάση την τυποποίηση να προσδιορίζει το κατάλληλο ηλεκτρόδιο** για την κάθε περίπτωση.

8-5. Τι σημαίνει ο όρος τυποποίηση - Τι είναι τα πρότυπα

Για να αναφερθούμε στην τυποποίηση των ηλεκτροδίων, πρέπει πρώτα να εξηγήσουμε με λίγα, απλά λόγια τι είναι τυποποίηση και ποιους κανόνες ακολουθεί.

Τυποποίηση είναι η οργάνωση κάποιων πραγμάτων με οδηγίες που δίνονται στα πρότυπα. Πρότυπα είναι αυστηροί κανονισμοί που ισχύουν σε μία ή περισσότερες χώρες. Τα **ISO** είναι τα διεθνή πρότυπα που ισχύουν υποχρεωτικά και στην Ελλάδα. Πρότυπα που, επίσης, ισχύουν στη χώρα μας είναι τα ευρωπαϊκά **EN**⁴ και τα εθνικά του **ΕΛΟΤ**. Σε άλλες χώρες ισχύουν άλλα εθνικά πρότυπα, π.χ. τα **DIN** ισχύουν στη Γερμανία και **δε** βρίσκουν εφαρμογή στην Ελλάδα.

Είναι λάθος να προδιαγράφεται με ξένα εθνικά πρότυπα (π.χ. με DIN) κάτι που υπάρχει σε πρότυπα ΕΛΟΤ, EN ή ISO.

Όταν για ένα θέμα υπάρχει πρότυπο ΕΛΟΤ, τότε αυτό υπερισχύει στη χώρα μας της αντίστοιχης EN, υπό την προϋπόθεση ότι η σύνταξή του έχει στηριχτεί στην εν λόγω EN και ως εκ τούτου, δεν μπορεί παρά να είναι **μεταγενέστερο** της EN. Οι EN, κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις, υπερισχύουν των αντίστοιχων ISO. Όμως **δεν** επιτρέπεται να συνταχθεί ένα Εθνικό πρότυπο που να έρχεται σε αντίθεση με την αντίστοιχη EN (μπορεί όμως να τη συμπληρώνει σε ό,τι αφορά τις ελληνικές συνθήκες) και ούτε μία EN μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με το αντίστοιχο πρότυπο ISO. Μία τροποποίηση της EN, ακυρώνει το αντίστοιχο πρότυπο του ΕΛΟΤ και καθιστά υποχρεωτική την αναθεώρησή του.

Μόνο όταν δεν υπάρχει κανένα υποχρεωτικό για τη χώρα μας πρότυπο, που να καλύπτει το θέμα που μας ενδιαφέρει, μπορούμε να καταφύγουμε σε πρότυπα άλλων χωρών, π.χ. στα Γερμανικά (DIN) ή στα Αμερικάνικα πρότυπα (ANSI, AWS κτλ.).

8-6. Τι προβλέπεται για την τυποποίηση των ηλεκτροδίων

Τα ηλεκτρόδια έχουν χωριστεί σε κατηγορίες και για την καθεμιά από αυτές ισχύουν διαφορετικά πρότυπα. Οι κατηγορίες που θα μας απασχολήσουν είναι:

- Ανθρακούχων χαλύβων και ελαφρά κραματικών χαλύβων
- Ανοξείδωτων χαλύβων
- Αλουμινίου
- Χυτοσιδήρου

Λεπτομερώς θα αναπτυχθούν μόνο τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων, τα οποία, κυρίως, μας ενδιαφέρουν και έχουν πολλές εφαρμογές. Όσον αφορά τα υπόλοιπα είδη ηλεκτροδίων, δηλαδή του αλουμινίου, των ανοξείδωτων χαλύβων και του χυτοσιδήρου, τα χρησιμοποιούμενα στην πράξη ηλεκτρόδια είναι ελάχιστα.

4. Το **EN** διαβάζεται στην Αγγλική **European Standard**

8-7. Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων των ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων είχαν τυποποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους, που βρίσκονταν σε συνεχή αντιπαράθεση:

- Με τα πρότυπα **AWS-A5.1** (ανθρακούχων χαλύβων) και **AWS-A5.5** (ελαφρά κραματικών χαλύβων) της **American Welding Society**⁵
- Με το **ISO-2560**, έκδοση του **1973**, παρόμοιο με το οποίο είναι το Ευρωπαϊκό **EN-499**. Το τελευταίο έχει αποδοθεί στην ελληνική γλώσσα⁶ με την ονομασία **ΕΛΟΤ-499**.

Η αντιπαράθεση μεταξύ των δύο συστημάτων φαίνεται να τελείωσε τον **Νοέμβριο του 2002** με τη νέα έκδοση του **ISO-2560**, η οποία αναγνωρίζει και τους δύο τρόπους, ως εξής:

- Τον **ISO-2560-A** που είναι απολύτως όμοιος με την **EN-499**.
- Τον **ISO-2560-B** που ακολουθεί τη μέθοδο της **AWS**, αλλά με την αντικατάσταση του συστήματος μονάδων **I-P** με το **SI** και με ορισμένες ακόμη μικρές τροποποιήσεις.

Αν και το σύστημα κατά **ISO-2560-A** περιγράφει λεπτομερέστερα τις ιδιότητες των ηλεκτροδίων, είναι κάπως περίπλοκο και απαιτεί επιστημονική κατάρτιση. Το **ISO-2560-B** είναι πολύ απλό και προσφέρεται ιδιαίτερα για τους τεχνίτες. Αυτό που χρειάζεται ένας ηλεκτροσυγκολλητής είναι να κάνει εύκολα και γρήγορα τη σωστή επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου και σ' αυτό το σημείο, το ISO-2560-B τον καλύπτει πλήρως⁷.

5. Το AWS χρησιμοποιεί μονάδες του συστήματος **I-P** (αγγλοσαξονικό) ενώ τα ISO, EN και ΕΛΟΤ χρησιμοποιούν το **SI** (διεθνές σύστημα μονάδων). Η πράξη απέδειξε ότι η τυποποίηση κατά AWS, παρ' όλον το σύστημα μονάδων I-P, ήταν περισσότερο δημοφιλή σε σχέση με την EN-499, κυρίως λόγω της μεγάλης απλότητάς της και της ευκολίας απομνημόνευσης. Όλοι οι κατασκευαστές ηλεκτροδίων αναγράφουν, πάνω στη συσκευασία την ονομασία των ηλεκτροδίων και στα δύο αυτά συστήματα καθώς και σε αρκετά εθνικά (DIN, BS κτλ.).

6. Τα πρότυπα δε μεταφράζονται απλά σε μία άλλη γλώσσα, αλλά αποδίδονται σ' αυτήν προσεκτικά. Η απόδοση είναι μία επίπονη ομαδική εργασία επιτροπών.

7. Το ISO-2560-B κρίθηκε ως το πλέον κατάλληλο για τους στόχους του παρόντος βιβλίου και αναπτύσσεται λεπτομερώς. Για το ISO-2560-A, γίνεται μία σύντομη ανάπτυξη. Επίσης, επειδή κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου το AWS-A5.1 ήταν σε ευρεία χρήση, γίνονται και σ' αυτό συνοπτικές αναφορές. Η διδασκαλία των ISO-2560-A και του AWS μπορεί να παραλειφθεί κατά την κρίση του καθηγητή.

8-8. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-B

Η τυποποίηση αυτή, βασικά, χρησιμοποιεί μόνο 4 αριθμούς π.χ. E4311. Μπορεί να ακολουθούν και άλλοι αριθμοί ή γράμματα που να δίνουν περισσότερες πληροφορίες. Οι κυριότερες όμως ιδιότητες περιγράφονται με τους 4 πρώτους αριθμούς.

Οι δύο πρώτοι αριθμοί, πολλαπλασιαζόμενοι επί 10, μας δίνουν την ελάχιστη αντοχή σε MPa⁸. Δηλαδή το ηλεκτρόδιο E4311 έχει ελάχιστη αντοχή 430 MPa. Τα δύο πρώτα ψηφία επιτρέπεται να σχηματίζουν μόνο έναν από τους αριθμούς: **43, 49, 55, 57**.

Τα επόμενα δύο ψηφία (3° και 4°) έχουν μεγαλύτερη σημασία, επειδή μας δίνουν το είδος της επένδυσης. Στον πίνακα (8.3) είναι συγκεντρωμένες όλες οι πληροφορίες από τα 3° και 4° ψηφία. Όπως βλέπουμε, από το είδος της επένδυσης εξαρτώνται τα εξής:

- Οι δυνατές θέσεις συγκόλλησης
- Το είδος του ρεύματος που απαιτείται (AC, DC+, DC-)
- Το βάθος της διείσδυσης

Αν π.χ. δεν μπορούμε να κάνουμε διαμόρφωση των άκρων, τότε μας χρειάζεται ένα ηλεκτρόδιο που να κάνει βαθιά διείσδυση. Αν όμως πρόκειται να συγκολληθούν λαμαρίνες μικρού ή μέτριου πάχους (μέχρι 5 mm), προτιμότερο είναι ένα ηλεκτρόδιο που να κάνει ρηχή διείσδυση.

- Η μορφή της επιφάνειας της ραφής (κοίλη, κυρτή ή επίπεδη)
Σε γωνιακές συγκολλήσεις είναι προτιμότερη η κοίλη ή η επίπεδη μορφή, ενώ σε ευθείες η κυρτή.
- Το μέγεθος επικάλυψης από την προστατευτική σκουριά, αν δηλαδή θα είναι παχιά ή λεπτή. Το πάχος της επικάλυψης έχει σημασία ως προς την προστασία της συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Όπως ήδη γνωρίζουμε, η προστασία επιτυγχάνεται τόσο από την παραγωγή αερίων όσο και από τη σκουριά της πάστας. Αν όμως η συγκόλληση γίνεται στο ύπαιθρο, είναι καλύτερα να επιλέξουμε ένα ηλεκτρόδιο που να αφήνει μία επικάλυψη τουλάχιστον μέτριου πάχους.

Μετά τα παραπάνω ψηφία ενδέχεται να ακολουθούν **A** ή **P** ή **AP**. Το **A** σημαίνει ότι **δεν** απαιτείται θερμική επεξεργασία μετά τη συγκόλληση και το **P** ότι απαιτείται. Αν απαιτείται αυτή, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις είναι θέρμανση επί 60-75' στους 620±15°C. Αν υπάρχει το **AP**, τότε και οι δύο περιπτώσεις είναι αποδεκτές.

8. 1 MPa = 1 Nt/mm²

Πίνακας (8-3): Η σημασία 3ου και 4ου ψηφίου στην ονομασία κατά ISO-2560-B

3°+4° Ψηφίο (1)	Είδος επένδυσης (2)	Θέσεις συγκόλλησης (3)	Είδος ρεύματος (4)	Διείσδυση ⁹ (5)	Επιφάνεια ⁹ (6)	Πάχος σκουριάς ⁹ (7)
03	Βασική+Ρουτιλίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+,DC-	Ρηχή	Κυρτή	Λεπτή
10	Κυτταρίνης-Νατρίου	Όλες	DC+	Πολύ βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
11	Κυτταρίνης -Καλίου	Όλες	AC, DC+,DC-	Βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
12	Ρουτιλίου - Νατρίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
13	Ρουτιλίου - Καλίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+,DC-	Ρηχή	Κυρτή	Μέτρια
14	Ρουτιλίου + Σιδηρόσκονη	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
15	Βασική - Νατρίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή
16	Βασική - Καλίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+	Ρηχή	Κυρτή	Λεπτή
18	Βασική + Σιδηρόσκονη	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
19	Ρουτιλίου+Οξειδίου	Όλες πλην της PG ¹⁰	AC,DC+,DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
20	Οξειδίου Fe	PA, PB	AC,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
24	Ρουτιλίου + Σιδηρόσκονη	PA, PB	AC,DC+,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Πολύ παχιά
27	Οξειδίου Fe + Σιδηρόσκονη	PA, PB	AC,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Πολύ παχιά
28	Βασική + Σιδηρόσκονη	PA, PB, PC	AC,DC+	Μέτρια	Κυρτή	Παχιά
48	Βασικό	Όλες	AC,DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή

Μετά ενδέχεται να υπάρχει το U, το οποίο έχει σχέση με τη **δυσθραυστότητα**¹¹. Το ISO-2560-B προβλέπει **ενέργεια θραύσης 27 J** σε θερμοκρασία που είναι διαφορετική για το κάθε είδος ηλεκτροδίου. Από έναν πίνακα που υπάρχει στο πρότυπο και από τον τύπο του ηλεκτροδίου, βρίσκεται η θερμοκρασία κατά την οποία το μέταλλο της ραφής πρέπει να παρουσιάζει δυσθραυστότητα **27 J**. Όταν όμως υπάρχει το **U**, σημαίνει ότι θα υπάρχει **αυξημένη δυσθραυστότητα** και η ενέργεια θραύσης στη θερμοκρασία που αναφέρει ο πίνακας είναι **47 J** αντί **27 J**.

Στα βασικά ηλεκτρόδια ή ηλεκτρόδια **χαμηλού υδρογόνου**, το περιεχόμενο υδρογόνου πρέπει να είναι μέχρι 15 cm³ ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου. Γι'

9. Οι στήλες (5), (6), (7) δε συμπεριλαμβάνονται στο ISO-2560-A.

10. Η θέση PG (κατακόρυφη κατεβατή), ενδέχεται και να επιτρέπεται, ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή των ηλεκτροδίων. Όταν όμως δε γνωρίζουμε τι ισχύει, καλύτερα να θεωρούμε ότι η PG δεν επιτρέπεται.

11. **Δυσθραυστότητα** είναι η **ενέργεια θραύσης** που χρειάζεται για τη θραύση από κτύπημα ενός τυποποιημένου δοκιμίου κατασκευασμένου από το υπό εξέταση υλικό. Μετρίεται με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων και η μονάδα μέτρησής της είναι το J. Μειώνεται όσο πέφτει η θερμοκρασία (το μέταλλο γίνεται περισσότερο εύθραυστο). Είναι μία κάπως δύσκολη έννοια στην οποία δε θα εμβαθύνουμε.

αυτό συχνά την ονομασία την ακολουθεί ένας συμβολισμός για το περιεχόμενο υδρογόνο π.χ. **E4318H10**. Το **H** σημαίνει υδρογόνο και ακολουθείται από **5** ή **10** ή **15** που συμβολίζει τη **μέγιστη δυνατή** περιεκτικότητα υδρογόνου, σε cm³ αερίου ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου.

Ερώτηση: Πολλές φορές θα δούμε συμβολισμούς όπως **E6011**. Τι σημαίνει το 60, αφού ο αριθμός που μπορεί να υπάρχει είναι μόνο **43, 49, 55 ή 57**;

Απάντηση: Ο συμβολισμός **E6011** είναι κατά **AWS-A5.1** και το 60 σημαίνει αντοχή σε χιλιάδες psi. Πολλαπλασιάζοντας το 60 με το 7 βρίσκουμε την αντοχή σε MPa, δηλαδή το ηλεκτρόδιο αυτό έχει ελάχιστη αντοχή $60 \times 7 = 420$ MPa και είναι αντίστοιχο του **E4311**. Ο συμβολισμός κατά **AWS**, ξεχωρίζει, επειδή τα δύο πρώτα ψηφία είναι 60, 70, 80 κτλ., δηλαδή το δεύτερο ψηφίο είναι **0**.

Άλλες διαφορές μεταξύ ISO-2560-B και AWS-A5.1

Όταν το 3ο ψηφίο είναι 1 ή 2, τότε το 3° και το 4° ψηφίο έχουν την ίδια ακριβώς σημασία και στα δύο συστήματα. Στο σύστημα **AWS**, όταν το 3° ψηφίο είναι 4 αντί για 1, υποδηλώνει ότι το ηλεκτρόδιο δεν είναι κατάλληλο για τη θέση **PG**. Υπάρχει επίσης το **H**, αλλά ακολουθείται από το 4, 8 ή το 16. Π.χ. το **E4918H15** μπορεί να αντιστοιχεί κατά **AWS** στα **E7018H16** ή **E7048H16**.

8-9. Ας κάνουμε τα πράγματα πιο απλά

Ο πίνακας (8-3) είναι βασικός και οι ηλεκτροσυγκολλητές πρέπει να τον ξέρουν απέξω. Είναι όμως εύκολη η απομνημόνευσή του; Εκ πρώτης όψεως όχι, αλλά τα πράγματα είναι πολύ πιο απλά. Συγκεκριμένα, από τον πίνακα (8-3) βλέπουμε ότι έχουμε μόνο 4 είδη υλικών που χρησιμοποιούνται στην πάστα των ηλεκτροδίων, τα εξής:

- **Κυτταρίνη:** Εκτελείται συγκόλληση σε όλες τις θέσεις με βαθιά διείσδυση. Η ραφή έχει κοίλη μορφή. Μπορούν να γίνουν καλές συγκολλήσεις, ακόμη και όταν υπάρχουν σκουριές.
- **Ρουτίλιο¹²:** Μέτρια διείσδυση, αλλά εύκολη η χρήση των ηλεκτροδίων (μαλακό τόξο). Η ραφή είναι κυρτή. Τα προς συγκόλληση άκρα πρέπει να είναι χωρίς σκουριές.
- **Βασική επένδυση¹³:** Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απαιτείται η συγκόλληση να έχει μεγάλη αντοχή. Η ραφή είναι κυρτή. Τα ηλεκτρόδια είναι δύσκολα

12. Ρουτίλιο είναι η ονομασία του διοξειδίου του Τιτανίου.

13. Η βασική επένδυση είναι συνδυασμός ανθρακικού και φθοριούχου ασβεστίου.

στη χρήση τους και απαιτούν εμπειρία. Η προς συγκόλληση επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή.

- **Οξείδιο του Fe:** Δίνει επίπεδη επιφάνεια ραφής και προσφέρεται για γωνιακές συγκολλήσεις και επικαλύψεις ελασμάτων. Η λιωμένη πάστα είναι πολύ ρευστή και γι' αυτό τα ηλεκτρόδια είναι κατάλληλα μόνο για τις θέσεις PA και PB. Η ραφή είναι μέτριας αντοχής, επειδή περιέχει φυσαλίδες CO₂.

Ορισμένα από τα παραπάνω υλικά, συνδυαζόμενα μεταξύ τους, δημιουργούν και άλλους τύπους επένδυσης με ενδιάμεσες ιδιότητες. Επίσης, στα ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και στα βασικά, προστίθεται ένας σταθεροποιητής τόξου ο οποίος βελτιώνει τις ιδιότητές τους. Υπάρχουν δύο είδη σταθεροποιητών:

- **Νάτριο** (υπό μορφή αλάτων): Αυξάνει τη διεισδυτικότητα, αλλά περιορίζει τις δυνατότητες χρήσης διαφορετικών ηλεκτρικών πηγών. Π.χ. η κυτταρίνη με σταθεροποιητή το Νάτριο (τύπος 10), είναι το πλέον διεισδυτικό ηλεκτρόδιο που υπάρχει, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ρεύμα DC+.
- **Κάλλιο** (υπό μορφή αλάτων): Βελτιώνει το τόξο, καθιστά την ηλεκτροσυγκόλληση ευκολότερη, με λιγότερο θόρυβο και μικρότερη ένταση ρεύματος. Λειτουργεί με οποιοδήποτε ρεύμα (AC, DC+, DC-). Έτσι, το ηλεκτρόδιο ρουτιλίου, με σταθεροποιητή το κάλλιο (τύπος 13), είναι πολύ εύκολο στη χρήση.

Στον πίνακα (8-3) βλέπουμε ότι υπάρχει ακόμη ένα πρόσθετο συστατικό, η **σιδηρόσκονη**. Αυτή αυξάνει την απόδοση του ηλεκτροδίου και εναποτίθενται μεγαλύτερες ποσότητες μετάλλου στον ίδιο χρόνο. Με μορφή σιδηρόσκονης, τοποθετούνται συνήθως και οι προσθήκες άλλων μετάλλων. Αν π.χ. το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει 1% Ni, μπορεί αυτό να βρίσκεται στη σιδηρόσκονη και ο πυρήνας του ηλεκτροδίου να είναι απλός ανθρακούχος χάλυβας.

Παρατηρώντας τον πίνακα (8-3), βλέπουμε ότι είναι εύκολο να διαχωρίσουμε τη σημασία, του 3^{ου} και του 4^{ου} ψηφίου. Συγκεκριμένα:

- Όταν το 3^ο ψηφίο είναι **0, 1 ή 4**, το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο για όλες τις θέσεις, πλην ενδεχομένως της PG (κατεβατής). Μόνο τα ηλεκτρόδια **κυτταρίνης** είναι πάντοτε κατάλληλα για τη θέση PG, καθώς και το μοναδικό ηλεκτρόδιο που έχει ως 3^ο ψηφίο το "4". Τα άλλα ενδέχεται να **μην** είναι κατάλληλα για τη θέση PG, ανάλογα με τον κατασκευαστή.
- Όταν το 3^ο ψηφίο είναι το **2**, τότε το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο μόνο για τις θέσεις PA και PB με τη σχεδόν ασήμαντη εξαίρεση του τύπου 28 που προσφέρεται και για τη θέση PC. Διαθέτουν παχιά επένδυση και έχουν σιδηρόσκονη στην πάστα τους. Το τίμημα όμως είναι ο περιορισμός των θέσεων συγκόλλησης, επειδή η μεγάλη ποσότητα προστατευτικής σκουριάς ρέει πολύ εύκολα.

Μετά το διαχωρισμό της σημασίας του 3ου ψηφίου, ο πίνακας (8-3), απλοποιείται στη μορφή του πίνακα (8-4).

Πίνακας (8-4): Η σημασία του 4^{ου} ψηφίου στην ονομασία κατά ISO-2560-B

Είδος επένδυσης	4 ^ο ψηφίο	Προσθήκη	Είδος ρεύματος	Διείσδυση	Επιφάνεια	Πάχος σκουριάς
Κυτταρίνης	0	Νάτριο	DC+	Πολύ βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
	1	Κάλιο	AC,DC+,DC-	Βαθιά		
Ρουτιλίου	2	Νάτριο	AC,DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
	3	Κάλιο	AC,DC+,DC-	Ρηχή		
Βασική	4	Σιδηρόσκονη	AC,DC+,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
	5	Νάτριο	DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή
	6	Κάλιο	AC,DC+	Ρηχή		
	8	Σιδηρόσκονη	AC,DC+	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια

Παρατήρηση: Για μεγαλύτερη απλοποίηση του πίνακα (8-4) δε συμπεριελήφθησαν ο τύπος 03 (βασικό-ρουτιλίου) και οι τύποι 19, 20 και 27 (περιέχουν οξείδιο του Fe). Τα ηλεκτρόδια αυτών των τύπων χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο.

8-10. Παραδείγματα επιλογής κατάλληλου ηλεκτροδίου

Με όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και, ιδίως, με τη βοήθεια του πίνακα (8-4) μπορούμε να κάνουμε τις επιλογές μας, ανάλογα με τις συνθήκες συγκόλλησης και εκτελώντας απλούς συλλογισμούς.

Παράδειγμα 1^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε καθαρές λαμαρίνες από St37 (αντοχή 370 MPa), πάχους 3 mm σε προστατευμένο χώρο από ανέμους. Οι θέσεις συγκόλλησης δεν μπορούν να προκαθοριστούν. Οι συγκολλήσεις δεν πρόκειται να υποβληθούν σε πολύ ισχυρές καταπονήσεις.

Απάντηση: Δεν έχουμε ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής, άρα τα δύο πρώτα ψηφία θα είναι 43. Αφού θέλουμε να μπορούμε να κολλήσουμε σε όλες τις θέσεις, το τρίτο θα είναι 1. Οι λαμαρίνες είναι μικρού πάχους, άρα προτιμότερη είναι μία ρηχή διείσδυση. Το πλέον κατάλληλο ηλεκτρόδιο είναι E4313.

Παράδειγμα 2^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες, όπως παραπάνω, αλλά πάχους 6 mm. Είναι δύσκολη η προετοιμασία των άκρων καθώς και η αφαίρεση της σκουριάς.

Απάντηση: Χρειαζόμαστε βαθιά διείσδυση. Τα ηλεκτρόδια που κάνουν βαθιά διείσδυση είναι πρώτα το E4310 και μετά το E4311. Το ηλεκτρόδιο E4311 είναι μάλλον προτιμότερο, επειδή δεν έχουμε υπερβολικό πάχος λαμαρίνας και δέχεται ρεύμα DC- (ή AC, αν τυχόν χρειαστεί). Αφήνει λεπτή σκουριά, αλλά, αφού είμαστε σε προστατευμένο χώρο από ανέμους, δεν έχουμε πρόβλημα.

Παράδειγμα 3^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε καθαρές λαμαρίνες από St37 (αντοχή 370 MPa), πάχους 3 mm, αλλά σε υπαίθριο, μη προστατευμένο χώρο. Η θέση συγκόλλησης είναι PB.

Απάντηση: Το E4313 φαίνεται κατάλληλο, αλλά, επειδή η συγκόλληση γίνεται στο ύπαιθρο και η θέση είναι PB, προτιμότερο είναι το E4324, γιατί προσφέρει μεγάλο πάχος προστατευτικής σκουριάς.

Παράδειγμα 4°: Θέλουμε να συγκολλήσουμε σκουριασμένες επιφάνειες με δύσκολη προετοιμασία των άκρων, σε υπαίθριο μη προστατευμένο χώρο από ανέμους. Οι θέσεις συγκόλλησης ποικίλλουν.

Απάντηση: Οι σκουριασμένες επιφάνειες, με δυσκολία καθαρισμού, οδηγούν αυτομάτως σε ηλεκτρόδια κυτταρίνης. Τα E4310 και E4311 δεν είναι και τόσο κατάλληλα, αφού δεν προσφέρουν αρκετό πάχος σκουριάς. Μάλλον δε φαίνεται να υπάρχει η τέλεια λύση. Η λύση είναι το E4311, αλλά με μικρή ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου, για να καλύπτεται καλύτερα το λουτρό συγκόλλησης από τη σκουριά.

Τα πιο χρήσιμα ηλεκτρόδια: Τα E4311 και E4313 είναι τα ηλεκτρόδια με την πλέον διαδεδομένη χρήση. Έχοντας κάποιος στην αποθήκη του αυτά τα δύο ηλεκτρόδια και ένα τύπο βασικού ηλεκτροδίου (συνήθως το E4918), είναι εξοπλισμένος σχεδόν για οποιαδήποτε συνήθη εφαρμογή. Το E4311 είναι ιδανικό για περιφερειακές συγκολλήσεις σωλήνων, για γωνιακές συγκολλήσεις και για συγκολλήσεις σκουριασμένων επιφανειών που δεν μπορούν να καθαριστούν. Το E4313 είναι ιδανικό για συγκολλήσεις ελασμάτων και προφίλ μορφοσιδήρου, αλλά χρειάζεται καθαρή επιφάνεια. Το E4918 χρειάζεται για τις περιπτώσεις που απαιτείται πολύ καλή αντοχή της ραφής ηλεκτροσυγκόλλησης.

Αντιστοιχία με το σύστημα AWS: Τα E4311, E4313 και E4918 έχουν ως αντίστοιχα τα E6011, E6013 και E7018.

Τα «απλά» ηλεκτρόδια: Ο όρος «απλά» ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται πολύ, αλλά ποια είναι η σημασία του; Στη βιβλιογραφία και στα πρότυπα ο όρος αυτός δεν αναφέρεται. Ένας επιτυχημένος ορισμός των απλών ηλεκτροδίων θα μπορούσε να είναι: «Δεν ξέρω τι είναι τα απλά ηλεκτρόδια». Συχνά όμως στο ερώτημα «Με τι ηλεκτρόδια κολλάτε;», η απάντηση που δίνεται είναι «με τα απλά». Πιθανόν, αυτός που δίνει μία τέτοια απάντηση, να υπονοεί ότι τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιεί δεν είναι βασικά ή ανοξείδωτα κτλ., αλλά και πάλι ο όρος «απλά» δεν προσδιορίζει κάτι το συγκεκριμένο, αφού αναφέρεται σε μία ποικιλία ηλεκτροδίων με πολύ διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους. Γι' αυτό, αντί να λέμε «με απλά ηλεκτρόδια», είναι καλύτερα να γινόμαστε σαφείς: «με 4311» ή «με 4313». Αυτοί είναι δύο πολύ συνηθισμένοι τύποι ηλεκτροδίων που προσεγγίζουν μάλλον ικανοποιητικά την έννοια του «απλού» ηλεκτροδίου.

8-11. Ηλεκτρόδια ελαφρά κραματικών χαλύβων κατά ISO-2560-B

Το ISO-2560-B έχει τυποποιήσει τα είδη ηλεκτροδίων και στην περίπτωση κατά την οποία το εναποτιθέμενο μέταλλο είναι ελαφρά κραματικός χάλυβας (λεπτόκοκκος χάλυβας). Προς τούτο, υπάρχει ένας επιπλέον συμβολισμός, που ποικίλλει ανάλογα με το είδος και την ποσότητα των προσμίξεων. Η πρόσμιξη που πάντα υπάρχει είναι το Mn, σε ποσοστό μέχρι 1,2%, επειδή δεσμεύει το S. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν προσμίξεις Mo, Ni, Cr και Cu.

- Παραδείγματα τέτοιων συμβολισμών:
E4916-NC = Το E4916 με προσθήκη 0,5%Ni και 0,4%Cu
E5518-4M2 = Το E5518 με 1,5% Mn και 0,4%Mo
- Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται είναι:
 - ✓ Το -x για το Mn, όπου x είναι ένας αριθμός.
 - ✓ Το -Nx για το Ni, όπου x είναι ένας αριθμός.
 - ✓ Ομοίως το -Mx για το Mo
 - ✓ Το -P1 που σημαίνει 1%Mn, 1%Ni, 0,5%Mo, 0,3%Cr, 0,1%V.
 - ✓ Το -C για το Cr ή το Cu. Ταυτόχρονη περιεκτικότητα σε Cu και Cr συμβολίζεται ως CC, ενώ, όταν υπάρχει μόνο ένα C, σημαίνει χαλκός. Το πρότυπο δε συμπεριλαμβάνει είδος χάλυβα με πρόσμιξη Cr, χωρίς την παρουσία Cu.

Ο αριθμός x δεν υπάρχει πάντοτε. Όταν υπάρχει, χρησιμοποιείται ως ενδεικτικό της ποσότητας των προσμίξεων. Π.χ. για το Ni, αρκεί να πολλαπλασιαστεί το x με το 0,5 για να έχουμε την περιεκτικότητα %. Τα -M2 και -M3 σημαίνουν αντίστοιχα 0,5%Mo και 0,4%Mo. Το -3 σημαίνει 1,5% Mn, ενώ το -1 σημαίνει μαγγάνιο 1%. Το -1 συνήθως παραλείπεται, επειδή όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια περιέχουν περί το 1% Mn.

Οι τυποποιημένοι ελαφρά κραματικοί χάλυβες που περιλαμβάνονται στο ISO-2560-B, είναι συγκεκριμένοι¹⁴. Ο συμβολισμός -G χρησιμοποιείται για κάθε μη τυποποιημένο συνδυασμό των προσμίξεων. Π.χ. E4910-G υποδηλώνει ελαφρά κραματικό χάλυβα, με προσμίξεις που δεν εντάσσονται σε κάποια από τις τυποποιημένες κατηγορίες.

Παρατήρηση: Πρακτικά, το μόνο που μπορεί να αντιλαμβάνεται ο ηλεκτροσυγκολλητής από την περιγραφή των προσμίξεων είναι αν υπάρχει αυξημένη ποσότητα Mn. Αν το Mn είναι σε αυξημένη περιεκτικότητα (σύμβολο -3), τότε το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο και για ποιότητα χάλυβα με αυξημένη περιεκτικότητα σε S. Οι υπόλοιπες προσμίξεις βελτιώνουν την αντοχή σε θραύση, που όμως είναι ήδη γνωστή (από τα δύο πρώτα ψηφία του συμβολισμού), καθώς και τη δυσθραυστότητα, η οποία, όπως αναφέραμε, βρίσκεται με βάση έναν πίνακα (που περιέχεται στο κείμενο του προτύπου ISO-2560).

14. Οι τυποποιημένες προσμίξεις είναι συνολικά 18, οι εξής: 1, P1, 1M3, 3M2, 3M3, N1, N2, N3, 3N3, N5, N7, N13, N2M3, NC, CC, NCC, NCC1, NCC2.

8-12. Ένα πλήρες παράδειγμα της τυποποίησης κατά ISO-2560-B

Ένας συμβολισμός που περιέχει όλα τα δυνατά ψηφία είναι:

ISO 2560-B-**E4918-N3A**U**H10**

Αυτός αναλύεται ως εξής:

E4918 : Αντοχή 490 MPa, κατάλληλο σε όλες τις θέσεις πλην ενδεχομένως της PG, βασική επένδυση που περιέχει σιδηρόσκονη.

N3 : Το εναποτιθέμενο μέταλλο περιέχει 1,5% Νικέλιο.

A : Δε χρειάζεται θερμική κατεργασία μετά τη συγκόλληση¹⁵.

U : Υποδηλώνει ότι το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε κρούση, σε σχέση με το απλό E4918-N3.

H10 : Το υδρογόνο είναι <10 cm³ ανά 100 gr εναποτιθέμενου μετάλλου (το σύμβολο υπάρχει μόνο στα βασικά ηλεκτρόδια).

8-13. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-A¹⁶

Η μορφή της τυποποίησης κατά ISO-2560-B είναι η ίδια με την τυποποίηση κατά EN-499. Δίνει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του ηλεκτροδίου, με αποτέλεσμα όμως να είναι αρκετά περίπλοκη. Η πλήρης περιγραφή ενός ηλεκτροδίου είναι της μορφής:

ISO 2560-A-**E4232NiB32H5**

Τα ψηφία και τα σύμβολα μετά το E, στον παραπάνω συμβολισμό, έχουν την εξής σημασία:

- Τα δύο πρώτα ψηφία, πολλαπλασιαζόμενα με το 10, δίνουν το ελάχιστο **όριο ελαστικότητας** σε MPa (προσοχή: **όχι** το όριο θραύσης). Στο παράδειγμα αυτό είναι 420 MPa. Οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται είναι οι **35, 38, 42, 46, 50**. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη αντιστοιχία ορίου ελαστικότητας και ορίου θραύσης, οπότε δεν είναι εύκολη η αντιστοίχιση με τα δύο πρώτα ψηφία του ISO-2560-B. Η αντιστοιχία όμως δεν είναι δυνατόν να βρίσκεται εκτός των πλαισίων του πίνακα P5).

Πίνακας (8-5): Αντιστοιχία των 2 πρώτων ψηφίων

ISO-2560-A	ISO-2560-B
35	43, 49
38	43, 49, 55
42	55, 57
46	55, 57
50	57

15. Αν το γράμμα ήταν **P**, όπως αναφέρθηκε, θα χρειαζόταν, μετά τη συγκόλληση, να θερμανθεί το τεμάχιο στους 620±15°C επί 60-75 λεπτά. Οι μόνες εξαιρέσεις που υπάρχουν σ' αυτόν τον κανόνα, είναι οι προσμίξεις του τύπου N5 ή N7, όπου η θερμοκρασία είναι 605±15°C και η N13 όπου είναι 600±15°C.

16. Η διδασκαλία του ISO-2560-A μπορεί να παραλειφθεί, κατά την κρίση του καθηγητή (λόγω της δυσκολίας και όχι επειδή δεν είναι χρήσιμο). Χρησιμοποιείται και ως υπόδειγμα για τις ομαδικές δραστηριότητες αυτού του κεφαλαίου.

- Το τρίτο ψηφίο δίνει τη θερμοκρασία στην οποία το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει **δυσθραυστότητα 47 J**. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός, τόσο πιο ανθεκτικό είναι το μέταλλο σε κρούση. Η ακριβής σημασία του φαίνεται στον πίνακα (8-6). Στο παράδειγμα μας, το τρίτο ψηφίο είναι 3, οπότε η δυσθραυστότητα είναι τουλάχιστον 47 J, σε θερμοκρασία -20°C. Δεν υπάρχει αντίστοιχο σύμβολο στο ISO-2560-B.

Πίνακας (8-6): Η σημασία του 3ου ψηφίου κατά ISO-2560-A, θερμοκρασία στην οποία η δυσθραυστότητα είναι τουλάχιστο 47 J /cm²

3° ψηφίο	Z	A	2	3	4	5	6	7
Θερμοκρασία	Άγνωστη	20°C	0°C	-20°C	-30°C	-40°C	-50°C	-60°C

- Τα ψηφία που ακολουθούν μας δίνουν τις **τυποποιημένες προσμίξεις** των ελαφρά κραματικών (λεπτόκοκκων) χαλύβων. Στο παράδειγμα έχουμε 2% Ni. Οι προβλεπόμενοι συμβολισμοί είναι:
 - ✓ Κανένας συμβολισμός: Μέχρι 1,4% Mn
 - ✓ Mo : 0,3-0,6% Mo
 - ✓ Mn : 1,4-2% Mn
 - ✓ xNi: Περιεκτικότητα περίπου x%Ni
 - ✓ Z : Οτιδήποτε άλλο δεν εμπίπτει σε μία τυποποιημένη σύσταση.
 Οι τυποποιημένοι συνδυασμοί είναι οι: Mo, MnMo, 1Ni, 2Ni, 3Ni, Mn1Ni και 1NiMo. Ελάχιστη αντιστοίχιση υπάρχει με το ISO-2560-B και οι περισσότερες περιπτώσεις αντιστοίχισης θα πρέπει να γίνουν με το Z.

Πίνακας (8-7): Η πάστα του ηλεκτροδίου κατά ISO-2560-A

Γράμμα	Είδος επένδυσης ηλεκτροδίου κατά ISO-2560-A	Αντιστοιχία με το ISO-2560-B
A	Όξινη	20
B	Βασική	15,16,18
C	Κυτταρίνης	10,11
R	Ρουτιλίου	12,13,14
RR	Ρουτιλίου με μεγάλο πάχος επένδυσης	24
RA	Όξινη - Ρουτιλίου	19
RB	Ρουτιλίου - Βασική	03
RC	Ρουτιλίου - Κυτταρίνης	—

- Το επόμενο σύμβολο είναι ένα ή δύο γράμματα που υποδηλώνουν το **είδος της πάστας** του ηλεκτροδίου σύμφωνα με τον πίνακα (8-7). Στο παράδειγμα, το σύμβολο είναι B, άρα η πάστα είναι βασική.
- Το πρώτο ψηφίο αμέσως μετά το γράμμα δηλώνει την **απόδοση του ηλεκτροδί-**

ου και το είδος του ρεύματος. Η σημασία του φαίνεται στον πίνακα (8-8). Αν το ηλεκτρόδιο, χωρίς την πάστα, έχει βάρος x , και ψ είναι το βάρος της σιδηρόσκονης στην πάστα, το εναποτιθέμενο μέταλλο θα είναι $x+\psi$. Ο λόγος $(x+\psi)/x$ ονομάζεται **απόδοση ηλεκτροδίου**. Η απόδοση μετριέται %, π.χ. είναι 120%. Στο παράδειγμα, το ψηφίο είναι το 3, άρα η απόδοση είναι 105-125%. Όταν λείπει αυτό το ψηφίο, η απόδοση είναι μικρότερη από 105%.

- Το επόμενο ψηφίο αναφέρεται στη **θέση συγκόλλησης**. Αυτή φαίνεται στον πίνακα (8-9).

Πίνακας (8-8): Η σημασία ψηφίου μετά το γράμμα της επένδυση

Σύμβολο	Απόδοση %	Ρεύμα
1	≤ 105	AC, DC
2	≤ 105	DC
3	$>105, \leq 125$	AC, DC
4	$>105, \leq 125$	DC
5	$>125, \leq 160$	AC, DC
6	$>125, \leq 160$	DC
7	>160	AC, DC
8	>160	DC

Πίνακας (8-9): Η σημασία του 1ου ψηφίου, μετά το γράμμα, κατά ISO

Ψηφίο	Θέσεις συγκόλλησης για τις οποίες προορίζεται το ηλεκτρόδιο
1	Κατάλληλο για συγκόλληση σε όλες τις θέσεις
2	Κατάλληλο για όλες τις θέσεις εκτός της PG
3	Κατάλληλο μόνο για PA και PB
4	Κατάλληλο μόνο για PA
5	Κατάλληλο για PA, PB και PG

- Τέλος, το σύμβολο **H** σημαίνει **περιεκτικότητα υδρογόνου** και ακολουθεί ο αριθμός **5, 10 ή 15** που υποδηλώνει τα cm^3 υδρογόνου ανά 100 gr εναποτιθέμενου μετάλλου. Ο συμβολισμός είναι ο ίδιος με του ISO-2560-B.

8-14. Ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

(α) Η τυποποίηση κατά ISO-3581 ή κατά EN-1600

Η ονομασία είναι ακριβώς η ίδια και στα δύο συστήματα. Προηγείται το E και ακολουθούν μέχρι τρεις αριθμοί που δείχνουν αντίστοιχα την περιεκτικότητα σε Cr, Ni και Mo ως ποσοστό %. Π.χ. **E 19 9 3**, σημαίνει περιεκτικότητες περίπου: 19%Cr, 9%Ni και 3%Mo. Αν υπάρχουν και άλλες προσμίξεις, π.χ. Nb (νιόβιο), ακολουθεί στον ως άνω συμβολισμό χωρίς αναφορά ποσοστού. Π.χ. **E 19 9 Nb**.

Το συμβολισμό τον ακολουθεί, ενδεχομένως, το γράμμα **L**, που υποδηλώνει χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Η π(C) είναι βασικό σημείο στους ανοξείδωτους χάλυβες, λόγω

Πίνακας (8-10): Επένδυση και είδος ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια κατά EN-1600

Σύμβολο	Επένδυση	Ρεύμα
B R	Βασική Ρουτιλίου	DC+ AC, DC+

του φαινομένου της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου. Τέλος, ακολουθεί το σύμβολο της επένδυσης και του ρεύματος, όπως φαίνεται στον πίνακα (8-10).

(β) Η τυποποίηση κατά AWS-A5.4

Η ονομασία των ανοξείδωτων χαλύβων κατά AWS είναι πολύ απλή: ένας τριψήφιος αριθμός που δηλώνει την τυποποιημένη σύσταση του χάλυβα, η οποία βρίσκεται από πίνακες. Π.χ. **E308**, υποδηλώνει ότι ο πυρήνας του ηλεκτροδίου είναι από χάλυβα 308. Όταν υπάρχει και κάποια επιπλέον πρόσμιξη, που δεν αναφέρεται στην τυποποιημένη μορφή του χάλυβα, αυτή ακολουθεί το συμβολισμό του ηλεκτροδίου. Π.χ. το E308 με προσθήκη Mo, γράφεται **E308Mo**.

Το συμβολισμό τον ακολουθεί, ενδεχομένως, το γράμμα **L**, που υποδηλώνει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα σε σχέση με την τυποποιημένη σύσταση του χάλυβα ή το **H** που σημαίνει αυξημένη. Τέλος, ακολουθεί ένας διψήφιος αριθμός σύμφωνα με τον πίνακα (8-11), που υποδηλώνει το είδος της επένδυσης και του ρεύματος. Τα είδη -16 και -17 ελάχιστη διαφορά έχουν. Το -17 παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά, ενώ το -16 μεγαλύτερη διείδυση. Και οι δύο περιπτώσεις, στο EN-1600, αντιστοιχούν στο R.

Πίνακας (8-11): Επένδυση και είδος ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια κατά AWS-A5.4

Σύμβολο	Επένδυση	Ρεύμα
-15	Βασική	DC+
-16	Ρουτιλίου	AC, DC+
-17	Ρουτιλίου-Οξινη	AC, DC+

(γ) Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

Οι περισσότερες εργασίες σε ανοξείδωτους χάλυβες μπορούν να γίνουν με τέσσερα μόνο είδη ανοξείδωτων ηλεκτροδίων, τα οποία φαίνονται στον πίνακα (8-12). Για τις εφαρμογές τους θα αναφερθούμε στην παράγραφο των συγκολλήσεων ανοξείδωτων χαλύβων.

Πίνακας (8-12): Οι πλέον συνηθισμένοι τύποι ανοξείδωτων ηλεκτροδίων

Ονομασία κατά		Χημική σύσταση					
EN-1600	AWS-A5.4	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Nb %	Mn %
E 19 9 L x	E308L-yy	< 0,04	18-21	9-11	-	-	< 2,5
E 23 12 L x	E309L-yy	< 0,04	22-25	12-14	-	-	< 2,5
E 19 12 3 L x	E316L-yy	< 0,04	17-20	11-14	2-3%	-	< 2,5
E 19 9 Nb L x	E347-yy	< 0,08	18-21	9-11	-	0,5-1%	< 2,5

Το x είναι B ή R, με βάση τον πίνακα (8-10)

Το yy είναι -15 ή -16 ή -17, με βάση τον πίνακα (8-11)

8-15. Ηλεκτρόδια αλουμινίου

Οι σειρές των κραμάτων αλουμινίου φαίνονται στον πίνακα (8-13). Παρατηρούμε ότι δεν είναι όλα τα κράματα αλουμινίου συγκολλησιμα. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου γίνονται ως επί το πλείστον με MIG/MAG ή με TIG. Οι συγκολλήσεις αλουμινίου με ηλεκτρόδια είναι σχετικά λίγες και συνήθως όχι ιδιαίτερα μεγάλων απαιτήσεων.

Πίνακας (8-13): Οι σειρές των κραμάτων του αλουμινίου

Σειρά	Βασική σύσταση	Παρατηρήσεις
1xxx	Al	Σχεδόν καθαρό αλουμίνιο - Έχει μικρή αντοχή. Δε συγκολλούνται - Αεροναυπηγική χρήση.
2xxx	Al + Cu	
3xxx	Al + Mn	
4xxx	Al + Si	
5xxx	Al + Mg	
6xxx	Al + Mg + Si	Επιδέχεται θερμικές κατεργασίες (π.χ. ανόπτηση). Δε συγκολλούνται πλην των 7003, 7005, 7039.
7xxx	Al + Zn	

Για την κατασκευή υλικών συγκόλλησης αλουμινίου, χρησιμοποιούνται κυρίως τα τρία κράματα αλουμινίου που φαίνονται στον πίνακα (8-14). Επενδυμένα ηλεκτρόδια αλουμινίου υπάρχουν μόνο από τα δύο πρώτα είδη και είναι τα **E1100**, **E4043** και **E4047**. Περισσότερο χρήσιμος είναι ο τύπος E4043, ο οποίος παρουσιάζει καλή διείσδυση¹⁷. Επιπλέον, το 4043 είναι το καταλληλότερο κράμα για τη συγκόλληση των κραμάτων αλουμινίου της σειράς 6xxx που είναι τα πλέον διαδεδομένα σε χρήση.

Πίνακας (8-14): Τα πιο χρήσιμα κράματα στη συγκόλληση αλουμινίου

Ονομασία	Ιδανικό για	Κατάλληλο επίσης για	Ακατάλληλο για
1100	1xxx		Οτιδήποτε άλλο
4043, 4047	6xxx	1xxx, 3xxx, 4xxx, 5xxx	5052, 7xxx
5356	5xxx	3xxx, 4xxx, 6xxx, 7xxx	1xxx

8-16. Ηλεκτρόδια χυτοσιδήρου

Δεν υπάρχει τυποποίηση κατά ISO ή EN, οπότε ακολουθούμε την τυποποίηση κατά AWS. Υπάρχουν πέντε τύποι ηλεκτροδίων για χυτοσίδηρο που φαίνονται στον πίνακα (8-15). Οι πλέον χρήσιμοι είναι οι δύο πρώτοι, δηλαδή οι ENiFe-CI και ENi-CI¹⁸.

17. Στα σύρματα, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, προτιμότερο υλικό συγκόλλησης είναι το 5356, το οποίο όμως δεν υπάρχει υπό μορφή ηλεκτροδίου.

18. Ο συμβολισμός CI σημαίνει Cast Iron = χυτοσίδηρος

Πίνακας (8-15): Ηλεκτρόδια χυτοσιδήρου κατά AWS

Ονομασία	Βασική σύσταση	Χαρακτηριστικά εναποτιθέμενου μετάλλου
ENiFe-CI	55%Ni - 45%Fe	Επιδέχεται μηχανουργική κατεργασία
ENi-CI	Ni	Πολύ καλό για μηχανουργική κατεργασία
ESt	Fe	Πολύ σκληρό - μη κατεργάσιμο
ECI	Fe	Εναποθέτει φαιό χυτοσίδηρο (κατεργάσιμος)
ENiCu-B	70%Ni - 30%Cu (κράμα Μονέλ)	Ιδανικό για μηχανουργική κατεργασία, αλλά ρηγματώνεται εύκολα.

8-17. Η εκτέλεση καλών συγκολλήσεων με επενδυμένα ηλεκτρόδια

Σ' αυτή και στις δύο επόμενες παραγράφους θα αναπτυχθούν οι τεχνικές με τις οποίες πραγματοποιούνται καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις με επενδυμένα ηλεκτρόδια. Ακολουθώντας προσεκτικά αυτές τις οδηγίες, ακόμη και νέοι ηλεκτροσυγκολλητές μπορούν να εκτελέσουν ικανοποιητικές συγκολλήσεις¹⁹.

Για να επιτύχουμε καλή ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης, θα πρέπει να προσέξουμε τα εξής:

- Όταν είναι δυνατόν να επιλέξουμε το χάλυβα που θα χρησιμοποιηθεί, να προτιμούνται χάλυβες κατάλληλοι για συγκόλληση με $\pi(C) < 0,15\%$, $\pi(Si) < 0,1\%$, $\pi(S) < 0,04\%$, $\pi(P) < 0,04\%$.
- Αν $\pi(S)$ ή $\pi(P) > 0,04\%$, να χρησιμοποιούνται βασικά ηλεκτρόδια, μικρής διαμέτρου και πολλά κορδόνια.
- Να γίνεται σωστή επιλογή της διαμέτρου του ηλεκτροδίου ανάλογα με το πάχος των προς συγκόλληση λαμαρινών. Η μέγιστη διάμετρος του ηλεκτροδίου (όταν θέλουμε να εκτελέσουμε τη ραφή με ένα μόνο πέρασμα), πρέπει να είναι σύμφωνα με τον πίνακα (8-16).
- Όταν απαιτούνται πολλά κορδόνια, στη ρίζα να χρησιμοποιείται πιο λεπτό ηλεκτρόδιο και με κάπως μεγάλη ένταση ρεύματος, για να επιτευχθεί καλή διείσδυση. Να υπάρχει και ένα μικρό διάκενο στη

Πίνακας (8-16): Επιλογή ηλεκτροδίου για την εκτέλεση της ηλεκτροσυγκόλλησης με ένα μόνο πέρασμα με ηλεκτρόδια ρουτιλίου ή κυτταρίνης

Πάχος ελάσματος mm	Μεγίστη διάμετρος ηλεκτροδίου
< 2	1,6
2	2
3	2,5
4	2,5 ή 3,2
5	3,2 ή 4

19. Από το σημείο αυτό πρέπει στις ασκήσεις να γίνονται καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις. Οι ασκήσεις του κεφαλαίου 7, δεν είχαν απαιτήσεις ποιότητας, καθώς οι στόχοι ήταν η προσαρμογή στην τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων, ο εντοπισμός των προβλημάτων και των σφαλμάτων και η διαδικασία ποιοτικού ελέγχου.

ρίζα. Τα γεμίσματα να γίνονται με το αμέσως μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο από αυτό της ρίζας και το τελείωμα, για την καλύτερη αισθητική εμφάνιση, με το ακόμη αμέσως μεγαλύτερο. Π.χ. Στη ρίζα Φ2,5, τα γεμίσματα με Φ3,2 και στο τελείωμα Φ4.

- Η μικρή διάμετρος ηλεκτροδίου και τα πολλά κορδόνια δίνουν συγκόλληση μεγάλης αντοχής. Η μεγάλη διάμετρος ηλεκτροδίου και τα λίγα κορδόνια δίνουν συγκόλληση χαμηλού κόστους (λιγότερα εργατικά).
- Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος να είναι μέσα στις προδιαγραφές του κατασκευαστή του. Ενδεικτικά, οι εντάσεις των πλέον χρησιμοποιούμενων ηλεκτροδίων δίνονται στον πίνακα (8-17).

Πίνακας (8-17): Ενδεικτικές τιμές των εντάσεων του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης για διάφορες ποιότητες και διαμέτρους ηλεκτροδίων

Τύπος ηλεκτροδίου	Διάμετρος mm (")					
	2 (5/64)	2,5 (3/32)	3,2 (1/8)	4 (5/32)	5 (3/16)	6 (1/4)
E4310 (Κυτταρίνης)		40-80	75-125	110-200	130-230	220-360
E4313 (Ρουτιλίου)		75-110	90-150	140-200	170-250	230-350
E4918 (Βασικό)	50-80	80-110	110-150	140-200	200-260	220-340
E4043 (Αλουμινίου)		50-70	70-100	100-130	120-150	
E308L (Ανοξείδωτο)	40-55	55-75	75-100	100-130	130-170	
ENiFe-CI (Χυτοσιδήρου)		70-100	100-130	130-150	150-170	

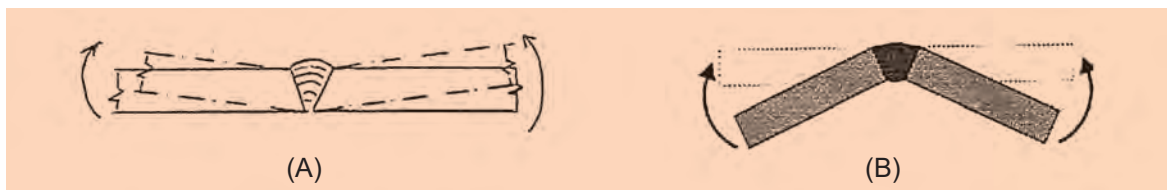
- Αν το πάχος των λαμαρινών υπερβαίνει τα 5 mm, να προσπαθούμε, κατά το δυνατόν, να κάνουμε συγκόλληση σε θέση PA.
- Αν το πάχος των λαμαρινών είναι μεγαλύτερο από 5 mm, να προηγείται η προετοιμασία των άκρων προς συγκόλληση, ώστε να εξασφαλίζεται καλή διείσδυση μέχρι τη ρίζα. Αν είναι μέχρι 5 mm, να αφήνεται το διάκενο που φαίνεται στον πίνακα (8-18).

Πίνακας (8-18): Απόσταση ελασμάτων χωρίς προετοιμασία των άκρων

Πάχος ελασμάτων (mm)	< 2	2-3	3-4	4-5
Διάκενο σε οριζόντια ραφή (mm)	0	1	2	3
Διάκενο σε κατακόρυφη ραφή	0	1	1,5	2

- Αν διαπιστωθεί φύσημα τόξου, πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα. Η εύκολη λύση είναι η δοκιμή με ρεύμα AC. Λεπτομερέστερα αναφερθήκαμε στην παράγραφο (7-7).
- Να προηγείται καλός καθαρισμός με συρματόβουρτσα. Αν δεν είναι δυνατόν να γίνει σωστός καθαρισμός, να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια κυτταρίνης.

- Αν υπάρχουν λάδια ή άλλης μορφής οργανικά κατάλοιπα, να χρησιμοποιείται απολιπαντικό χωρίς υδρογονάνθρακες, π.χ. ανόργανα οξέα ή συνήθη απορρυπαντικά του εμπορίου.
- Σε κατακόρυφη θέση ή σε ουρανό με ηλεκτρόδια ρουτιλίου ή κυτταρίνης, τα ηλεκτρόδια να είναι διαμέτρου μέχρι 5 mm. Με βασικά, η διάμετρος να είναι μέχρι 4 mm.
- Για στεγανές συγκολλήσεις να χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο E4310. Η διάμετρος του ηλεκτροδίου να είναι μέχρι 5 mm στις θέσεις PA, PB, PC και μέχρι 3,2 mm στη θέση PF.
- Όταν απαιτείται πολύ ισχυρή συγκόλληση, να μη δένονται τα τεμάχια, αλλά να μένουν ελεύθερα να κινηθούν. Αλλιώς δημιουργούνται εσωτερικές τάσεις που μειώνουν την αντοχή της συγκόλλησης. Όμως, η πήξη του λουτρού συγκόλλησης, τείνει να δώσει στα ελάσματα μορφή σχήματος V, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.21), περίπτωση (A). Το φαινόμενο περιορίζεται με τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο (7-7). Αν δεν μπορούν να εφαρμοστούν, η κατάσταση αντιμετωπίζεται δίνοντας στα προς συγκόλληση ελάσματα μία ελαφρά κλίση, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.21), περίπτωση (B).



Σχήμα (8.21): Δημιουργία ισχυρής συγκόλλησης, αφήνοντας τα τεμάχια ελεύθερα να κινηθούν: (Α) Το πρόβλημα που μπορεί να δημιουργηθεί (Β) Η αντιμετώπιση

- Όταν δεν είναι εφαρμόσιμες οι παραπάνω οδηγίες, τότε, για τη δημιουργία ισχυρής συγκόλλησης, γίνεται προθέρμανση των τεμαχίων, οπότε η πήξη του λουτρού συγκόλλησης γίνεται με πιο αργούς ρυθμούς, χωρίς τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων.
- Τα πιτσιλίσματα δεν επηρεάζουν την αντοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά επηρεάζουν την εμφάνισή της. Ο καθαρισμός τους αυξάνει το κόστος ηλεκτροσυγκόλλησης.

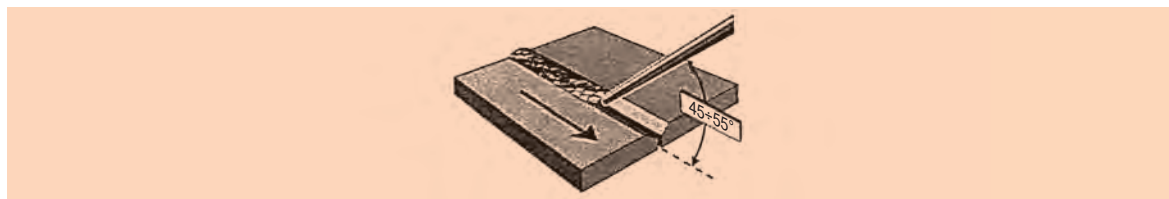
8-18. Συγκολλήσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης ή ρουτιλίου

Στην κατηγορία αυτή ανήκει το ευρύτατης χρήσης ηλεκτρόδιο E4313 (ρουτιλίου) και τα, επίσης, πολύ χρήσιμα E4310 και E4311 (κυτταρίνης). Οι τεχνικές που αναφέρονται εφαρμόζονται και σε όλους τους άλλους τύπους ηλεκτροδίων (π.χ. στα όξινα) πλην των βασικών, όπου υπάρχουν ορισμένες διαφοροποιήσεις που θα αναφερ-

θούν μετά την ολοκλήρωση της παρούσας ανάπτυξης. Το ιδανικό ύψος του τόξου είναι όσο και η διάμετρος του ηλεκτροδίου.

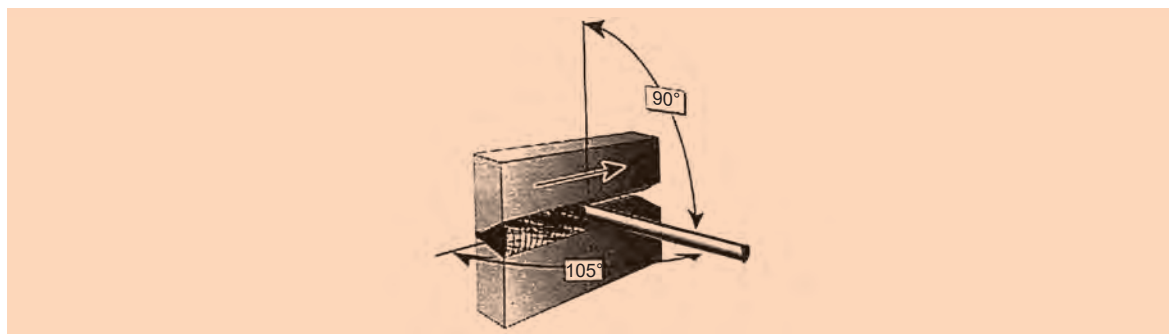
Στις συγκολλήσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης και ρουτιλίου ακολουθούνται οι εξής βασικές τεχνικές:

- **Επίπεδη ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης (PA):** Το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει κλίση $45-55^\circ$ ως προς το επίπεδο, όπως στο σχήμα (8.22).



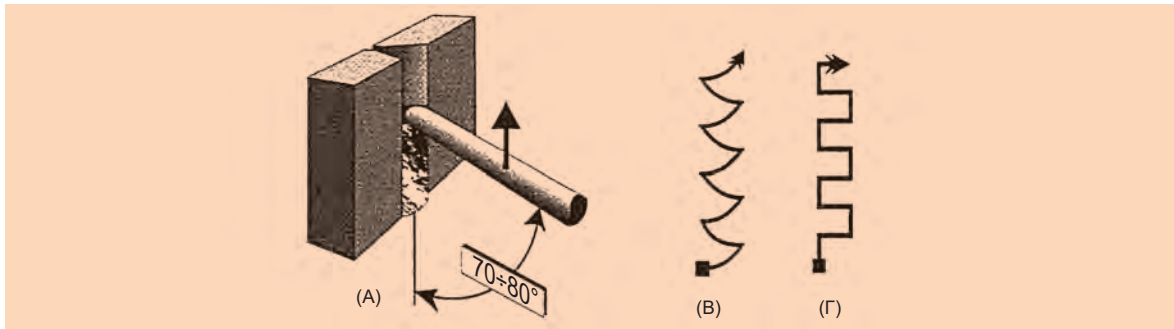
Σχήμα (8.22): Επίπεδη ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης

- **Οριζόντια ραφή (PC):** Για πάχη μέχρι και 4 mm είναι προτιμότερο να μην προηγείται προετοιμασία των άκρων (χωρίς φρέζα). Η γωνία κίνησης του ηλεκτροδίου να είναι όπως στο σχήμα (8.23).



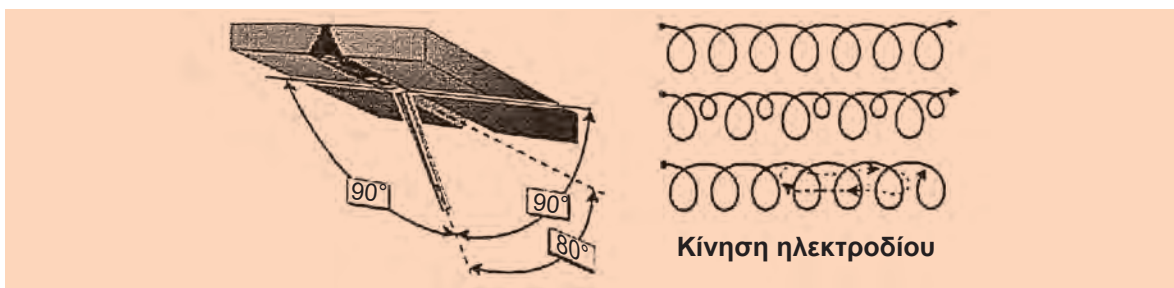
Σχήμα (8.23): Οριζόντια ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης

- **Κατακόρυφη ραφή (PF):** Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (8.24). Για πάχη μέχρι 4 mm, το φρεζάρισμα των άκρων δεν είναι απαραίτητο. Η οριζόντια γωνία του ηλεκτροδίου πρέπει να είναι $90-120^\circ$ και η κατακόρυφη $70-80^\circ$. Σε μικρά πάχη λαμαρινών είναι καλύτερα να κολλάμε σε PG (κατεβατό), αν φυσικά το επιτρέπει το ηλεκτρόδιο, ενώ σε μεγάλα πάχη σε PF (ανεβατό). Το ρεύμα θα πρέπει να είναι 10-15% μικρότερο από ό,τι στην επίπεδη ραφή. Η κίνηση θα πρέπει να γίνεται είτε με τη μέθοδο της ημισελήνου είτε με του τετραγώνου, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.24), αλλά με λίγη επιμονή στο άκρο της κάθε κίνησης. Η διείσδυση δύσκολα μπορεί να είναι πολύ καλή και γι' αυτό, όταν είναι δυνατόν, θα πρέπει να περνάμε ένα ακόμη κορδόνι από την πίσω πλευρά.



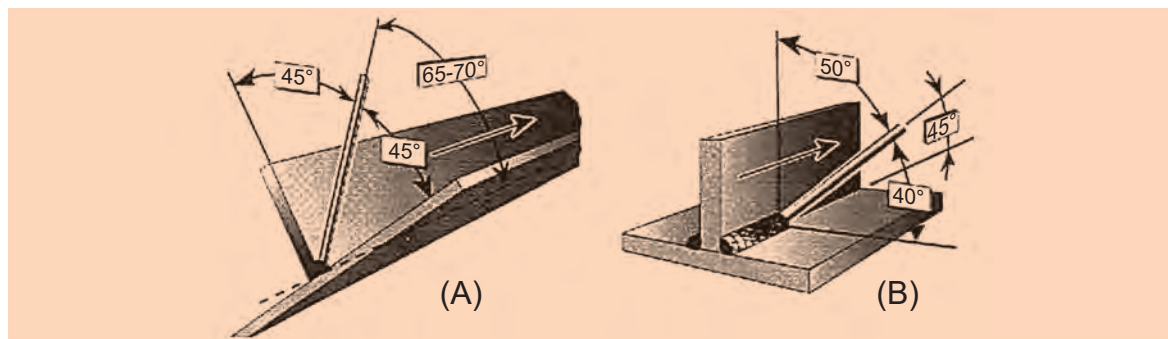
Σχήμα (8.24): Κατακόρυφη ηλεκτροσυγκόλληση: (Α) Η εκτέλεση (Β) Κίνηση ημισελήνου (Γ) Τετραγωνική κίνηση

- **Συγκόλληση ουρανού (PD ή PE):** Η ένταση του ρεύματος θα πρέπει να είναι **κατά το δυνατόν χαμηλότερη**. Για να επιτευχθεί καλή διείσδυση μέχρι τη ρίζα, πρέπει να γίνεται προετοιμασία των άκρων ακόμη και σε μικρά πάχη (άνω των 3 mm). Οι κινήσεις πρέπει να είναι κυκλικές, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.25). Το ηλεκτρόδιο πρέπει να σχηματίζει γωνία περίπου 80° , δηλαδή σχεδόν κάθετη, πράγμα που υποχρεώνει τον ηλεκτροσυγκολλητή να είναι πολύ προσεκτικά προστατευμένος. Μία σταγόνα τηγμένου μετάλλου έχει θερμοκρασία τουλάχιστον 2000°C . Η σωματική βλάβη που θα μπορούσε να προκληθεί από αυτήν είναι πολύ μεγάλη, τα λάθη δε συγχωρούνται!



Σχήμα (8.25): Ηλεκτροσυγκόλληση στη θέση «ουρανός»

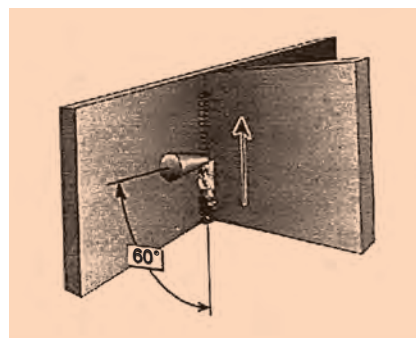
- **Γωνιακή οριζόντια συγκόλληση (PB):** Το ιδανικό είναι να περιστραφεί το τεμάχιο, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.26), περίπτωση (Α), για να γίνει η ηλεκτροσυγκόλληση επίπεδη. Όμως η γωνία του ηλεκτροδίου πρέπει να είναι περίπου $65-70^\circ$ αντί για $45-55^\circ$. Όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, η συγκόλληση γίνεται κρατώντας το ηλεκτρόδιο, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Β), δηλαδή η γωνία κίνησης είναι η συνήθης ($45-55^\circ$) και το ηλεκτρόδιο κινείται σε ένα επίπεδο ελάχιστα πιο κάτω από το επίπεδο της διχοτόμου.



Σχήμα (8.26): Γωνιακή οριζόντια συγκόλληση: (Α) Όταν μπορεί να περιστραφεί το τεμάχιο (Β) Όταν δεν μπορεί να περιστραφεί

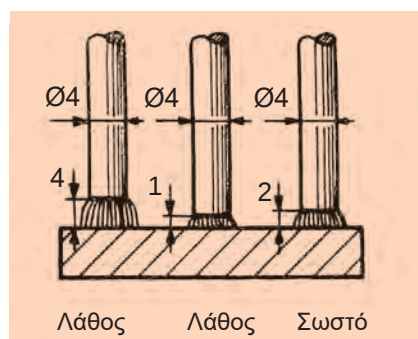
• Γωνιακή κατακόρυφη συγκόλληση (PF):

Ισχύουν οι οδηγίες που αναφέρθηκαν στην κάθετη συγκόλληση με κίνηση ηλεκτροδίου σε μορφή ημισελήνου ή τετραγωνική. Το ρεύμα συγκόλλησης πρέπει να είναι ισχυρότερο και, συγκεκριμένα, περίπου όσο και στην επίπεδη συγκόλληση. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει γωνία περίπου 60° ως προς την κατακόρυφο, όπως στο σχήμα (8.27). Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι ο κάθε ηλεκτροσυγκολλητής έχει το δικό του τρόπο, για να εκτελεί καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις. Τα παραπάνω είναι κανόνας για το ξεκίνημα. Όσο μεγαλώνει η πείρα του ηλεκτροσυγκολλητή τόσο βελτιώνεται και η τεχνική του.



Σχήμα (8.27): Γωνιακή κατακόρυφη συγκόλληση

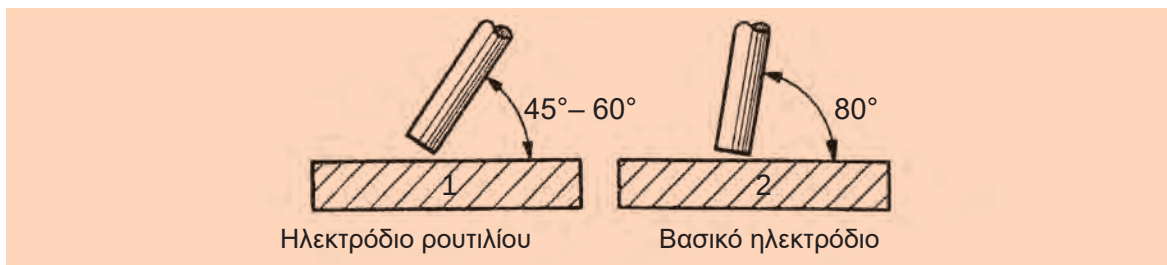
8-19. Οι συγκολλήσεις με βασικά ηλεκτρόδια



Σχήμα (8.28): Το ύψος του τόξου στα βασικά ηλεκτρόδια

Οι τεχνικές με τα βασικά ηλεκτρόδια, αν και στα περισσότερα σημεία τους μοιάζουν με τις τεχνικές των ηλεκτροδίων ρουτιλίου και κυτταρίνης, έχουν και σοβαρές διαφορές. Αυτές είναι:

- Το ιδανικό ύψος του τόξου είναι μόλις το ήμισυ από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου σε αντίθεση με τα άλλα ηλεκτρόδια. Αυτό το βλέπουμε και στο σχήμα (8.28).
- Το ηλεκτρόδιο είναι πάντοτε σε σχεδόν κάθετη θέση, σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης. Αυτό το βλέπουμε στο σχήμα (8.29).



Σχήμα (8.29): Η γωνία κλίσης του ηλεκτροδίου στα βασικά ηλεκτρόδια

- Η ταχύτητα με την οποία πρέπει να γίνεται η συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια είναι στα 2/3 περίπου από ό,τι γίνεται με τα ηλεκτρόδια ρουτιλίου ή κυτταρίνης. Όταν η ταχύτητα είναι κανονική, το καταλαβαίνουμε, επειδή η σκουριά αφαιρείται εύκολα, ενώ, αν είναι μεγάλη, αφαιρείται δύσκολα.
- Παρόλο που η ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου είναι πιο μικρή, η εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου στη μονάδα του χρόνου είναι η ίδια. Γι' αυτό απαιτείται πιο λεπτό ηλεκτρόδιο, όταν η ραφή γίνεται με ένα μόνο πέρασμα. Ο πίνακας (8-19) δίνει τις προτεινόμενες τιμές διαμέτρου των ηλεκτροδίων.
- Όταν γίνεται κατακόρυφη συγκόλληση, να προτιμάται η κίνηση του ηλεκτροδίου με τη μέθοδο της ημισελήνου, που φαίνεται στο σχήμα (8-24), περίπτωση (B).
- Όταν ανοιχτεί το κουτί, θα πρέπει τα ηλεκτρόδια να διατηρούνται σε ειδικό φούρνο προθέρμανσης και συντήρησης των ηλεκτροδίων και, αν τυχόν πάρουν υγρασία, πρέπει να αποξηρανθούν. Η διαδικασία αναπτύσσεται στην επόμενη παράγραφο.

Πίνακας (8-19): Επιλογή ηλεκτροδίου για την εκτέλεση της ηλεκτροσυγκόλλησης με ένα μόνο πέρασμα με βασικά ηλεκτρόδια

Πάχος ελάσματος mm	Μεγίστη διάμετρος ηλεκτροδίου
2	1,6
3	2
4	2,5
5	3,2

8-20. Η διατήρηση των ηλεκτροδίων

Το κουτί συσκευασίας των ηλεκτροδίων τα προστατεύει από την υγρασία. Μετά το άνοιγμα, αν τα ηλεκτρόδια δεν καταναλωθούν σε συγκεκριμένο χρόνο, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα συντήρησής τους.

(α) Η συντήρηση και η ξήρανση των βασικών ηλεκτροδίων

Τα βασικά ηλεκτρόδια δίνουν συγκολλήσεις μεγάλης αντοχής, αλλά για να το επιτύχουν πρέπει να είναι απαλλαγμένα από υγρασία. Γι' αυτό διατίθενται σε στεγανά κουτιά. Όταν ανοιχτεί ένα κουτί, θα πρέπει να καταναλωθούν μέσα σε πολύ περιο-

ρισμένο χρονικό διάστημα, αλλιώς πρέπει να τοποθετηθούν σε ειδικό φούρνο συντήρησης ηλεκτροδίων. Αν αυτή η βασικότατη προϋπόθεση δεν μπορεί να τηρηθεί, είναι καλύτερα να μη χρησιμοποιηθούν βασικά ηλεκτρόδια αλλά ηλεκτρόδια ενός άλλου τύπου, π.χ. ρουτιλίου. Αλλιώς η συγκόλληση που θα προκύψει θα είναι πολύ κατώτερης ποιότητας από ό,τι θα ήταν με μη βασικά ηλεκτρόδια. Ο κανόνας είναι:

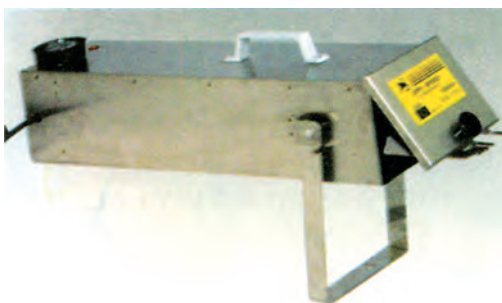
Όταν δεν υπάρχουν τα μέσα για να διατηρηθούν ξηρά τα βασικά ηλεκτρόδια, τότε είναι καλύτερα να μη χρησιμοποιούνται.

Το χρονικό διάστημα που μπορούν να κρατηθούν τα ηλεκτρόδια εκτός φούρνου εξαρτάται από την αντοχή του ηλεκτροδίου. Για παράδειγμα, τα ηλεκτρόδια E4918 μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι και 4 ώρες μετά το άνοιγμα του κουτιού, ενώ τα ηλεκτρόδια υψηλής αντοχής E5718 μπορούν να κρατηθούν μόνο για 60 λεπτά.



Σχήμα (8.30): Σταθεροί φούρνοι συντήρησης ή ξήρανσης βασικών ηλεκτροδίων

Μετά το χρονικό αυτό διάστημα, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε φούρνους συντήρησης, όπου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή στους 110-150°C. Ο ηλεκτροσυγκολλητής τα παίρνει λίγα-λίγα και τα χρησιμοποιεί. Υπάρχουν σταθεροί φούρνοι, όπως στο σχήμα (8.30), που προορίζονται για σταθερές θέσεις εργασίας, καθώς, επίσης, και φορητοί που τους παίρνει μαζί του ο ηλεκτροσυγκολλητής, όπως αυτοί του σχήματος (8.31). Οι φορητοί φούρνοι έχουν μικρή αντίσταση και συνήθως ο θερμοστάτης τους δεν υπερβαίνει τους 110°C (η ελάχιστη απαιτούμενη).



Σχήμα (8.31): Φορητοί φούρνοι συντήρησης βασικών ηλεκτροδίων

Όταν ανοιχτεί ένα κουτί ηλεκτροδίων και παραμένει επί μακρό χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα, δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί, αν προηγουμένως δεν ξηραθούν τα ηλεκτρόδια. Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και όταν ένα κουτί βρεθεί να έχει κάποιο μικρό άνοιγμα από κτύπημα. Γι' αυτό, τα κουτιά των βασικών ηλεκτροδίων πρέπει να επιθεωρούνται πριν ανοιχτούν, για να διαπιστωθεί ότι η συσκευασία τους δεν έχει υποστεί κάποια βλάβη. Επίσης, δε θα πρέπει να υπάρχουν σημεία αποκόλλησης πάστας από τα ηλεκτρόδια (ένδειξη απορρόφησης υγρασίας).

Η ξήρανση ακολουθεί ορισμένη διαδικασία. Τα ηλεκτρόδια αραιώνονται για να καταστεί δυνατή η ξήρανσή τους (σε αντίθεση με τη συντήρηση που μπορούν να μπουν στο φούρνο ως έχουν). Η ξήρανση των ηλεκτροδίων επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία της τάξεως των 250-400°C. Η θερμοκρασία αυτή ποικίλλει ανάλογα με το είδος των ηλεκτροδίων και θα πρέπει να τηρηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή. Η εφαρμογή της όμως δε θα πρέπει να είναι απότομη, για να μην υποστούν τα ηλεκτρόδια βλάβη, αλλά και ούτε να διαρκέσει περισσότερο από ό,τι χρειάζεται. Τυπική διαδικασία είναι να παραμένουν επί 30 λεπτά στο 50% της τελικής θερμοκρασίας και μετά επί 1-3 ώρες στην τελική θερμοκρασία ξήρανσης.

Κατά την ξήρανση ενδέχεται μερικά ηλεκτρόδια να υποστούν βλάβη. Αυτή μπορεί να είναι απευθείας ορατή πάνω στη πάστα τους (σπασίματα), ή να γίνεται αντιληπτή κατά την ηλεκτροσυγκόλληση από την ανώμαλη λειτουργία του τόξου. Αυτά τα ηλεκτρόδια πρέπει να απορρίπτονται ως άχρηστα.

(β) Η συντήρηση των μη βασικών ηλεκτροδίων

Κανένας άλλος τύπος ηλεκτροδίου δεν έχει την ανάγκη υπερβολικής ξήρανσης, όπως συμβαίνει με τα βασικά. Το αντίθετο μάλιστα, κάποια χαμηλή υγρασία, ενδέχεται να είναι απαραίτητο να υπάρχει στην πάστα τους για να λειτουργήσουν σωστά. Όμως, υψηλή υγρασία θα προκαλέσει και σ' αυτά προβλήματα.

Ο καλύτερος τρόπος συντήρησης των μη βασικών ηλεκτροδίων είναι μετά το άνοιγμα του κουτιού τους, τα ηλεκτρόδια που δε θα καταναλωθούν εντός της ημέρας να τοποθετούνται σε φούρνο με θερμοκρασία της τάξεως των 40-50°C. Μεγαλύτερη θερμοκρασία δε θα πρέπει να εφαρμοστεί, διότι θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της υγρασίας της πάστας τους κάτω από το επιτρεπόμενο όριο.

8-21. Η συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων

Όπως αναφέρθηκε, για τις περισσότερες περιπτώσεις συγκόλλησης ανοξείδωτων χαλύβων, αρκούν τέσσερις τύποι ηλεκτροδίων: E308-L, E309-L, E316-L και E347. Ο καθένας από αυτούς χρησιμοποιείται για συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμογής. Αναλυτικότερα:

- Το E199L (E308L) είναι το **τυπικό** ηλεκτρόδιο με το οποίο συγκολλούνται οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες και χυτοχάλυβες (αυτοί που περιέχουν Cr και Ni). Δεν είναι κατάλληλο μόνο, όταν περιέχονται στο χάλυβα και άλλες προσμίξεις και ιδίως το Mo.

- Το E19123L (E316L) προορίζεται για τη συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων και χυτοχαλύβων που, εκτός από Cr, Ni περιέχουν και Mo.
- Το E2312L (E309L) είναι το ηλεκτρόδιο με το οποίο μπορεί να συγκολληθεί απλώς ανθρακούχος χάλυβας με ανοξείδωτους χάλυβες ή διαφορετικά είδη ανοξείδωτων χαλύβων μεταξύ τους. Η συγκόλληση, φυσικά, δε θα είναι μεγάλων απαιτήσεων.
- Ο τύπος E199Nb (E347) είναι ο ιδανικός για τη συγκόλληση των σταθεροποιημένων ανοξείδωτων χαλύβων²⁰. Έχει την ίδια χημική σύσταση με το E199 (E308), με επιπλέον Nb.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι με το E199L (E308L) μπορούν να συγκολληθούν και οι σταθεροποιημένοι χάλυβες, αλλά στη ΖΕΘ είναι πιθανό να έχουμε πρόβλημα. Αντίστοιχα, με το E199Nb (E347) μπορούν να συγκολληθούν και μη σταθεροποιημένοι χάλυβες.

8-22. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου, συνήθως, γίνονται με MIG και γι' αυτό θα μας απασχολήσουν, ιδιαίτερος, στο επόμενο κεφάλαιο. Παρ' όλον ότι οι συγκολλήσεις που γίνονται με ηλεκτρόδιο αλουμινίου, δε θεωρούνται μεγάλων απαιτήσεων, ένας έμπειρος ηλεκτροσυγκολλητής είναι σε θέση να επιτύχει εξαιρετικές συγκολλήσεις. Η τεχνική συγκόλλησης του αλουμινίου δεν είναι δυσκολότερη από την τεχνική της συγκόλλησης του χάλυβα. Ίσως μάλιστα να είναι και πολύ πιο εύκολη. Είναι όμως τελείως διαφορετική. **Το λάθος που κάνουν οι ηλεκτροσυγκολλητές είναι ότι προσπαθούν να κολλήσουν το αλουμίνιο σαν να ήταν χάλυβας.** Πρέπει να μάθουν την τεχνική από την αρχή και να εξασκηθούν σ' αυτήν σαν να μη γνώριζαν πολλά πράγματα για ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να έχει υπ' όψη του ο ηλεκτροσυγκολλητής, που κολλάει αλουμίνιο με επενδυμένο ηλεκτρόδιο, είναι τα εξής:

- Πρέπει να προηγείται καθαρισμός από τη σκουριά με συρματόβουρτσα, επειδή η σκουριά του αλουμινίου έχει σημείο τήξης σχεδόν 1400°C υψηλότερο από το καθαρό μέταλλο (2000°C έναντι 630°C).
- Η συρματόβουρτσα, που έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε αλουμίνιο.
- Το ηλεκτρόδιο πρέπει να κινείται γρήγορα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου.
- Για την αποφυγή των ρηγματώσεων, το καλύτερο είναι να εφαρμόζεται προθέρμανση αλλά όχι άνω των 110°C.

20. Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 1-15, οι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο, αντιμετωπίζουν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση το πρόβλημα της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου. Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται με την προσθήκη Nb (νιόβιο) ή Ta (ταντάλιο) ή Ti. Το ποσοστό Nb + Ta + Ti είναι κάτω του 1%.

- Η ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου με επενδυμένα ηλεκτρόδια πρέπει να **ολοκληρώνεται με ένα και μοναδικό πάσο**. Προς τούτο πρέπει να επιλέγεται η κατάλληλη διάμετρος του ηλεκτροδίου. Η διείσδυση μέχρι τη ρίζα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου, είναι πολύ πιο εύκολη.
- **Υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν κοίλες περιοχές (κρατήρες) που αποτελούν αιτία ρηγματώσεων**. Για την αποφυγή αυτών, πρέπει η κίνηση του ηλεκτροδίου να γίνεται, κατά το δυνατόν, με **σταθερή ταχύτητα**, προσέχοντας την εναπόθεση του μετάλλου. **Η μορφή της ραφής να είναι ελαφρά κυρτή ή τουλάχιστον επίπεδη**.

Το πλέον χρήσιμο ηλεκτρόδιο αλουμινίου είναι το **E4043** (κράμα Al-Si με $\pi(\text{Si})=5\%$). Είναι κατάλληλο για συγκόλληση σχεδόν όλων των συγκολλησιμων τύπων αλουμινίου, ιδίως της σειράς 6xxx που είναι από τα πλέον χρησιμοποιούμενα αλουμίνια. Το E4043 μπορεί να συγκολλήσει ακόμη και τα αλουμίνια των σειρών 1xxx και 5xxx (με εξαίρεση το 5052), τα οποία όμως χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο από τη σειρά 6xxx. Στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη μηχανική αντοχή χρησιμοποιείται το **E4047** (έχει $\pi(\text{Si}) = 12\%$).

Όταν πρόκειται για καθαρό αλουμίνιο της σειράς 1xxx, ενδέχεται να έχουν σημασία οι ηλεκτρικές ιδιότητες στο σημείο της ένωσης. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται το **E1100**. Για τη συγκόλληση αλουμινίων της σειράς 5xxx ο καταλληλότερος τύπος είναι το 5356, όπως φαίνεται και στον πίνακα (8-13). Αλλά επενδυμένο ηλεκτρόδιο με 5356 δεν κατασκευάζεται. Το **5356** υπάρχει μόνο σε σύρμα για MIG/MAG και σε ράβδους για την TIG. Τέλος, δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι τα αλουμίνια των σειρών 2xxx και 7xxx δε συγκολλούνται (πλην ελάχιστων εξαιρέσεων).

8-23. Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου

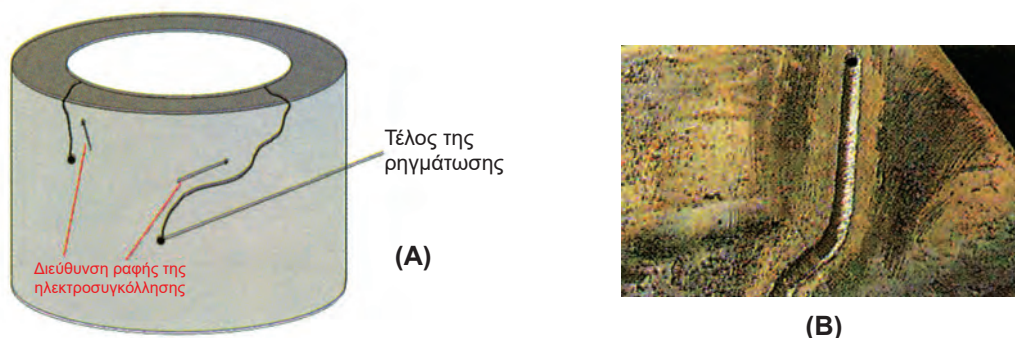
Ο χυτοσίδηρος στην ανάγκη μπορεί να συγκολληθεί και με βασικά ηλεκτρόδια, όπως το E4918, αλλά η συγκόλληση θα είναι πολύ σκληρή, εύθραυστη και μη κατεργάσιμη. Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου είναι μία πολύ δύσκολη εργασία και το αποτέλεσμά της ποτέ δεν είναι σίγουρο. Τα κυριότερα προβλήματα είναι:

- Ο άνθρακας υπεισέρχεται στη δομή του σιδήρου και τον κάνει **εύθραυστο και μη κατεργάσιμο**. Συνήθως δημιουργείται λευκός χυτοσίδηρος με πολλές ρηγματώσεις.
- Υπάρχει **διαφορά στη θερμική συμπεριφορά τεμαχίου και συγκόλλησης** με αποτέλεσμα τη ρηγμάτωση (διαφορετικές διαστολές - συστολές).

Η τεχνική της εκτέλεσης καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων χυτοσιδήρου **βασίζεται στην ιδιότητα του νικελίου (Ni) να μη σχηματίζει καρβίδια**. Έτσι, ο άνθρακας που υπεισέρχεται στη δομή του Ni, δεν έχει καμία σχεδόν επίπτωση στην αντοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης.

Για να επισκευαστεί ένα τεμάχιο χυτοσιδήρου, πρέπει να εντοπιστεί **επακριβώς η θέση της ρωγμής ή των ρωγμών**. Για να είμαστε σίγουροι, καλύτερα είναι να χρησιμοποιήσουμε κάποιο διεισδυτικό υγρό. Όταν βρεθεί το τέλος της κάθε ρωγ-

μής, **πρέπει να ανοιχτεί μία τρύπα**, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.32). Η τρύπα αυτή αρκεί να είναι διαμέτρου Φ5 mm και σκοπό έχει τη διακοπή της συνέχισης της ρηγμάτωσης. Αλλιώς η ρηγμάτωση ενδέχεται, ακόμη και μετά τη συγκόλληση, να συνεχίζεται στο υπόλοιπο τεμάχιο.



Σχήμα (8.32): Προετοιμασία για την επισκευή: (Α) Διάνοιξη οπών στο τέρμα της ρωγμής (Β) Μορφή γουβώματος σε αντικείμενο που είναι υπό επισκευή

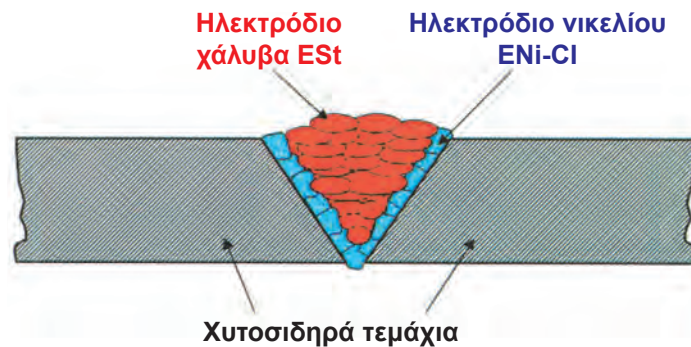
Μετά τον εντοπισμό της ρωγμής, πρέπει να επακολουθήσει η δημιουργία της φρέζας. Αυτή γίνεται με τροχό και καθαρίζεται προσεκτικά. Στα σημεία που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τροχός, η φρέζα μπορεί να δημιουργηθεί με ηλεκτρόδιο κοπής. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης, ανοίγουμε με το ηλεκτρόδιο κοπής **μικρού μήκους** φρέζες ή εργαζόμαστε με διακοπές.

Διακρίνουμε δύο είδη συγκόλλησης του χυτοσιδήρου: την **ψυχρή** και τη **θερμή**. Η ψυχρή δεν έχει πολλές πιθανότητες επιτυχίας, αλλά η θερμή εφαρμόζεται δύσκολα και δεν μπορεί να εφαρμοστεί πάντοτε.

(α) Η ψυχρή συγκόλληση του χυτοσιδήρου

Η συγκόλληση γίνεται με κρύο το τεμάχιο. Χρειάζεται να έχουμε οπλιστεί με υπομονή και να είμαστε σίγουροι ότι η προσπάθεια αξίζει τον κόπο. Πρέπει να προσέχουμε τα εξής σημεία:

- Να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια κατά το δυνατόν μικρής διαμέτρου.
- Το τόξο να είναι βραχύ και η ένταση του ρεύματος κατά το δυνατόν χαμηλή.
- Η συγκόλληση εκκινεί από το σημείο που ανοίχτηκε η οπή τερματισμού της ρηγμάτωσης (σχήμα 8.32).
- Σε μικρά πάχη είναι προτιμότερο το ηλεκτρόδιο **ENi-CI**, ενώ σε μεγάλα πάχη το **ENiFe-CI**. Αν απαιτείται ιδιαίτερα καλή δυνατότητα μηχανουργικής κατεργασίας, κατάλληλο είναι το ENiCu-B αλλά η συγκόλληση κινδυνεύει περισσότερο από ρηγματώσεις. **Ουδέποτε** χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο **ECI** που εναποθέτει φαιό χυτοσίδηρο.
- Στα μεγάλα πάχη επενδύουμε τις πλευρές του τεμαχίου με ηλεκτρόδιο Ni και γεμίζουμε με ένα πιο φθηνό ηλεκτρόδιο, όπως το E4918 ή το ESt. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (8.33).



Σχήμα (8.33): Συγκόλληση χυτοσιδηρών τεμαχίων, μεγάλου πάχους

- Για χυτοσιδήρους που δε συγκολλούνται εύκολα, είναι προτιμότερο το ESt, αλλά αυτό δίνει επιφάνεια δύσκολα κατεργάσιμη.
- Να γίνεται πολύ καλός καθαρισμός γύρω από την περιοχή ηλεκτροσυγκόλλησης και απολίπανση.
- Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση, η ραφή πραγματοποιείται με μικρού μήκους κορδόνια (λίγα cm το καθένα) που απέχουν αρκετά μεταξύ τους. Πριν να συνεχίσουμε τη ραφή, περιμένουμε λίγα λεπτά για να κρυώσει. Αν η ραφή έχει μεγάλο μήκος, κολλάμε εν τω μεταξύ κάπου πιο μακριά.
- Για να συνεχίσουμε τη ραφή συγκόλλησης, ανάβουμε το τόξο πάνω στο μέταλλο της ραφής, ποτέ πάνω στο χυτοσίδηρο.

(β) Η θερμή συγκόλληση

Η θερμή ηλεκτροσυγκόλληση είναι ασφαλέστερη ως προς το αποτέλεσμα της. Το μέταλλο της ραφής είναι σχεδόν όμοιο με το μέταλλο βάσης και κατεργάζεται εύκολα. Με αυτήν μπορούν να επισκευαστούν και τυχόν ανωμαλίες του χυτού, όπως π.χ. κοιλώματα. Δε χρειάζεται να έχουμε ιδιαίτερη υπομονή, εργαζόμαστε με κανονικούς ρυθμούς. Πάντοτε γίνεται προθέρμανση του τεμαχίου. Ισχύουν τα εξής:

- Χρησιμοποιείται **μόνο** το ηλεκτρόδιο **ECI**, το οποίο εναποθέτει απευθείας φαιό χυτοσίδηρο.
- Η θερμοκρασία προθέρμανσης θα πρέπει να είναι της τάξεως των 700-800°C. Προσοχή στις οδηγίες του κατασκευαστή του ηλεκτροδίου, ιδίως σε ότι αφορά την προθέρμανση.
- Η εργασία, από τη στιγμή που θα ξεκινήσει, πρέπει να ολοκληρωθεί. Δεν επιτρέπεται η διακοπή της.
- Η θερμοκρασία πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη και να διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης.
- Η ψύξη πρέπει να γίνεται με **αργό ρυθμό** σε χώρο χωρίς ρεύματα αέρα. Στις δύσκολες περιπτώσεις, τα τεμάχια σκεπάζονται με ζεστή άμμο ή στάχτη, για να καθυστερήσει η ψύξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η σωστή αναγνώριση της θέσης ηλεκτροσυγκόλλησης είναι απαραίτητη για την επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου.
- Οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης είναι οι: PA (επίπεδη), PB (γωνιακή επίπεδη), PC (οριζόντια), PD (γωνιακή ουρανού), PE (ουρανός), PF (κατακόρυφη ανεβατή), PG (κατακόρυφη κατεβατή).
- Τα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 300-450 mm και σε τυποποιημένες διαμέτρους (mm): 1,6 - 2 - 2,5 - 3,2 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8
- Ο καλός ηλεκτροσυγκολλητής γνωρίζει την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και με βάση αυτήν επιλέγει το κατάλληλο ηλεκτρόδιο.
- Τυποποίηση είναι η οργάνωση με βάση τα πρότυπα. Στην Ελλάδα ισχύουν τα πρότυπα ISO, EN και ΕΛΟΤ. Μόνο όταν δεν υπάρχει πρότυπο ISO, EN, ΕΛΟΤ, επιτρέπεται η χρήση άλλου προτύπου, π.χ. AWS.
- Τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων έχουν τυποποιηθεί με το πρότυπο ISO-2560:2002, με δύο τρόπους: Τον «B» που είναι ο ευκολότερος και ακολουθεί τη μέθοδο της AWS και το «A» που είναι όπως του προτύπου EN-499.
- Τα ηλεκτρόδια με επένδυση ρουτιλίου έχουν ομαλή λειτουργία, με επένδυση κυτταρίνης έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα, ενώ τα βασικά χρησιμοποιούνται, όταν απαιτείται μεγάλη αντοχή.
- Για τις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων ανθρακούχων χαλύβων, αρκούν τα ηλεκτρόδια E4311, E4313 και E4918.
- Το ηλεκτρόδιο E199L είναι το τυπικό ηλεκτρόδιο των ανοξείδωτων χαλύβων. Οι ανοξείδωτοι χάλυβες, στις συνήθεις εφαρμογές, καλύπτονται με τέσσερις (4) μόνο τύπους ηλεκτροδίων.
- Σχεδόν όλες οι περιπτώσεις ηλεκτροσυγκόλλησης αλουμινίου καλύπτονται με το ηλεκτρόδιο E4043.
- Ο χυτοσίδηρος καλύπτεται με δύο κυρίως ηλεκτρόδια, τα ENiFe-CI και ENi-CI, ενώ υπάρχουν τρεις ακόμη τύποι με λιγότερη χρήση.
- Για να επιτύχουμε καλή συγκόλληση, πρέπει να ακολουθούμε ορισμένους κανόνες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι: χάλυβας με $\pi(P)$, $\pi(S) < 0,04\%$, σωστή επιλογή των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης και κατάλληλη προετοιμασία των άκρων.
- Όταν απαιτούνται συγκολλήσεις υψηλής αντοχής, χρησιμοποιούμε βασικά ηλεκτρόδια, τα οποία είναι όμως δυσκολότερα στη χρήση.
- Τα βασικά ηλεκτρόδια, μετά το άνοιγμα του κουτιού τους, πρέπει να διατηρούνται σε ειδικούς φούρνους.
- Η συγκόλληση του αλουμινίου δεν είναι δυσκολότερη από του χάλυβα. Απλά η τεχνική είναι πολύ διαφορετική.
- Η ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου ακολουθεί ειδικές τεχνικές και διακρίνεται σε ψυχρή και θερμή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Ποιες είναι οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης και πώς συμβολίζονται;
2. Όταν το επίπεδο είναι κεκλιμένο ή το κατακόρυφο επίπεδο ξεφύγει από τις 90°, πώς επιλέγουμε το κατάλληλο ηλεκτρόδιο;
3. Ποιες είναι οι τυποποιημένες διαμέτροι των ηλεκτροδίων;
4. Τι σημαίνει ο όρος τυποποίηση και ποια είναι τα πρότυπα που ισχύουν στην Ελλάδα;
5. Πώς έχουν τυποποιηθεί οι ανθρακούχοι και οι ελαφρά κραματικοί χάλυβες;
6. Ποια είναι η σημασία των δύο πρώτων ψηφίων του συμβολισμού κατά ISO-2560-B; Ποιες τιμές επιτρέπονται;
7. Τι καταλαβαίνουμε αμέσως από το 3° ψηφίο του συμβολισμού κατά ISO-2560-B;
8. Κάντε πίνακα με τη σημασία του 4^{ου} ψηφίου του συμβολισμού κατά ISO-2560-B, όταν αυτό έχει τιμές: 0,1,2,3,4,5,6,8.
9. Περιγράψτε τη σημασία του συμβολισμού:
10. ISO 2560-B-E5516-N7A_{UH}5
11. *Περιγράψτε τη σημασία του συμβολισμού²¹:*
12. *ISO 2560-A-E4921NiB32H10*
13. Ονομάστε τους 4 τύπους ηλεκτροδίων ανοξειδωτων χαλύβων, που κυρίως χρησιμοποιούνται, και αναφέρατε τις χρήσεις τους.
14. Ποιο είναι το κυρίως χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο αλουμινίου και γιατί;
15. Ποια είναι τα δύο περισσότερο χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια χυτοσιδήρου;
16. Αναφέρατε, πολύ συνοπτικά, τουλάχιστον 10 από τους κανόνες εκτέλεσης καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων χάλυβα.
17. Πόσο είναι το κανονικό ύψος του τόξου στα ηλεκτρόδια ρουτιλίου και κυτταρίνης και πόσο στα βασικά ηλεκτρόδια;
18. Αναφέρατε, πολύ συνοπτικά, τουλάχιστον 4 από τις κυριότερες διαφορές που παρουσιάζει η τεχνική της συγκόλλησης με βασικά ηλεκτρόδια, σε σχέση με τα άλλα ηλεκτρόδια.
19. Πώς πρέπει να συντηρούνται τα βασικά ηλεκτρόδια και πώς τα απλά;
20. Περιγράψτε την τεχνική της συγκόλλησης αλουμινίου.
21. Περιγράψτε την τεχνική της ψυχρής συγκόλλησης χυτοσιδήρου.
22. Περιγράψτε την τεχνική της θερμής συγκόλλησης χυτοσιδήρου.

21. Μόνο αν έχει διδαχτεί το αντίστοιχο κεφάλαιο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Πώς θα αντιληφθείτε ότι η ονομασία ενός ηλεκτροδίου είναι κατά AWS και πώς θα τη μετατρέψετε κατά ISO-2560-B;
2. Σας δίνονται τα ηλεκτρόδια κατά AWS: E11018 και E9018. Ποια είναι τα αντίστοιχά τους κατά ISO-2560-B; Τι παρατηρείτε;
3. Σας ζητάνε να συγκολλήσετε με έναν τύπο ηλεκτροδίου του οποίου σας δίνουν την ονομασία κατά DIN. Τι θα τους πείτε;
4. Γιατί έχει σημασία, αν η επικαλυπτική σκουριά του λουτρού συγκόλλησης είναι παχιά ή λεπτή;
5. Έχετε να κάνετε συγκόλληση σε ένα σημείο οχήματος που δοκιμάζεται πολύ σε κρούσεις κατά την πορεία του πάνω στην ασφαλτο. Βρήκατε ότι έχετε ηλεκτρόδια E4918 και E4918U. Ποιο από τα δύο είναι καλύτερο να χρησιμοποιήσετε;
6. Σας δίνουν να συγκολλήσετε σκουριασμένες λαμαρίνες πάχους 6 mm και διαπιστώνεται ότι είναι πολύ δύσκολος ο τοπικός καθαρισμός τους. Ποιο ηλεκτρόδιο θα χρησιμοποιήσετε;
7. Περιγράψτε τις ιδιότητες που αναμένετε ότι θα έχει ένα ηλεκτρόδιο με πάστα από μείγμα ρουτιλίου-κυτταρίνης με σταθεροποιητή το κάλιο (υπόδειξη: δείτε και τον πίνακα 8-4).
8. Τι αντιλαμβάνεστε, όταν κάποιος σας λέει ότι κολλάει με απλά ηλεκτρόδια;
9. Θέλετε να οργανώσετε την αποθήκη των υλικών σας και, για να μην τρέχετε κάθε φορά για ηλεκτρόδια, αποφασίσατε να επιλέξετε κάποια για να τα έχετε σε πρώτη ανάγκη. Ποιους τύπους ηλεκτροδίων θα διαλέγατε, ώστε να καλύψετε τις ηλεκτροσυγκολλήσεις ανθρακούχων χαλύβων, ανοξείδωτων χαλύβων, αλουμινίου και χυτοσιδήρου, έτσι ώστε να είσαστε καλυμμένος, έχοντας τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διαφορετικών τύπων;
10. Τι αντιλαμβάνεστε από το δεύτερο μέρος του συμβολισμού του ηλεκτροδίου E5718-N13P;
11. Ποιο σύστημα τυποποίησης σας διευκολύνει καλύτερα; Ποιο πρέπει να χρησιμοποιείτε; Να αιτιολογηθούν οι απαντήσεις.
12. Τα 4 ηλεκτρόδια των ανοξείδωτων χαλύβων, κατά σειρά κόστους αγοράς από το φθηνότερο στο ακριβότερο, έχουν ως εξής: E199L, E2312L, E19123L, E199Nb. Ποιο πιστεύετε ότι είναι το περισσότερο χρήσιμο από αυτά; Ποιο θα αποφασίζατε να βάλετε στην αποθήκη σας, λαμβάνοντας υπ' όψη και το κόστος αγοράς τους;
13. Πήρατε από την αποθήκη σας ένα κουτί ηλεκτρόδια E4918 και διαπιστώσατε ότι από κακό χειρισμό ήταν σπασμένη σε κάποιο σημείο η συσκευασία τους. Τι πρέπει να κάνετε;
14. Σας ζήτησαν να επισκευάσετε μία ρωγμή σε εξάρτημα χυτοσιδήρου, το οποίο μετά θα πάει για κατεργασία στον τόρνο. Ποια ηλεκτρόδια μπορείτε να χρησιμοποιήσετε;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η καλή γνώση της τυποποίησης των ηλεκτροδίων είναι προϋπόθεση, για να γίνεται η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου. Όμως η τυποποίηση είναι κάτι που συνεχώς βελτιώνεται. Επίσης, το βιβλίο αυτό δεν επεκτείνεται στην τυποποίηση όλων των ειδών των ηλεκτροδίων. Αυτό είναι το κύριο αντικείμενο των ομαδικών δραστηριοτήτων που ακολουθούν. Δηλαδή οι μαθητές θα ψάξουν να βρουν τι ισχύει για την τυποποίηση των ηλεκτροδίων κατά το χρόνο της διδασκαλίας του βιβλίου²². Η κάθε ομάδα θα συντάξει τεχνική έκθεση. Οι τεχνικές εκθέσεις θα είναι μέσα σε δύο το πολύ σελίδες. Ως υπόδειγμα για τον τρόπο ανάπτυξης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παράγραφος 8-13 που αναπτύσσει, με λίγα λόγια, το ISO-2560-A.

Εργασία 1

Έλεγχος της ισχύος του προτύπου ISO-2560, διερεύνηση για τυχόν αλλαγές

Υπόδειξη: επικοινωνήστε με τη βιβλιοθήκη του ΕΛΟΤ. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι του 2002. Αν υπάρχει νεότερη έκδοση, εξετάστε αν υπάρχουν αλλαγές στην ονομασία των ηλεκτροδίων (η αλλαγή του προτύπου δε σημαίνει αλλαγή και στην ονομασία των ηλεκτροδίων).

Εργασία 2

Ηλεκτρόδια ανοξειδωτων χαλύβων

Η καλή συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων εξαρτάται από τη σωστή επιλογή του ηλεκτροδίου. Υπάρχουν πολλά είδη ανοξειδωτων χαλύβων και όχι μόνο οι χρωμιονικελιούχοι. Τα πρότυπα που ισχύουν είναι τα ISO-3581 (έκδοση 2003), το EN-1600 και το ΕΛΟΤ-1600.

Εργασία 3

Ηλεκτρόδια για χάλυβες υψηλής αντοχής και χάλυβες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες

Τα πρότυπα για χάλυβες υψηλής αντοχής είναι τα EN-757 και ΕΛΟΤ-757, ενώ για τους χάλυβες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες τα EN-1599 και ΕΛΟΤ-1599.

Εργασία 4

Έρευνα της αγοράς

Συγκέντρωση καταλόγων ηλεκτροδίων από προμηθευτές ηλεκτροδίων (τουλάχιστον 3 κατάλογοι). Διαπίστωση των τύπων ηλεκτροδίων που αναφέρονται στους καταλόγους (τα οποία προφανώς έχουν και τη μεγαλύτερη κίνηση). Εντοπισμός ηλεκτροδίων που δεν ακολουθούν καμία τυποποίηση, όπως π.χ. είναι τα ηλεκτρόδια κοπής και γουβώματος (κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου δεν υπήρχε κανένα απολύτως πρότυπο που να αναφέρεται σ' αυτά).

Εργασία 5

Συσκευές κοπής με πλάσμα

Τα ηλεκτρόδια των συσκευών κοπής πλάσματος δεν ακολουθούν ακόμη καμία τυποποίηση. Να γίνει έρευνα αγοράς για τις συσκευές αυτές και τα αναλώσιμα μέρη τους.

22. Το κόστος των προτύπων είναι πολύ μικρό και γι' αυτό είναι σκόπιμο να προμηθευτεί το εργαστήριο μία πλήρη σειρά προτύπων και να την ανανεώνει. Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον το ISO-2560, ενώ, κατά τα λοιπά, να προτιμηθούν τα πρότυπα του ΕΛΟΤ, επειδή είναι στα Ελληνικά. Πλήρης κατάλογος των προτύπων, που έχουν σχέση με τις συγκολλήσεις, υπάρχει στη βιβλιογραφία. Τονίζεται ότι **η φωτοτύπηση προτύπων απαγορεύεται**.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**ΑΣΚΗΣΗ 8-1****Κοπή και γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να χρησιμοποιούν το ηλεκτρόδιο άνθρακα.
- Να γνωρίζουν τη σημασία της χρήσης του σωστού ρεύματος (DC-, DC+, AC).

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Για την άσκηση αυτή απαιτείται μία μεγάλη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης, ικανή να κόψει μέταλλα με ηλεκτρόδιο άνθρακα. Κοιτάμε πρώτα την πινακίδα της μηχανής. Αν δεν αναφέρεται το ρεύμα για **συντελεστή χρησιμοποίησης** (duty cycle) 100%, υπολογίζουμε το γινόμενο του συντελεστή χρησιμοποίησης με το μέγιστο ρεύμα ηλεκτροσυγκόλλησης. Πρέπει να είναι τουλάχιστον 160 A. Επίσης, το ηλεκτρόδιο του άνθρακα **χρησιμοποιείται μόνο με ρεύμα DC-.**

Η άσκηση κοπής με ηλεκτρόδιο του άνθρακα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί συγχρόνως με την επόμενη, αφ' ενός επειδή έχουν αλληλοκάλυψη (και στις δύο προβλέπεται συγκόλληση με λάθος ρεύμα) και αφ' ετέρου για να υπάρχουν αρκετές θέσεις εργασίας για τους μαθητές.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας τουλάχιστον 160 A για συντελεστή χρησιμοποίησης 100%
- Τσιμπίδα MMA για ηλεκτρόδιο άνθρακα (με ακροφύσια παροχής αέρα)
- Αεροσυμπιεστής που να παρέχει αέρα πίεσης τουλάχιστον 6 bar.
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Τρία ηλεκτρόδια άνθρακα διαμέτρου 4 mm
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 25 x 25 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές θα λάβουν όλα τα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας που έλαβαν στην άσκηση (6-3).

Προσοχή: όχι ζελέ στα μαλλιά ή άδετα μαλλιά.

- Πρέπει να υπάρχει καλός εξαερισμός στην αίθουσα ή σύστημα απαγωγής αναθυμιάσεων.
- Δεδομένου ότι δεν είναι ακόμη οι μαθητές εξοικειωμένοι με τις αναθυμιάσεις, θα γίνονται διαλείμματα. Προς τούτο, σε κάθε θέση εργασίας θα εναλλάσσονται δύο μαθητές.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-1).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8			Υπόδειγμα άσκησης 8-1
Είδος εργασίας: Κοπή-γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα			Ένταση ρεύματος: 100-150 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 14.	
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια. - Τοποθετούμε το τεμάχιο οριζόντια, έτσι ώστε ο χώρος κάτω από την περιοχή κοπής να είναι κενός. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο τεμάχιο. - Τροχίζουμε δύο ηλεκτρόδια άνθρακα, έτσι ώστε να γίνουν μυτερά. Το ύψος του κώνου να είναι 8-12 mm.	
3	Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα DC- (ο αρνητικός πόλος στην τσιμπίδα)	- Ανοίγουμε τη μηχανή και τον αεροσυμπιεστή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, DC-. - Τοποθετούμε το πρώτο ηλεκτρόδιο, έτσι ώστε, το μυτερό άκρο του να απέχει περίπου 12 cm από τη τσιμπίδα. - Η κοπή θα γίνει, κόβοντας όσο πιο άκρη μπορούμε (οικονομία στη λαμαρίνα). - Εκκινούμε το τόξο και το κρατάμε για λίγο. - Ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου ανάλογα με το αποτέλεσμα της κοπής. - Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A.	
4	Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα DC+ (ο θετικός πόλος στην τσιμπίδα)	- Τοποθετούμε το δεύτερο ηλεκτρόδιο - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, DC+. - Επαναλαμβάνουμε όλα τα παραπάνω βήματα. Παρατηρούμε τη δυσκολία σταθεροποίησης του τόξου. - Μόλις ολοκληρωθεί η κοπή και αφήσουμε το τεμάχιο να κρυώσει, ελέγχουμε την επιφάνεια. Διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μαύρο ανθρακούχο κατάλοιπο κατά μήκος της κοπής. - Ελέγχουμε το ηλεκτρόδιο και το συγκρίνουμε με το ηλεκτρόδιο που έγινε η κοπή με DC-. Βλέπουμε ότι το ηλεκτρόδιο με DC- είχε μικρή ομοιόμορφη φθορά και παρέμεινε αιχμηρό, ενώ με το DC+ είχε μεγάλη φθορά και δε διατήρησε τη μορφή του.	
5	Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα AC	- Τοποθετούμε το τρίτο ηλεκτρόδιο. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, AC. - Επαναλαμβάνουμε όλα τα βήματα που έγιναν στο 4. Τι συμπεράσματα προκύπτουν αυτή τη φορά;	
6	Γούβωμα λαμαρίνας	- Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 120 A, DC-. - Τοποθετούμε το πρώτο ηλεκτρόδιο. - Εκκινούμε το τόξο και το κρατάμε για λίγο. - Τοποθετούμε λοξά το ηλεκτρόδιο και ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου ανάλογα με το αποτέλεσμα του γουβώματος (να μη γίνεται κοπή). - Εκτελούμε το γούβωμα. - Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 20 A.	
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.	

ΑΣΚΗΣΗ 8-2

Η χρήση των ηλεκτροδίων κυτταρίνης

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Τη χρήση των ηλεκτροδίων κυτταρίνης και να εκτελούν συγκολλήσεις με αυτά.
- Ποια είναι η σημασία της χρήσης του σωστού ρεύματος (DC-, DC+, AC).

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Στο κεφάλαιο 7 έγιναν ασκήσεις με ηλεκτρόδια ρουτιλίου του τύπου E4313 (κατά AWS: E6013) που παρουσιάζουν πολύ μαλακό τόξο. Στην άσκηση αυτή θα γίνει εξάσκηση με ηλεκτρόδια κυτταρίνης και μάλιστα με τον τύπο E4310 που είναι περισσότερο δύσκολα ηλεκτρόδια στη χρήση τους. Το ηλεκτρόδιο αυτό πραγματοποιεί τη βαθύτερη διείσδυση από κάθε άλλο ηλεκτρόδιο και κολλάει ακόμη και σκουριασμένες επιφάνειες. Μία όμως ιδιαιτερότητα του ηλεκτροδίου **E4310** είναι ότι **μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ρεύμα DC+, πράγμα** που το καθιστά ιδανικό, για να αντιληφθούν οι μαθητές τις επιπτώσεις από λάθος επιλογή ηλεκτρικού ρεύματος.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας τουλάχιστον 140 A
- Τιμιπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια τους
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4310 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το E6010)
- Δύο σκουριασμένα τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, 10 x 20 cm (για κάθε μαθητή)
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-2
Είδος εργασίας: Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο 4310 (κυτταρίνης)		Ένταση ρεύματος: 90-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	Καμία (αφήνουμε τα τεμάχια όπως είναι με τη σκουριά).
3	Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα DC+ (ο θετικός πόλος στην τσιμπίδα)	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC+. - Λαμβάνουμε το ένα τεμάχιο λαμαρίνας. - Ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου περίπου όση και η διάμετρος του ηλεκτροδίου και την ταχύτητα κοπής τόση, ώστε να έχουμε καλές ραφές (να ξεκολλάει άνετα η σκουριά) - Εκτελούμε στην επιφάνεια της λαμαρίνας αρκετές ευθείες ραφές μέχρι να εξασκηθούμε στη χρήση του ηλεκτροδίου. Αν χρειαστεί, χρησιμοποιούμε και την πίσω μεριά. Προσέχετε το χαρακτηριστικό ομαλό ήχο, που κάνει το ηλεκτρόδιο, για να τον συγκρίνετε με τον ήχο που θα κάνει μετά, όταν θα εφαρμοστεί λάθος πολικότητα. - Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A.
4	Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα DC- (ο αρνητικός πόλος στην τσιμπίδα)	- Λαμβάνουμε το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας. - Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα, προσέχοντας τον ανώμαλο θόρυβο και τη δυσκολία σταθεροποίησης του τόξου. - Εκτελούμε δύο-τρεις ραφές σε μία προσπάθεια να σταθεροποιήσουμε την κατάσταση. - Συγκρίνουμε τις δύο λαμαρίνες και βγάζουμε τα συμπεράσματά μας σχετικά με την ποιότητα της συγκόλλησης.
5	Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα AC	Χρησιμοποιώντας το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας, επαναλάβετε όλα τα βήματα που έγιναν στο 4. Τι παρατηρείτε;
6	Επαναλαμβάνουμε μερικές φορές με DC-, DC+ και AC	- Γυρίζουμε στην πίσω μεριά το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας. - Εκτελούμε ραφές, διαδοχικά με DC+, DC-, AC (η μία δίπλα στην άλλη) και συγκρίνουμε τις ραφές, τον ήχο και το τόξο. - Επαναλαμβάνουμε όσες φορές χρειάζεται, για να καταλάβουμε καλά τις διαφορές.
7	Συγκόλληση λαμαρινών	- Τοποθετούμε τα δύο κομμάτια-πλάι πλάι σε απόσταση 2,5-3 mm. Τα φέρνουμε όσο μπορούμε καλύτερα στη θέση αυτή, επειδή έχουν ίσως πετσικάρει και τα ποντάρουμε. - Έχουμε τώρα κοντά δύο σκουριασμένα και, πιθανόν, πετσικαρισμένα τεμάχια λαμαρίνας, πάχους 5 mm, χωρίς προετοιμασία άκρων. Ιδανική εφαρμογή για ένα ηλεκτρόδιο βαθιάς διείσδυσης. - Εκτελούμε τη συγκόλληση. - Ελέγχουμε τη διείσδυση στην πίσω πλευρά (στη ρίζα).
8	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε.
9	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-3

Συγκόλληση με προετοιμασία των άκρων και εξάσκηση με το ηλεκτρόδιο 4311

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Στην άσκηση αυτή οι μαθητές θα κάνουν την πρώτη τους μικρή σιδηροκατασκευή που θα τη χρησιμοποιήσουν, στη συνέχεια, στο κυρίως μέρος της άσκησης.
- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν να εκτελούν συγκολλήσεις στις οποίες απαιτούνται πολλά κορδόνια και να χρησιμοποιούν σωστά το ηλεκτρόδιο 4311.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Αν και στην τεχνολογία των αυτοκινήτων οι μεγάλοι πάχους συγκολλήσεις είναι σπάνιες, οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν πώς να τις εκτελούν. Η άσκηση μπορεί να εκτελεστεί με λαμαρίνες πάχους 20mm που θα προετοιμαστούν όπως στο σχήμα (8.34), με τη χρήση οξυγονοκοπής, ή με την εναλλακτική λύση που γίνεται προσομοίωση με γωνίες 30 x 30 mm.

Η ανάπτυξη της άσκησης έχει γίνει με την προσομοίωση της προετοιμασίας των άκρων. Θα χρησιμοποιηθούν δύο τεμάχια γωνίας μορφοσιδήρου 30 x 30 mm, μήκους 30 cm και δύο μικρότερα μήκους 10 cm για τη βάση στήριξης. Η κατασκευή θα είναι όπως στο σχήμα (8.34).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας 140 A
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4311 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου Φ2,5, Φ3,2 και Φ4 (κατά AWS είναι το E6011)
- Ένα τεμάχιο προφίλ μορφοσιδήρου 30 x 30 mm, μήκους 80 cm περίπου
- Τροχός
- Πριόνι κοπής μετάλλων μηχανουργείου
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

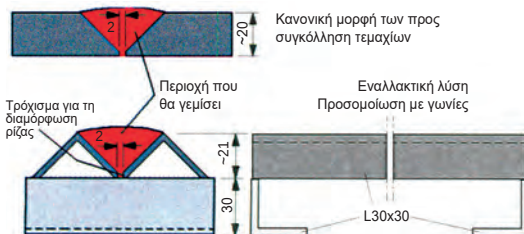
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Υπόδειγμα άσκησης 8-3

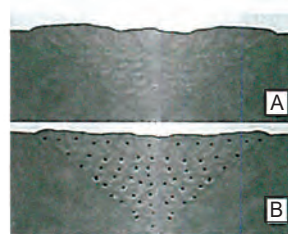
Είδος συγκόλλησης: MMA με ηλεκτρόδια 4311

Ένταση ρεύματος: 60-140 A

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Κόβουμε με οξυγόνο τη γωνία σε μήκη 30, 30, 10 και 10 cm. - Τροχίζουμε τα τεμάχια των 30 cm, από τη μία πλευρά για το σχηματισμό του σημείου της ρίζας, όπως στο σχήμα (8.34). - Τοποθετούμε τα τεμάχια και τα συνδέουμε με πονταρίσματα. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο ως άνω διαμορφωθέν τεμάχιο.
3	Εκτέλεση της συγκόλλησης της ρίζας	- Ανοίγουμε τη μηχανή, ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. - Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 2,5 mm. - Συγκολλούμε μερικά cm της ρίζας με γρήγορες κινήσεις μπρος-πίσω. Η σωστή συγκόλληση της ρίζας έχει μεγάλη σημασία. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε μήπως χρειάζεται αλλαγή στην ένταση του ρεύματος και γενικότερα αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Αν χρειάζεται διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A. - Συνεχίζουμε με αυτόν τον τρόπο μέχρι να τελειώσουμε τη ρίζα.
4	Συνέχιση της συγκόλλησης	- Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 3,2 mm. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 90 A, DC-. - Συνεχίζουμε να κολλάμε, δημιουργώντας ραφές εναλλάξ, αριστερά, δεξιά και στο κέντρο, μέχρι να φθάσουμε μερικά χιλιοστά πιο κάτω από την τελική επιφάνεια. Να γίνεται καλός καθαρισμός και απομάκρυνση της σκουριάς.
5	Αποπεράτωση της συγκόλλησης	- Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 4 mm. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 120 A, DC-. - Συνεχίζουμε να κολλάμε, με τον ίδιο τρόπο, μέχρι να φθάσουμε στην τελική επιφάνεια.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος. - Κόβουμε το τεμάχιο με το μηχανικό πριόνι, καθαρίζουμε καλά την τομή και ελέγχουμε την επιφάνεια που έχει σχηματιστεί. Η μορφή της επιφανείας πρέπει να είναι όπως στο σχήμα (8-35^A).
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.



Σχήμα 8.34: Η προετοιμασία και η εκτέλεση της άσκησης - Η προσομοίωση των προς συγκόλληση τεμαχίων με σιδηρογωνίες



Σχήμα 8.35: Η μορφή της τομής: (A) Η σωστή μορφή μιας τομής (B) Τομή κακής συγκόλλησης

ΑΣΚΗΣΗ 8-4

Εκτέλεση συγκόλλησης με βασικά ηλεκτρόδια

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελούν συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η ηλεκτροσυγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια παρουσιάζει αρκετές διαφορές από αυτή που γνωρίσαμε με ηλεκτρόδια ρουτιλίου και κυτταρίνης. Μία από τις δυσκολίες είναι η ανάγκη διατήρησης μικρού ύψους τόξου, στο μισό περίπου από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου. Το ηλεκτρόδιο είναι σε κάθετη σχεδόν θέση και η ταχύτητα στα 2/3 περίπου αυτής που είχαμε συνηθίσει. Τα ηλεκτρόδια διατηρούνται σε φούρνο στους 110°C. Αν έχουν παρέλθει περισσότερες από 4 ώρες από το άνοιγμα του κουτιού των ηλεκτροδίων, απαιτείται ξήρανση. Χρήσιμο είναι να διαβάσετε ξανά τις οδηγίες της παραγράφου (8-19).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4918 κατά ISO-2560-B, διαμέτρων 2,5 και 3,2 mm (κατά AWS είναι το E7018)
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός)
- Τρία τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, τα δύο 5 x 20 cm και το ένα 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-4).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-4
Είδος συγκόλλησης: MMA με βασικά ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Να υπάρχουν γυαλιά με βαθμό προστασίας 10 και 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια της λαμαρίνας 20 x 20. - Ομοίως γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). - Ανοίγουμε τις συσκευασίες των ηλεκτροδίων και τα τοποθετούμε στο φούρνο διατήρησης, στους 110°C.
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 10. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. - Συνδέουμε το τεμάχιο 20x20 στη γείωση. - Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. - Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές, μέχρι να καλυφθούν τα 2/3 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2mm	- Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 11. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. - Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία.
5	Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm	- Ποντάρουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm μεταξύ τους. - Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της ραφής. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. - Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. - Ολοκληρώνουμε τη ραφή. - Κολλάμε με τον ίδιο τρόπο και την πίσω πλευρά.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει ο οπτικός έλεγχος και ο έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη.
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το δεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 8-5

Εκτέλεση συγκόλλησης με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Να εκτελούν συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια.
- Να έχουν αντιληφθεί τις επιπτώσεις από τη χρήση εσφαλμένης φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η ηλεκτροσυγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων προϋποθέτει τη σωστή επιλογή του ηλεκτροδίου. Στο βιβλίο αυτό καλύψαμε μόνο το θέμα των ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων που είναι και οι πλέον συνηθισμένοι (χρωμιονικελιούχοι της σειράς 18/8). Η ηλεκτροσυγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια με επένδυση ρουτιλίου ή βασική, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές ως προς την τεχνική της, σε σχέση με αυτή που γνωρίσαμε με τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων χαλύβων με αντίστοιχες επενδύσεις. Η βασικότερη διαφορά που υπάρχει είναι ότι το ρεύμα που απαιτείται είναι DC+ και ουδέποτε το DC-. Στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια ρουτιλίου είναι δυνατή η χρήση και του AC (όχι όμως και στα βασικά). Παρ' όλη την ομοιότητα με την ηλεκτροσυγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων, η συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια είναι μία εμπειρία που είναι απαραίτητο να την έχουν οι μαθητές. Στην άσκηση αυτή θα γίνει χρήση μόνο ηλεκτροδίων ρουτιλίου.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E199LR (ρουτιλίου) κατά EN-1600, σε διαμέτρους 2,5 και 3,2 mm (το αντίστοιχο κατά AWS είναι το E308L-16)
- Τρία ανοξείδωτα τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, από χρωμιονικελιούχο χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα, π.χ. X10CrNi188 ή X8CrNi199, τα δύο διαστάσεων 5x20 cm και ένα 10x20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξείδωτη συρματοβουρτσα, μαλακή
- Δεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-5).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-5
Είδος συγκόλλησης: MMA με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-100 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Οι μάσκες να έχουν βαθμό προστασίας (ΒΠ) 10 και 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με την ανοξείδωτη συρματοβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10 x 20. - Ομοίως γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους).
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm	- Διαπίστωση των προβλημάτων αν χρησιμοποιηθεί λάθος ρεύμα. - Ανοίγουμε τη μηχανή. - Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 10. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 65 A, DC+. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. - Συνδέουμε το τεμάχιο 10x20 στη γείωση. - Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. - Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές μέχρι να καλυφθεί το 1/2 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε ραφή με ρεύμα DC-. - Δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε ραφή με ρεύμα AC. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές με DC+, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2 mm	- Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 11. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 90 A, DC+. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. - Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την υπόλοιπη διαδικασία, όπως παραπάνω.
5	Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm	- Ποντάρουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm μεταξύ τους. - Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της ραφής. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. - Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. - Ολοκληρώνουμε τη ραφή. - Κολλάμε με τον ίδιο τρόπο και την πίσω πλευρά.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος (εξηγήστε το λόγο που δε γίνεται ο μαγνητικός)
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 8-6

Εκτέλεση συγκόλλησης με ηλεκτρόδια αλουμινίου

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν να εκτελούν συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια αλουμινίου.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Σπάνια γίνονται συγκολλήσεις αλουμινίου με επενδυμένα ηλεκτρόδια. Είναι όμως μία αναγκαστική λύση, όταν δεν εκτελούνται συχνά στο χώρο εργασίας συγκολλήσεις αλουμινίου. Επίσης, αν η συγκόλληση γίνεται σε ανοικτό χώρο, η χρήση του ηλεκτροδίου είναι η μοναδική λύση.

Για να κολλήσουν οι μαθητές αλουμίνιο, πρέπει να ξεχάσουν ό,τι έχουν μάθει για τη συγκόλληση των χαλύβων. Τα βασικότερα σημεία είναι ο καλός καθαρισμός της επιφάνειας με ανοξειδωτή συρματόβουρτσα, που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα και ότι το ηλεκτρόδιο κινείται πιο γρήγορα. Τα προς συγκόλληση τεμάχια πρέπει να είναι σε επαφή, δε χρειάζεται κενό για να εξασφαλιστεί η καλή διείσδυση, επειδή το σημείο τήξης του αλουμινίου είναι χαμηλό. Επειδή κολλάμε με μεγαλύτερη ταχύτητα από ό,τι στο χάλυβα, χρειαζόμαστε ηλεκτρόδιο μεγαλύτερης διαμέτρου. Τα ελάσματα που θα συγκολληθούν είναι πάχους 3 mm και, αν κολλάγαμε χάλυβα, από τον πίνακα (8-16) θα επιλέγαμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Επειδή πρόκειται για αλουμίνιο, θα πάρουμε το αμέσως μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο, το 3,2 mm. Το ρεύμα πρέπει να είναι DC+. Απαιτείται φούρνος διατήρησης των ηλεκτροδίων, επειδή η πάστα τους είναι υγροσκοπική.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια 2,5 και 3,2 mm, τύπου E4043 κατά AWS-A5.10
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός)
- Πέντε τεμάχια λαμαρίνας αλουμινίου πάχους 3 mm, τα τέσσερα 5x20 cm και ένα 20x20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξειδωτή συρματόβουρτσα, που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα.
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-6).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-6
Είδος συγκόλλησης: MMA με ηλεκτρόδια αλουμινίου		Ένταση ρεύματος: 50-90 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί της μάσκας να έχει βαθμό προστασίας 10.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με την ανοξειδωτή συρματόβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10x20. - Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). - Τοποθετούμε τα ηλεκτρόδια στο φούρνο συντήρησης.
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 60 A, DC+. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. - Συνδέουμε το τεμάχιο 20x20 στη γείωση. - Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. - Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές μέχρι να καλυφθούν τα 2/3 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές με DC+, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2 mm	- Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 80 A, DC+. - Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. - Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία.
5	Συγκόλληση των τεσσάρων τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm μεταξύ τους, ώστε να σχηματιστεί ένα τεμάχιο 20x20 cm	- Ποντάρουμε τα 4 τεμάχια 5x10, σε επαφή μεταξύ τους. Δημιουργούνται τρεις ραφές προς συγκόλληση. - Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της μιας ραφής - Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. - Ελέγχουμε αν είναι σωστή η διεύθυνση μέχρι τη ρίζα και αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. - Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. - Ολοκληρώνουμε τη ραφή. - Συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο με τη δεύτερη ραφή. - Τελειώνουμε, κολλώντας και την τρίτη ραφή.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεσδυτικό υγρό στις τρεις ραφές. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 8-7

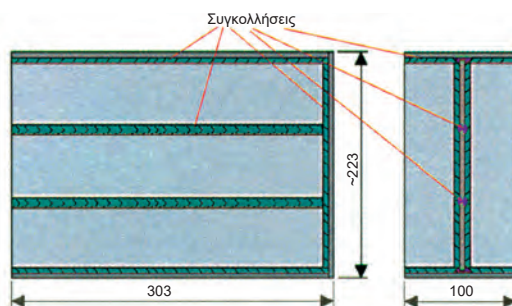
Εκτέλεση κατασκευής από ελάσματα που θα συνδεθούν με πονταρίσματα

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα πρέπει να έχουν αντιληφθεί οι μαθητές πώς προετοιμάζεται μία κατασκευή που προορίζεται να ηλεκτροσυγκολληθεί.

Περιγραφή του υπό κατασκευή τεμαχίου

Στην άσκηση αυτή και στις δύο επόμενες θα κατασκευαστεί ένα αντικείμενο από ελάσματα. Η ηλεκτροσυγκόλλησή του θα γίνει, με την εκτέλεση συγκολλήσεων σε όλες τις δυνατές θέσεις. Το τεμάχιο, όπως θα είναι, όταν θα έχει ολοκληρωθεί, φαίνεται στο σχήμα (8.36). Ο ρόλος του; Μία θήκη χαρτιού μεγέθους A4, που δεν κινδυνεύει να πάρει φωτιά, κατάλληλη για συνεργείο.



Σχήμα (8.36): Το τεμάχιο που θα κατασκευαστεί στις ασκήσεις (8-7), (8-8) και (8-9)

Θα χωριστούν οι μαθητές σε ομάδες ανά δύο και η κάθε ομάδα, ακολουθώντας τις οδηγίες των σχημάτων (8.37) και (8.38), θα φτιάξει **δύο** όμοια τεμάχια (επειδή από την επόμενη άσκηση ο κάθε μαθητής θα εργάζεται ανεξάρτητα, με το δικό του τεμάχιο). Αν ο αριθμός των μαθητών είναι μονός, μία ομάδα θα έχει **τρία** μέλη και θα φτιάξει τρία τεμάχια. Το κάθε τεμάχιο, όπως αυτό θα έχει διαμορφωθεί στο τέλος της παρούσας άσκησης, φαίνεται στο σχήμα (8.37). Δύο πιθανές απορίες που θα έχουν οι μαθητές είναι οι εξής:

- Γιατί αλλού έχουν οι λάμες απόσταση 1,5 mm, αλλού 2 mm και αλλού καθόλου;
- Τα ενδιάμεσα πονταρίσματα ανά 100 mm σε τι χρησιμεύουν;

Απαντήσεις:

(α) Όπως βλέπουμε από τον πίνακα (7-1) για πάχος λαμαρίνας 3 mm, πρέπει να μείνει κενό 2 mm για οριζόντια συγκόλληση ή 1,5 mm για κατακόρυφη. Επειδή το τεμάχιο προορίζεται για την εκπαίδευση των μαθητών σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης, αλλού έχουμε 2 και αλλού 1,5 mm. Όσον αφορά την ένωση της βάσης (του τεμαχίου με μήκος 223 mm) με τα υπόλοιπα τεμάχια, αυτή, επειδή θα συγκολληθεί και από τις δύο μεριές είναι σαν να έχει πάχος $3/2 = 1,5$ mm. Και με βάση τον πίνακα (7-1), για πάχος μέχρι 2 mm, δεν αφήνουμε κενό.

(β) Η κατασκευή μετά θα ηλεκτροσυγκολληθεί. Για να μην παραμορφωθεί, θα πρέπει η ηλεκτροσυγκόλληση να γίνει με μικρές συγκολλήσεις που η κάθε μία να έχει μήκος 25-35 φορές το πάχος της λαμαρίνας (βλέπε παράγραφο 7-7, περίπτωση α). Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε πάχος λαμαρίνας 3 mm, οπότε τα ενδιάμεσα πονταρίσματα μπορούν να είναι σε αποστάσεις από 75-105 mm. Επιλέχτηκε να είναι σε αποστάσεις των 100 mm.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

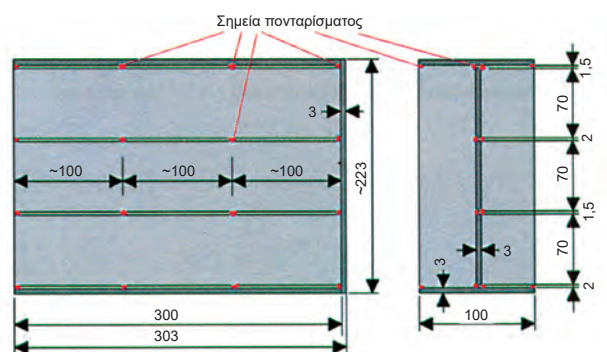
- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας 140 A
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 2,5 mm (κατά AWS είναι τα E6013)
- Έξι λάμες από ανθρακούχο χάλυβα, πάχους 3 mm, μήκους 30 cm. Οι τρεις θα έχουν πλάτος 70 mm και οι άλλες τρεις 100 mm (ανά μαθητή).
- Υλικά χαράξεων: χάρακας μηχανουργείου, γράφτης, διαβήτη, γωνία, κιμωλίες
- Τροχός, σφυρί καθαρισμού της σκουριάς και συρματοβουρτσα

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

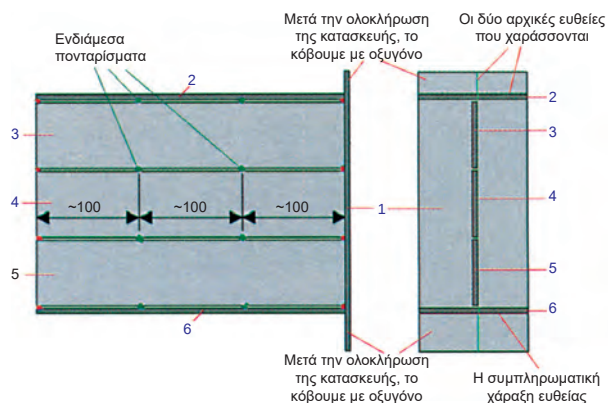
- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες ανά δύο.
- Η κάθε ομάδα λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-7).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες και έχοντας μπροστά τους τα σχήματα (8-37) και (8.38)



Σχήμα (8.37): Το τεμάχιο που θα κατασκευαστεί στην παρούσα άσκηση (διαστάσεις)



Σχήμα (8.38): Οδηγίες κατασκευής του τεμαχίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-7
Είδος συγκόλλησης: Εκτέλεση κατασκευής από ελάσματα		Ένταση ρεύματος: 60-140 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να είναι αυτόματης σκίασης με βαθμό προστασίας 11.
2	Προετοιμασία	- Αριθμούμε τις λάμες των 10 cm ως 1,2,6 και των 7 cm ως 3,4,5. - Καθαρίζουμε με τροχό τη μία επιφάνεια τη λάμας Νο 1, και τις άλλες περιφερειακά σε πλάτος 10 mm από την άκρη τους. - Συμφωνούμε ποιος θα έχει το ρόλο του τεχνίτη και ποιος του βοηθού. Στη δεύτερη κατασκευή θα αντιστραφούν οι ρόλοι. Το κάθε τεμάχιο ανήκει στον τεχνίτη. - Αν η ομάδα έχει τρία μέλη, στην πρώτη φάση θα είναι δύο τεχνίτες με έναν βοηθό.
3	Εκτέλεση χαράξεων	- Στερεώνουμε τη λάμα Νο 1 (των 10 cm) στον πάγκο. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στην ως άνω λάμα. - Ο τεχνίτης καλύπτει με κιμωλία τη λάμα Νο 1 και χαράσσει μία ευθεία στο μέσο και μία κάθετη σ' αυτήν, όπως αυτές που φαίνονται με πράσινο χρώμα στο σχήμα (8.38). - Χρησιμοποιώντας τις λάμες ως οδηγούς και το γράφτη, βρίσκει, σύμφωνα με το σχήμα (8.38), τη θέση του τεμαχίου Νο 6 και χαράσσει την κάθετη ευθεία που ορίζει τη θέση του (τη μωβ).
4	Εκτέλεση της κατασκευής	- Ο βοηθός ανοίγει τη μηχανή, ρυθμίζει το ρεύμα στα 70 A, DC- και βάζει στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 2,5 mm. - Ο τεχνίτης, ακουμπάει τη λάμα 2 κάθετα (με τη βοήθεια της γ γωνίας), πάνω στη θέση που έχει προηγουμένως χαράξει και ο βοηθός κάνει δύο μικρές πονταρισίες στις δύο κάτω άκρες, για να συνδέσει τις λάμες 1 και 2. - Συνεχίζουν με τον ίδιο τρόπο, τοποθετώντας τις λάμες 3,4,5. - Ο τεχνίτης ελέγχει με το χάρακα ότι οι λάμες 3,4,5 στο πάνω μέρος τους είναι σε ευθεία γραμμή και ότι δεν έχουν ξεφύγει από την κάθετο. Επίσης, ελέγχει τις μεταξύ τους αποστάσεις (αλλού είναι 1,5 και αλλού 2 mm). - Αν όλα έχουν καλώς, ο βοηθός ενώνει τις λάμες 2,3,4,5 ποντάροντας στο πάνω μέρος τους. - Ο τεχνίτης τοποθετεί κάθετα το τεμάχιο 6 στην προβλεπόμενη θέση και ο βοηθός το ποντάρει στο κάτω μέρος με το τεμάχιο 1 και στο πάνω με το τεμάχιο 5.
5	Σημάδεμα των ενδιάμεσων πονταρισμάτων	- Ο τεχνίτης χαράσσει τις λάμες 3,4,5 σε σημεία ανά 100 περίπου mm, που θα χρησιμεύσουν ως οδηγοί κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, όπως φαίνονται στο σχήμα (8.38). - Ο βοηθός ποντάρει αυτά τα σημεία.
6	Κοπή με οξυγόνο	Ο τεχνίτης κόβει με οξυγόνο τα τμήματα της λάμας 1 που περισσεύουν, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.38).
7	Κατασκευή του δεύτερου τεμαχίου	Ο τεχνίτης και ο βοηθός αντιστρέφουν τους ρόλους τους και επαναλαμβάνουν τα βήματα 3 μέχρι 6.
8	Τέλος της άσκησης	- Οι μαθητές γράφουν με ηλεκτροσυγκόλληση τα αρχικά του ονόματος τους πάνω στα τεμάχιά τους - Μαζεύουν και παραδίδουν τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουν καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-8

Ηλεκτροσυγκόλληση σε διάφορες θέσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και βασικά

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να είναι σε θέση να εκτελούν συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια όλων των τύπων, δηλαδή κυτταρίνης, ρουτιλίου, βασικά, σε όλες τις θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Να έχουν ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο που λειτουργούν οι τρεις κυριότεροι τύποι των επενδυμένων ηλεκτροδίων σε κάθε θέση ηλεκτροσυγκόλλησης.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Από τον πίνακες (8-16) βλέπουμε ότι η λαμαρίνα 3 mm, όταν πρόκειται να συγκολληθεί με ηλεκτρόδιο ρουτιλίου ή κυτταρίνης, θα πρέπει το ηλεκτρόδιο να είναι διαμέτρου 2,5 mm. Αντίστοιχα, από τον πίνακα (8-19), όταν χρησιμοποιείται βασικό ηλεκτρόδιο, θα πρέπει να έχει διάμετρο 2 mm.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια 2,5 των τύπων E4311 και E4313 (κατά AWS: E6011 και E6013) και 2 mm του τύπου E4918 (κατά AWS: E7018)
- Φούρνος διατήρησης των βασικών ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός).
- Το τεμάχιο που συναρμολογήθηκε στην προηγούμενη άσκηση.
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

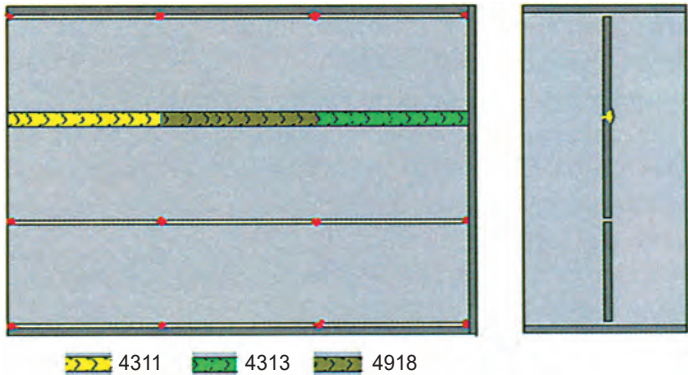
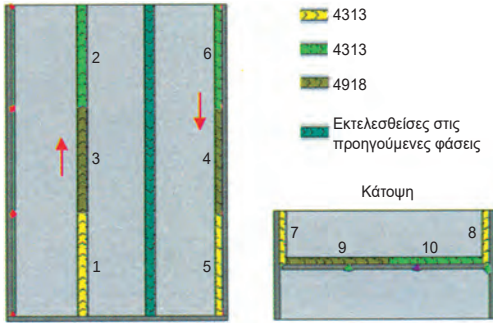
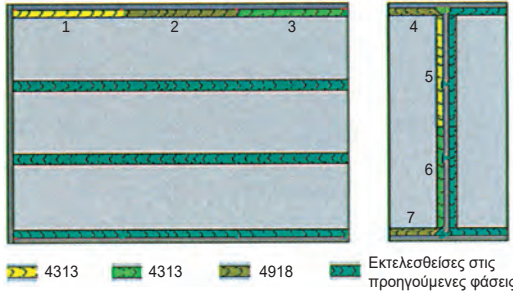
- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-8).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Υπόδειγμα άσκησης 8-8

Είδος συγκόλλησης: MMA σε διάφορες θέσεις

Ένταση ρεύματος: 40-110 A

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Να υπάρχουν γυαλιά με βαθμό προστασίας 10 και 11.
2	Εκτέλεση οριζόντιας ραφής συγκόλλησης Θέση PC Το ρεύμα ρυθμίζεται ως εξής: E4311-2,5 mm: 40-80A E4313-2,5 mm : 75-110 A E4918-2 mm: 50-80 A Αρχίστε με μία μέση τιμή και αυξομειώνετε, αν το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό. Πάνω από 80 A να χρησιμοποιείτε τη μάσκα με ΒΠ 11.	 4311 4313 4918 <i>Σχήμα (8.39): Ηλεκτροσυγκόλληση σε θέση PC</i>
3	Εκτέλεση κατακόρυφων ηλεκτροσυγκολλήσεων και επίπεδης γωνιακής (εξωραφή) Θέσεις: PF (ανεβατή) PG (κατεβατή) PB (επίπεδη γωνιακή)	 4313 4313 4918 Εκτελεσθείσες στις προηγούμενες φάσεις Κάτοψη <i>Σχήμα (8.40): Συγκόλληση σε θέσεις PF, PG, PB</i>
4	- Εκτέλεση συγκόλλησης ουρανού (γωνιακή) Θέση PD Τμήματα 1-2-3 Το ρεύμα να είναι σχεδόν στη χαμηλότερη δυνατή τιμή του. - Εκτέλεση μιας ραφής που περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές θέσεις τις: PB, PF, PD. Τμήματα 4-5-6-7	 4313 4313 4918 Εκτελεσθείσες στις προηγούμενες φάσεις <i>Σχήμα (8.41): Συγκόλληση σε θέσεις PD, PF, PB</i>
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε (οπτικός, μαγνητικός).
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-9**Επισκευή τεμαχίου μετά από ποιοτικό έλεγχο****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να επισκευάσουν ένα εξάρτημα μετά τον ποιοτικό του έλεγχο.
- Να έχουν εξασκηθεί αρκετά καλά στη συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4918 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 2 mm (κατά AWS είναι το 7018)
- Γουβωτικά ηλεκτρόδια ή ηλεκτρόδιο άνθρακα. Αν επιλέξουμε ηλεκτρόδιο άνθρακα, απαιτείται και αεροσυμπιεστής.
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός).
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-9).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-9
Είδος συγκόλλησης: MMA με βασικά ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 50-80 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Μάσκα με βαθμό προστασίας (ΒΠ) 10.
2	Προετοιμασία	- Παίρνουμε το τεμάχιο που συγκολλήθηκε στην προηγούμενη άσκηση και απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στις ραφές. - Ανοίγουμε τη συσκευασία των βασικών ηλεκτροδίων και τα τοποθετούμε στο φούρνο διατήρησης, στους 110°C.
3	Τροχίσματα - προετοιμασία για τις επισκευές (εκμεταλλευόμαστε το χρόνο μέχρι να δώσει αποτελέσματα το διεισδυτικό υγρό)	- Παίρνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου που συντάχθηκε στο προηγούμενο μάθημα και το μελετάμε προσεκτικά. Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στη διείσδυση στη ρίζα της ηλεκτροσυγκόλλησης. - Τροχίζουμε τη ρίζα της ηλεκτροσυγκόλλησης, όπου αυτή δεν παρουσιάζει ικανοποιητική διείσδυση. - Στα σημεία όπου δεν πιάνει ο τροχός, χρησιμοποιούμε γουβωτικό ηλεκτρόδιο ή ηλεκτρόδιο άνθρακα. - Εκτελούμε παρόμοια προετοιμασία, όπου αλλού υπάρχουν προβλήματα, σύμφωνα με το φύλλο ποιοτικού ελέγχου.
4	Ολοκλήρωση του ποιοτικού ελέγχου	- Μόλις συμπληρωθεί ο προβλεπόμενος χρόνος, καθαρίζουμε το διεισδυτικό υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές. - Προετοιμάζουμε τις τυχόν ρωγμές για επισκευή, όπως παραπάνω (τροχίσματα ή γουβώματα).
5	Εκτέλεση της επισκευής του τεμαχίου	- Οι επισκευές να γίνουν σε κάποια δύσκολη θέση ηλεκτροσυγκόλλησης, π.χ. PF, PG, PD. - Ανοίγουμε τη μηχανή και ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. - Κολλάμε τη ρίζα (όπου έχουμε τροχίσει) καθώς, επίσης, και τα άλλα τα σημεία που προετοιμάστηκαν για επισκευή.
6	Νέος ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει οπτικός έλεγχος και έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη μόνο των περιοχών που επιδιορθώθηκαν.
7	Ολοκλήρωση της επισκευής	Γίνεται η επιδιόρθωση των τυχόν νέων προβλημάτων, εκ νέου ποιοτικός έλεγχος κτλ. μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία.
8	Τρόχισμα των συγκολλήσεων, ώστε να γίνουν επίπεδες	- Τροχίζουμε όλες τις συγκολλήσεις από την πλευρά της ρίζας (που είναι η εμφανής πλευρά του τεμαχίου, όπου θα ακουμπάμε τα χαρτιά A4). Αυτό γίνεται και για αισθητικούς λόγους (καλύτερη τελική εμφάνιση). - Ελέγχουμε την τροχισμένη ρίζα για τυχόν ύπαρξη πόρων. Αν χρειαστεί, την επισκευάζουμε εκ νέου.
9	Τρόχισμα των υπολοίπων συγκολλήσεων	Αν υπάρχει χρόνος, τροχίζονται και οι ηλεκτροσυγκολλήσεις από την άλλη πλευρά, από αυτή που είναι η ρίζα και γίνεται έλεγχος για τυχόν πόρους και επισκευή.
10	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-10**Συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα με προετοιμασία των άκρων με συσκευή πλάσματος****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

- Στην άσκηση αυτή οι μαθητές θα πραγματοποιήσουν κοπή με πλάσμα και θα προετοιμάσουν τα προς συγκόλληση άκρα.
- Θα εκτελέσουν συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα με πολλαπλά κορδόνια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η κάθε συσκευή κοπής με πλάσμα έχει τις ιδιαιτερότητες της, ανάλογα με τον κατασκευαστή. Δεν υπάρχει ακόμη καμία τυποποίηση. Μέχρι και τα ηλεκτρόδια διαφέρουν. Γι' αυτό, πριν από την άσκηση, θα γίνει ενημέρωση των μαθητών για τη συσκευή κοπής με πλάσμα που διαθέτει το εργαστήριο. Για τις ανάγκες της άσκησης αρκεί μία μικρή φορητή μηχανή κοπής με πλάσμα.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή κοπής πλάσματος
- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Αεροσυμπιεστής
- Τσιμπίδα MMA, τσιμπίδα πλάσματος και σώματα γείωσης με τα καλώδια τους
- Μία γωνία 30x50 (ως οδηγό κοπής υπό γωνία)
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ωτοασπίδες (οι συσκευές κοπής με πλάσμα κάνουν πολύ θόρυβο).
- Υλικά χάραξης: κιμωλίες, γράφτης, μεταλλικός χάρακας
- Ηλεκτρόδια τύπου E199LR (ρουτιλίου) κατά EN-1600, σε διαμέτρους 2,5 και 3,2 mm (το αντίστοιχο κατά AWS είναι το E308L-16)
- Ένα ανοξείδωτο τεμάχιο λαμαρίνας από χρωμιονικελιούχο χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα, π.χ. X10CrNi188 ή X8CrNi199, πάχους 12-15 mm, διαστάσεων 20x25 cm.
- Διάφορα ρετάλια ή τεμάχια από προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξείδωτη συρματοβουρτσα, μαλακή
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

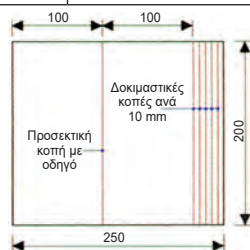
Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

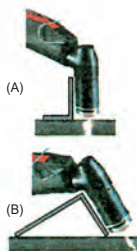
Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-10).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

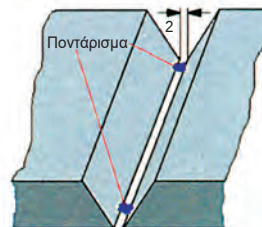
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-10
Κοπή με πλάσμα / συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-100 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Οι μάσκες να έχουν βαθμό προστασίας (ΒΠ) 10 και 11.
2	Προετοιμασία	Καθαρίζουμε καλά με την ανοξείδωτη συρματόβουρτσα την επιφάνεια της ανοξείδωτης λαμαρίνας 20 x 25 cm.
3	Χάραξη της λαμαρίνας	Με τα υλικά χάραξης, χαράσσουμε στην επιφάνεια της ανοξείδωτης λαμαρίνας τις ευθείες κοπής σύμφωνα με το σχήμα (8-42).
4	Κοπή με πλάσμα	- Ελέγχουμε την τσιμπίδα και αντικαθιστούμε, αν χρειάζεται, το ηλεκτρόδιο κοπής και το μπεκ. - Εκκινούμε τη μηχανή και τον αεροσυμπιεστή, κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις σύμφωνα με το manual της μηχανής, γιατί η κάθε μηχανή κοπής με πλάσμα έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες. - Με τη μάσκα ΒΠ 11 εκτελούμε δοκιμαστικές κοπές σε ρετάλια. - Κόβουμε την ανοξείδωτη λαμαρίνα στα σημεία που την έχουμε χαράξει για δοκιμαστικές κοπές. Μένει ένα τεμάχιο 20x20 cm. - Κόβουμε το τεμάχιο 20x20 στη μέση πολύ προσεκτικά χρησιμοποιώντας τη γωνία οδηγό, όπως στο σχήμα (8.43^Α).
5	Σχηματισμός φρέζας για τη συγκόλληση.	- Χρησιμοποιώντας τη γωνία οδηγό, σχηματίζουμε τη φρέζα στα δύο τεμάχια 10x20 που προέκυψαν, όπως στο σχήμα (8.43^Β). - Ερώτηση: Γιατί σχηματίσαμε έτσι τη φρέζα; Δείτε πρώτα το σχήμα (8.5)
6	Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 10x20 cm	- Ποντάρουμε τα τεμάχια όπως στο σχήμα (8.44). - Με τη μάσκα ΒΠ 10 και ηλεκτρόδιο 2,5 mm εκτελούμε τη συγκόλληση τη ρίζας. - Καθαρίζουμε τη σκουριά της πάστας. - Με τη μάσκα ΒΠ 11 και ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε τα υπόλοιπα κορδόνια της συγκόλλησης.
7	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.
8	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
9	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε τη συγκόλληση για ρωγμές.



Σχήμα 8.42: Χάραξη



Σχήμα 8.43: Κοπή



Σχήμα 8.44: Ποντάρισμα τεμαχίων

ΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΕΡΙΩΝ

- Προστατευτικά αέρια
- Τυποποίηση συρμάτων και ράβδων ηλεκτροσυγκολλήσεως
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις FCAW
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις TIG
- Ρομποτική των ηλεκτροσυγκολλήσεων

9. ΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΕΡΙΩΝ

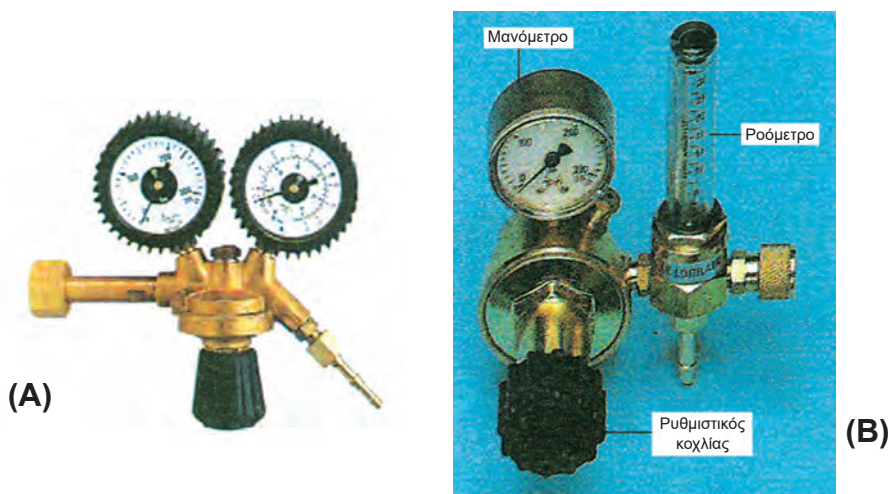
Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να μπορούν να αναφέρουν οι μαθητές τα κοινά χαρακτηριστικά των ηλεκτροσυγκολλήσεων σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου.
- Να αντιλαμβάνονται τον τρόπο που επενεργούν τα διάφορα είδη προστατευτικών αερίων.
- Να γνωρίζουν τα αναλώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται και την τυποποίησή τους.
- Να μπορούν να εκτελούν συγκολλήσεις MIG/MAG σε χάλυβα και αλουμίνιο.
- Να μπορούν να εκτελούν ηλεκτροσυγκολλήσεις FCAW και να εντοπίσουν τις διαφορές μεταξύ της FCAW και της MIG/MAG.
- Να έρθουν σε επαφή με την ηλεκτροσυγκόλληση TIG, εκτελώντας απλές συγκολλήσεις αυτού του τύπου.

9-1. Τα προστατευτικά αέρια

Ο πρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται για την προστασία με αέριο περιλαμβάνει τη φιάλη με το αέριο και ένα ρυθμιστή ροής της παροχής του αερίου. Τα προστατευτικά αέρια, στη συνέχεια, για συντομία, θα τα αποκαλούμε και με τον όρο «αέρια».

Τα **αδρανή αέρια** είναι το **αργόν (Ar)** και το **ήλιο (He)**. Τα **ενεργά αέρια** είναι το **διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)** το **οξυγόνο (O₂)** και σπανιότερα το άζωτο. Τα πλέον συνηθισμένα προστατευτικά αέρια είναι το αργόν και το CO₂. Το CO₂ είναι ενεργό.



Σχήμα (9.1): Ρυθμιστής ροής αερίων: (Α) Με μανόμετρο υψηλής και χαμηλής πίεσης (Β) Με μανόμετρο υψηλής πίεσης και ροόμετρο

γό, επειδή σε μεγάλες θερμοκρασίες διασπάται σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και σε οξυγόνο¹. Ενεργά αέρια είναι, επίσης, και οι συνδυασμοί αδρανών και ενεργών αερίων. Πολύ διαδεδομένη είναι η χρήση αερίων με 75%-80% αργόν και 20-25% CO_2 .

Η κύρια αποστολή των αερίων είναι να προστατεύουν τη συγκόλληση από την ατμόσφαιρα, δημιουργώντας γύρω από αυτήν ένα προστατευτικό περιβάλλον. Δηλαδή κάνουν ό,τι και η πάστα στα επενδυμένα ηλεκτρόδια.



Σχήμα (9.2): Φιάλες αερίων: (Α) Χαλύβδινη (η εικονιζόμενη είναι για Αργόν) (Β) Αλουμινένια

Επίσης, τα αέρια **σταθεροποιούν το τόξο και ρυθμίζουν το βάθος διείσδυσης**. Όπως αναπτύχθηκε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, αν θέλουμε βαθιά διείσδυση, χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια κυτταρίνης και, αν θέλουμε πολύ σταθερό (μαλακό) τόξο, χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια ρουτιλίου. Δηλαδή, παρόλο που ο μεταλλικός πυρήνας και στις δύο περιπτώσεις είναι από το ίδιο υλικό, η αλλαγή του είδους της επένδυσης διαφοροποιεί τελείως τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης. Κάτι ανάλογο γίνεται και με τα προστατευτικά αέρια. Διατηρώντας δηλαδή την ίδια ποιότητα σύρματος και αλλάζοντας μόνο το προστατευτικό αέριο, μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης. Τα αέρια επηρεάζουν τη συγκόλληση ως εξής:

- Το CO_2 προκαλεί βαθιά διείσδυση και επιτρέπει τη συγκόλληση σκουριασμένων επιφανειών. Θα πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ότι έχει πολύ χαμηλό κόστος.
- Το αργόν (Ar) περιορίζει στο ελάχιστο τα πιτσιλίσματα και, έτσι, επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να έχει μεγαλύτερη παραγωγικότητα.
- Η προσθήκη CO_2 στο αργόν σταθεροποιεί το τόξο.
- Η προσθήκη μικρού ποσοστού οξυγόνου στο αργόν (1-2%), επίσης, σταθεροποιεί το τόξο και χρησιμοποιείται κυρίως στους ανοξείδωτους χάλυβες.
- Η προσθήκη ηλίου στο αργόν αυξάνει τη θερμοκρασία του τόξου και βελτιώνει τη διείσδυση.

1. Ελάχιστο είναι το ποσοστό του CO_2 που διασπάται, γι' αυτό το CO είναι σε ασήμαντη, ακίνδυνη περιεκτικότητα

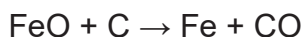
9-2. Η επίδραση του CO₂ και του οξυγόνου

Το CO₂ και το οξυγόνο είναι ενεργά αέρια και προκαλούν χημικές αντιδράσεις. Για να κάνει ο ηλεκτροσυγκολλητής τη σωστή επιλογή του αερίου, πρέπει να γνωρίζει ποιες είναι αυτές οι αντιδράσεις και ποιες οι συνέπειές τους. Το CO₂, όπως ήδη αναφέρθηκε, διασπάται από το ηλεκτρικό τόξο σε CO και O. Η χημική αντίδραση, που λαμβάνει χώρα μεταξύ του CO και του άνθρακα που περιέχεται στο χάλυβα, είναι η:



Η αντίδραση αυτή, όταν $\pi(\text{C}) > 0,12\%$, συμβαίνει από τα αριστερά προς τα δεξιά και **δημιουργεί μικρή απανθράκωση του χάλυβα** στο σημείο της ραφής, πράγμα μάλλον ευπρόσδεκτο, επειδή με αυτόν τον τρόπο η ραφή θα παρουσιάζει μικρότερη ευθραυστότητα. Όταν όμως ο χάλυβας έχει μικρή περιεκτικότητα άνθρακα, δηλαδή $\pi(\text{C}) < 0,12\%$, η αντίδραση συμβαίνει από τα δεξιά προς τα αριστερά και προκαλεί **ενανθράκωση της ραφής**, που είναι **ιδιαίτερα επικίνδυνη στους ανοξειδωτους χάλυβες**, λόγω του σχηματισμού καρβιδίων του χρωμίου. Αυτά συγκεντρώνονται στα όρια των κόκκων και κάνουν τη ραφή εύθραυστη.

Το οξυγόνο, που προέρχεται από τη διάσπαση του CO₂, αντιδρά με το σίδηρο και σχηματίζει οξειδίο του σιδήρου (FeO). Αυτό είναι στερεό και εγκλωβίζεται στη μάζα του μετάλλου. Λίγο αργότερα αντιδρά με τον άνθρακα και έχουμε:



Το CO, που σχηματίζεται με αυτή την αντίδραση, δεν μπορεί να διαφύγει από την ημιστερεοποιημένη μάζα του μετάλλου **και δημιουργεί στη ραφή πόρους και εσωτερικές τάσεις**. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την **προσθήκη αποξειδωτικών** στο σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης, δηλαδή στοιχείων που έχουν μεγαλύτερη χημική συγγένεια με το οξυγόνο από ό,τι ο σίδηρος και ο άνθρακας. Ως αποξειδωτικά, συνήθως, χρησιμοποιούνται το μαγγάνιο Mn, το πυρίτιο (Si) και, σπανιότερα, το αλουμίνιο (Al). Τα στοιχεία αυτά δημιουργούν σταθερά οξείδια τα οποία δε διασπώνται από τον άνθρακα και, έτσι, δεσμεύουν μόνιμα το οξυγόνο.

Λόγω του προβλήματος της ενανθράκωσης της ραφής, **κατά τη συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων, ως σταθεροποιητής του τόξου χρησιμοποιείται το οξυγόνο**, σε πολύ μικρό ποσοστό, συνήθως όχι άνω του 3%, δηλαδή το αέριο είναι Ar+1-3%O₂. Αν στο σύρμα υπάρχουν αποξειδωτικά (Mn, Si, Al), τότε αυτά δεσμεύουν τη μικρή αυτή ποσότητα οξυγόνου και έτσι δε δημιουργείται απανθράκωση στη ραφή. Ορισμένοι κατασκευαστές αναφέρουν ως εναλλακτική λύση και την Ar+3%CO₂.

Παράδειγμα (από μία πραγματική εφαρμογή): Σε ένα σύρμα με χημική σύνθεση $\pi(\text{C})=0,06\%$, $\pi(\text{Si})=0,62\%$, $\pi(\text{Mn})=0,7\%$, μετά τη συγκόλληση παρατηρήθηκαν στο εναποτιθέμενο μέταλλο οι περιεκτικότητες του παρακάτω πίνακα (9-1):

Πίνακας (9-1): Εναποτιθέμενο μέταλλο από σύρμα με σύνθεση π(C) = 0,06%, π(Si)=0,62%, π(Mn) = 0,7%

	Αέριο	Εναποτιθέμενο μέταλλο %		
		π(C)	π(Si)	π(Mn)
Αρχική κατάσταση	-	0,06	0,62	0,70
Συγκόλληση με:	Καθαρό CO ₂	0,13	0,46	0,51
	Αργόν + 20% CO ₂	0,10	0,56	0,62
	Αργόν + 1 % οξυγόνο	0,06	0,60	0,65

9-3. Ο συμβολισμός και οι εφαρμογές των προστατευτικών αερίων

Αν και τα αέρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη MIG/MAG είναι πολλά, αυτά που έχουν ευρεία χρήση είναι τα εξής τέσσερα: Αργόν (Ar), Ήλιον (He), CO₂, Ar + 20-25% CO₂ και Ar + 1-3% O₂. Το καθένα από τα μείγματα έχει συγκεκριμένο συμβολισμό, όπως φαίνεται και στον πίνακα (9-2). Το ISO-14175 περιγράφει όλα γενικά τα αέρια των ηλεκτροσυγκολλήσεων και με βάση αυτό, με το "I" συμβολίζονται τα αδρανή αέρια, με το "C" τα μείγματα του CO₂ και με το "M" τα ενεργά μείγματα που βασίζονται στο Ar. Στο ISO-14341, το οποίο αναφέρεται στα σύρματα ηλεκτροσυγκόλλησης, οι συμβολισμοί των C1, M13, M21 απλοποιούνται αντίστοιχα σε C, A, M και με αυτά τα σύμβολα υπεισέρχονται στην περιγραφή των συρμάτων. Τα αέρια Ar, He και Ar+He (δηλαδή τα I1, I2, I3) δε χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση χαλύβων με MIG/MAG.

Πίνακας (9-2): Συμβολισμός των προστατευτικών αερίων

Αέριο	ISO-14175	ISO-14341
Ar	I1	-
He	I2	-
Ar+He	I3	-
CO ₂	C1	C
Ar+1-3%O ₂	M13	A
Ar+20-25% CO ₂	M21	M

Οι εφαρμογές των αερίων στην ηλεκτροσυγκόλληση, κυρίως, έχουν ως εξής:

- Στην **TIG** χρησιμοποιείται **σχεδόν αποκλειστικά το Ar**, ανεξάρτητα από το είδος του μετάλλου βάσης. Σε μερικές εφαρμογές χρησιμοποιείται μείγμα του Ar με το He.
- Στις **συγκολλήσεις αλουμινίου**, είτε πρόκειται για TIG είτε για MIG, χρησιμοποιείται, επίσης, **σχεδόν αποκλειστικά το Ar** και σε μερικές εφαρμογές το μείγμα Ar με He.
- Στις συγκολλήσεις **ανοξειδωτων χαλύβων** χρησιμοποιείται **το Ar+1-3% O₂** (συνήθως όμως το O₂ δεν υπερβαίνει το 2%). Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί Ar+3%CO₂.
- Στις **συγκολλήσεις MIG/MAG ή FCAW, των ανθρακούχων χαλύβων ή των ελαφρά κραματικών χαλύβων**, όταν επιδιώκουμε να έχουμε **βαθιά διείσδυση**, χρησιμοποιείται **το CO₂**. Για ομαλή συγκόλληση με πολύ **σταθερό τόξο**, με καλή

εμφάνιση και με ελάχιστα πιτσιλίσματα, **προτιμότερο είναι ένα μείγμα του Ar με 20-25% CO₂ ή με 1-3% O₂. Δε χρησιμοποιείται καθαρό Ar**, επειδή η συγκόλληση αυτών των χαλύβων απαιτεί την παρουσία και κάποιας ποσότητας ενεργού αερίου.

***Παρατήρηση:** Η επιλογή τον αερίου στους ανθρακούχους και ελαφρά κραματικούς χάλυβες, στην περίπτωση της MIG/MAG θυμίζει την αντίστοιχη επιλογή του είδους των επενδυμένων ηλεκτροδίων (κυτταρίνης ή ρουτιλίου). Όμως, όπως θα δούμε, υπάρχουν και άλλα κριτήρια για τη σωστή επιλογή.*

Όσον αφορά τη χρήση κάποιου σύρματος ηλεκτροσυγκόλλησης, με αέριο διαφορετικό από το κανονικά προβλεπόμενο, ως γενικοί κανόνες ισχύουν οι εξής:

- **Τα σύρματα για τα οποία προβλέπεται η χρήση τους μόνο με Ar ή μόνο με Ar+1-3% O₂, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κανένα άλλο αέριο.**
- Οι περιπτώσεις των συρμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο με το CO₂ και δεν επιδέχονται κανένα άλλο αέριο είναι ελάχιστες.
- Τα σύρματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με CO₂ συνήθως λειτουργούν καλά και με μείγμα Ar με 20-25% CO₂ ή με 1-3% O₂. Να αποφεύγεται όμως το καθαρό Ar.
- Τα σύρματα που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν **με Ar+20-25% CO₂, συνήθως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με Ar+1-3% O₂.** Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν με CO₂, ενώ πρέπει να αποφεύγεται το καθαρό Ar.

9-4. Τα σύρματα και οι ράβδοι ηλεκτροσυγκόλλησης

Για το πόσο μεγάλη σημασία έχει για τον ηλεκτροσυγκολλητή η γνώση της τυποποίησης των αναλωσίμων υλικών της ηλεκτροσυγκόλλησης αναφερθήκαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επαναλαμβάνουμε ότι: **καλός ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι αυτός που ξέρει μόνο να κολλάει καλά, αλλά που ξέρει και να επιλέγει το κατάλληλο υλικό που θα χρησιμοποιήσει.** Το θέμα της τυποποίησης είναι πολύ σοβαρό και πρέπει να επιμείνουμε για να τη μάθουμε πολύ καλά. Είναι η γνώση που δείχνει **την ανωτερότητα του μορφωμένου ηλεκτροσυγκολλητή** έναντι ενός άλλου που έμαθε να κολλάει στην πράξη, χωρίς καμία επιστημονική κατάρτιση.

***Συνέβη και αυτό!** Κατά τη φάση συγγραφής του βιβλίου, κατά την επίσκεψη ενός χώρου, όπου εκτελούνταν ηλεκτροσυγκολλήσεις, ρωτήθηκε ένας έμπειρος ηλεκτροσυγκολλητής από τον έναν από τους συγγραφείς, να του πει την ποιότητα του σύρματος που χρησιμοποιούσε και αυτός απάντησε: «χρησιμοποιώ το χάλκινο σύρμα». Πράγματι, τα σύρματα ηλεκτροσυγκόλλησης των ανθρακούχων χαλύβων, μοιάζουν με το χαλκό, επειδή συνήθως είναι επιχαλκωμένα για να μη σκουριάζουν, αλλά στο σύνολο της μάζας τους η ποσότητα του χαλκού είναι τελείως ασήμαντη. Ο τεχνίτης που έδωσε αυτή την απάντηση, όπως διαπιστώθηκε, επί χρόνια είχε την εντύπωση ότι κολλούσε το σίδηρο, χρησιμοποιώντας ως συγκολλητικό υλικό το χαλκό! Τέτοιο επίπεδο άγνοιας σε έναν επαγγελματία δεν επιτρέπεται. Το πρόβλημα είναι πολύ πιο σοβαρό σε ένα μικρό συνεργείο αυτοκινήτων, που δε θα υπάρχει κάποιος έμπειρος προϊστάμενος για να υποδείξει το σωστό υλικό.*

Όπως ήδη αναφέρθηκε, **η τυποποίηση που υποχρεωτικά ισχύει στη χώρα μας, είναι κατά ISO, EN και ΕΛΟΤ²**. Στην πράξη όμως, στην τεχνολογία των ηλεκτροσυγκολλήσεων, είναι διαδεδομένη και η πολύ απλή τυποποίηση κατά AWS. Ως εκ τούτου, είναι υποχρεωμένος ο ηλεκτροσυγκολλητής να γνωρίζει την τυποποίηση των συρμάτων και των ράβδων τόσο κατά AWS όσο και κατά ISO. Όπως είδαμε, στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, η τυποποίηση κατά AWS έχει ενσωματωθεί στο ISO (με μόνη σχεδόν αλλαγή στο σύστημα μονάδων). Δεν έχει συμβεί όμως κάτι παρόμοιο και με τα σύρματα και τις ράβδους ηλεκτροσυγκόλλησης. Γι' αυτό, στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στην ονομασία που ακολουθείται και στα δύο συστήματα τυποποίησης.

Το χαρακτηριστικό της τυποποίησης **κατά AWS είναι η απλότητά της και η ευκολία απομνημόνευσης** που προσφέρει. Επίσης, πρόκειται για ένα πλήρες σύστημα τυποποίησης, όπου συμπεριλαμβάνονται τα πάντα, όπως π.χ. η τυποποίηση των ηλεκτροδίων του αλουμινίου και των χυτοσιδήρων για τα οποία δεν υπάρχουν αντίστοιχα πρότυπα κατά ISO. Η ονομασία όμως των ηλεκτροδίων, από μόνη της, δε δίνει όλες τις πληροφορίες που, ενδεχομένως, να χρειάζονται, ενώ οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι του συστήματος I-P.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις που γίνονται κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου δεν έχουμε πολλά είδη αναλωσίμων υλικών (σύρματα, ράβδους). Υπάρχει μόνο ένας σχετικά μικρός αριθμός διαφορετικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα διάφορα αέρια. Η κατάσταση παρουσιάζεται τελείως διαφορετική από αυτήν που συναντήσαμε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, όπου υπάρχει ένα πλήθος διαφορετικών ηλεκτροδίων που έχουν πυρήνα από το ίδιο υλικό και οι ιδιότητές τους μεταβάλλονται εξ αιτίας των πολλών ειδών πάστας που υπάρχουν. Αναλυτικά θα αναφερθούμε στην τυποποίηση αργότερα. Προς το παρόν περιοριζόμαστε στο να αναφέρουμε ότι οι πλέον χρήσιμοι τύποι συρμάτων και ράβδων ηλεκτροσυγκόλλησης που χρησιμοποιούνται στους ανθρακούχους χάλυβες είναι οι εξής:

- Για τη MIG/MAG: Το G3Si1 που έχει $\pi(\text{Mn}) = 1,5\%$ ($3 \times 0,5 = 1,5\%$) και $\pi(\text{Si}) = 1\%$, με αντίστοιχη ονομασία κατά AWS την ER70S-6 (το 70 σημαίνει αντοχή 70000 psi ή $70 \times 7 = 490$ MPa και με το 6 βρίσκουμε τα λοιπά χαρακτηριστικά από πίνακες).
- Για την TIG: Το W3Si1 με αντίστοιχη ονομασία κατά AWS την ER70S-3. Η επεξήγηση των ονομασιών είναι προφανής (το W σημαίνει ράβδος, το G σύρμα, το T σωληνωτό σύρμα).
- Για την FCAW: Σε κλειστό χώρο χρησιμοποιείται το T462PM (ή το T422PM). Το 46 σημαίνει αντοχή 460 MPa, το 2 αφορά τη δυσθραυστότητα, το P ότι η περιε-

2. Κατά το χρόνο που γραφόταν αυτό το βιβλίο, τα περισσότερα πρότυπα ISO είχαν πρόσφατα αναθεωρηθεί και προέβλεπαν δύο τρόπους τυποποίησης. Ο «Α» δεν παρουσίαζε ουσιώδη διαφορά από τις αντίστοιχες EN, για τις οποίες υπήρχαν, επίσης, και αντίστοιχα πρότυπα ΕΛΟΤ (στην ελληνική γλώσσα). Για τα σύρματα ανθρακούχων χάλυβων, ίσχυε το ISO-14341:2002, ενώ για τους ανοξείδωτους χάλυβες το ISO-14343:20025. Τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά πρότυπα ήταν τα EN-440 και EN-12072. Η κατάσταση αυτή, όταν θα διδάσκεται αυτό το βιβλίο ενδέχεται να έχει αλλάξει. Στις ομαδικές δραστηριότητες αυτού του κεφαλαίου δίνεται πλήρης κατάλογος των προτύπων, προκειμένου να διερευνήσουν οι μαθητές τις τυχόν αλλαγές που θα έχουν εν τω μεταξύ γίνει.

χόμενη πάστα είναι ρουτιλίου και το M υποδηλώνει ότι το είδος του αερίου είναι $Ar+25\%O_2$. Σε ανοικτό χώρο χρησιμοποιείται το T462W το οποίο δε χρειάζεται προστατευτικό αέριο. Το W υποδηλώνει επένδυση ρουτιλίου ή βασική. Οι αντίστοιχες ονομασίες κατά AWS είναι ER70T-1 για το T462PM (ή για το T422PM) και ER70T-4 για το T462W.

Οι παραπάνω ονομασίες είναι χαρακτηριστικές για τον τρόπο τυποποίησης και σ' αυτά τα πλαίσια, όπως θα δούμε, κινείται η τυποποίηση όλων των συρμάτων και των ράβδων. Λίγο πιο περίπλοκη είναι η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων λόγω της περιεχόμενης πάστας και της ανάγκης ή μη ύπαρξης προστατευτικού αερίου, αλλά και πάλι είναι πιο απλή από την αντίστοιχη τυποποίηση των επενδυμένων ηλεκτροδίων που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Σημαντική επισήμανση: Παρακάτω, όταν θα αναπτυχθεί λεπτομερώς η τυποποίηση, αναφέρονται συχνά οι αριθμοί των προτύπων, τόσο κατά AWS όσο και κατά ISO. Ο σκοπός που αναφέρονται είναι για να γνωρίζουν οι μαθητές πού θα μπορούσαν να αναζητήσουν περισσότερα στοιχεία. Οι μαθητές, όπως και κάθε άλλος που ασχολείται με ηλεκτροσυγκολλήσεις, δε χρειάζεται να απομνημονεύουν και τους αριθμούς των προτύπων. Όταν εξετάζονται, αντί να λένε "κατά AWS-A5.10" ή "κατά ISO-440" αρκεί να λένε "κατά AWS" ή "κατά ISO". Και οι δύο περιπτώσεις πρέπει να βαθμολογούνται εξ ίσου και ουδέποτε να θεωρείται ως πλεονεκτήριστη η διατύπωση που περιλαμβάνει και τον αριθμό του προτύπου.

Πίνακας (9-3): Το πεδίο εφαρμογής των διαφόρων ειδών συγκόλλησης

Πεδίο εφαρμογής	Σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου				Χωρίς προστασία αερίου	
	MIG MAG	TIG	FCAW με αέριο	FCAW χωρίς αέριο	MMA	Οξυγονο ασετιλίνη
Λεπτά ελάσματα	Ναι	Άριστη	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη
Ανθρακούχοι χάλυβες	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Ναι
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Άριστη	Ναι
Χυτοσίδηρος	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Ναι
Αλουμίνιο	Άριστη	Άριστη	Όχι	Όχι	Μάλλον όχι	Ναι
Παραγωγικότητα	Άριστη	Μικρή	Άριστη	Άριστη	Μέτρια	Μικρή
Χρήση σε ανοικτό χώρο	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Άριστη	Ναι

9-5. Τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου

Στον πίνακα (9-3), βλέπουμε ένα συγκριτικό πίνακα μεταξύ των διαφόρων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης. Παρατηρούμε ότι η MMA είναι η μοναδική μέθοδος που προσφέρεται για συγκόλληση χυτοσιδήρου και η καλύτερη για τη συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων. Αντίθετα, οι συγκολλήσεις αερίου είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για συγκόλληση αλουμινίου και λεπτών ελασμάτων. Η συγκόλληση των λεπτών ελασμάτων έχει μεγάλη σημασία στην τεχνολογία των αυτοκινήτων και αυτό είναι και το μεγάλο πλεονέκτημα των μεθόδων συγκόλλησης σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου.

Πίνακας (9-4): Η κλίμακα των gauge

Gauge	Ανθρακο χάλυβες	Αλουμίνιο	Ανοξείδωτοι χάλυβες
0	...	0,3249	0,3125
1	...	0,2893	0,2812
2	...	0,2576	0,2656
3	0,2391	0,2294	0,2500
4	0,2242	0,2043	0,2344
5	0,2092	0,1819	0,2187
6	0,1943	0,1620	0,2031
7	0,1793	0,1443	0,1875
8	0,1644	0,1285	0,1719
9	0,1495	0,1144	0,1562
10	0,1345	0,1019	0,1406
11	0,1196	0,0907	0,1250
12	0,1046	0,0808	0,1094
13	0,0897	0,0720	0,0937
14	0,0747	0,0641	0,0781
15	0,0673	0,0571	0,0703
16	0,0598	0,0508	0,6250
17	0,0538	0,0453	0,0562
18	0,0478	0,0403	0,0500
19	0,0418	0,0359	0,0437
20	0,0359	0,0320	0,0375
21	0,0329	0,0285	0,0344
22	0,0299	0,0253	0,0312
23	0,0269	0,0226	0,0281
24	0,0239	0,0201	0,0250
25	0,0209	0,0179	0,0219
26	0,0179	0,0159	0,0187
27	0,0164	0,0142	0,0172
28	0,0149	0,0126	0,0156
29	0,0135	0,0113	0,0141

Το πάχος του ελάσματος στο σύστημα SI μετριέται σε mm, **αλλά είναι πολύ διαδεδομένο το σύστημα σε gauge**, που χρησιμοποιείται, κυρίως, στις χώρες που εφαρμόζουν το I-P. Ο τεχνικός των αυτοκινήτων οφείλει όμως να το γνωρίζει. Στον πίνακα (9-4), δίνουμε τη σχέση μεταξύ ιντσών και της κλίμακας gauge. Για να μετατρέψουμε τα gauge σε mm, πολλαπλασιάζουμε με το 25,4 την αντιστοιχία των gauge με ίντσες που παίρνουμε από τον πίνακα. Προσέξτε ότι άλλη σημασία έχει η κλίμακα gauge στον ανθρακούχο χάλυβα, στον ανοξείδωτο χάλυβα και στο αλουμίνιο. Στην αγορά, τον ανθρακούχο χάλυβα τον βρίσκουμε μέχρι 24 gauge ή 0,6 mm.

9-6. Γενικά για την ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG

Η MIG/MAG είναι η πλέον διαδεδομένη σήμερα μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης και θα επιμείνουμε σ' αυτήν ιδιαίτερα. Θεωρείται το ευκολότερο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης που υπάρχει. Παίρνεις την τσιμπίδα, σκοπεύεις και κολλάς. Φαίνεται στην αρχή πολύ εύκολο. Όμως η εκτέλεση καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG ή η επίτευξη

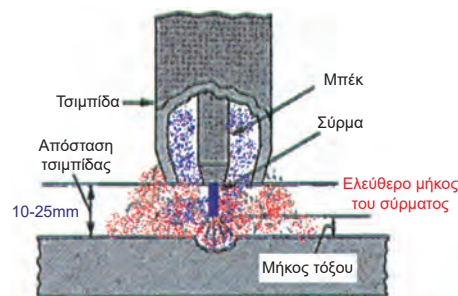
υψηλής παραγωγικότητας, χρειάζονται αρκετή εξάσκηση. Η εναλλακτική ονομασία της MIG/MAG είναι η GMAW που χρησιμοποιείται πολύ συχνά και καλύπτει τόσο τον όρο MIG, όσο και τον MAG.

Η ηλεκτροσυγκόλληση των χαλύβων (ανθρακούχων, ελαφρά κραματικών χαλύβων ανοξείδωτων) είναι πάντοτε MAG, επειδή το αέριο είναι πάντα ενεργό. Ο συνδυασμός του Ar με οποιοδήποτε άλλο ενεργό αέριο, είναι προφανώς ενεργό αέριο, ενώ οι χάλυβες ουδέποτε συγκολλούνται με καθαρό Ar. **Ο πλέον διαδεδομένος τρόπος συγκόλλησης είναι με σύρμα G3Si1 και με αέριο CO₂.** Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σύρματος, τόσο καλύτερη ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης επιτυγχάνεται, αλλά η διαδικασία μπορεί να είναι αντιπαραγωγική. **Με το πιο λεπτό σύρμα, G3Si1 - Φ 0,6 mm μπορούν να συγκολληθούν ελάσματα από πάχος 0,6 μέχρι και 5 mm.** Γι' αυτό, το σύρμα αυτό είναι το πλέον κατάλληλο για τα συνεργεία αυτοκινήτων.

Η συγκόλληση του αλουμινίου είναι πάντοτε MIG και γίνεται μόνο με αδρανές αέριο, κυρίως με Ar. Το πρόβλημα του Ar είναι ότι αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες στο τόξο και γι' αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη διείσδυση, πράγμα που δημιουργεί δυσκολίες στη συγκόλληση ελασμάτων μεγάλου πάχους. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την προσθήκη ηλίου (He) σε ποσοστά 25-75%.

9-7. Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης στη MIG/MAG

Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης κατ' αρχήν είναι οι ίδιες με αυτές που ισχύουν και για τη MMA, δηλαδή είναι: το **είδος του ηλεκτροδίου**, η **ένταση του ρεύματος**, το **ύψος του τόξου** και η **ταχύτητα κίνησης της τσιμπίδας** (του ηλεκτροδίου).



Σχήμα (9.3): Το ελεύθερο άκρο τον σύρματος

Στη MIG/MAG ο τρόπος που ρυθμίζονται οι παραπάνω παράμετροι είναι διαφορετικός. Η παράμετρος "είδος ηλεκτροδίου" (που για τη MMA σημαίνει διάμετρος ηλεκτροδίου και είδος επένδυσης), αντικαθίσταται από τη **διάμετρο του σύρματος** σε συνδυασμό με το είδος και την **παροχή του προστατευτικού αερίου** (αντί για επένδυση έχουμε αέριο). Επίσης, αντί για ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε την **τάση** που καθορίζει έμμεσα την ένταση του ρεύματος και αντί για το ύψος του τόξου έχουμε την **ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος** η οποία καθορίζει έμμεσα το ύψος του τόξου.

Η τάση του ρεύματος επηρεάζει την ένταση, αλλά ο τρόπος που την επηρεάζει έχει σχέση με το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος. Όπως βλέπουμε στο σχήμα (9.3), **το σύρμα πρέπει να προεξέχει περί τα 10-25 mm από το μπλεκ τροφοδοσίας του σύρματος**. Το μπλεκ βρίσκεται υπό ηλεκτρική τάση και είναι συγχρόνως και το άκρο στο οποίο είναι συνδεδεμένο το καλώδιο της ηλεκτρικής τροφοδοσίας. **Κατά συνέπεια**, η ηλεκτρική αντίσταση μεταβάλλεται όσο μεταβάλλεται το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος. Δεδομένου ότι η τάση είναι σταθερή, όταν το ελεύθερο άκρο μεγαλώνει, μειώνεται η ένταση του ρεύματος και αντιστρόφως. Επομένως, έχουμε **ακόμη μία παράμετρο: το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος**. Έτσι, οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης που έχουμε να ρυθμίσουμε είναι οι εξής:

- Η ποιότητα και η διάμετρος του σύρματος
- Το είδος και η παροχή του προστατευτικού αερίου
- Η τάση ρεύματος
- Το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος
- Η ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος
- Η ταχύτητα της κίνησης της τσιμπίδας

Η παράμετρος "τάση του ρεύματος" είναι, επίσης, στενά συνδεδεμένη με τη ρύθμιση της "ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος". Αύξηση της τάσης, με σταθερό "μήκος του ελεύθερου άκρου", σημαίνει αύξηση της έντασης του ρεύματος, δηλαδή ότι το σύρμα τήκεται με ταχύτερους ρυθμούς, άρα χρειάζεται μεγαλύτερη ταχύτητα σύρματος. Αντίστοιχα, η μείωση της τάσης απαιτεί μείωση της ταχύτητας του σύρματος. Μπορούμε να επέμβουμε λίγο στην ένταση, αλλάζοντας το μήκος του ελεύθερου άκρου (δηλαδή την απόσταση της τσιμπίδας), αλλά αυτό μπορεί να επηρεάσει την απαιτούμενη παροχή του αερίου, επειδή το αέριο προωθείται μέσω της τσιμπίδας και όσο πιο κοντά είναι η τσιμπίδα, τόσο καλύτερη προστασία παρέχει το αέριο.

Βλέπουμε από τα παραπάνω πως οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης επηρεάζουν η μία την άλλη. Επίσης, καταλαβαίνουμε πόσο πολύ σημαντικό στη MIG/MAG είναι να διατηρούμε σταθερή απόσταση μεταξύ τσιμπίδας και μετάλλου βάσης. Γι' αυτό στη MIG/MAG **πρέπει να κρατάμε την τσιμπίδα σταθερά και με τα δυο χέρια**, οπότε πρέπει να χρησιμοποιούμε **μόνο κράνος κεφαλής**. Οι απλές μάσκες της MMA δεν είναι κατάλληλες για MIG/MAG.

Από την ένταση του ρεύματος εξαρτάται ο ρυθμός που εναποτίθεται το μέταλλο, δηλαδή η ταχύτητα με την οποία πρέπει να προωθείται το σύρμα. Στον πίνακα (9-5) βλέπουμε τις προτεινόμενες τιμές των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης για το σύρμα G3Si1 που είναι το πλέον συνηθισμένο στους ανθρακούχους χάλυβες, καθώς και την εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου ανά ώρα ηλεκτροσυγκόλλησης. Οι βασικές παράμετροι που θα πρέπει να προσεχτούν σ' αυτόν τον πίνακα είναι η τάση, η ταχύτητα του σύρματος και η παροχή του προστατευτικού αερίου. Η ταχύτητα κίνησης της τσιμπίδας και το μήκος του ελεύθερου άκρου ρυθμίζονται εμπειρικά από το χειριστή.

Πίνακας (9-5): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης ανθρακούχων χάλυβων με σύρμα G3Si1 (AWS: ER70S-6)

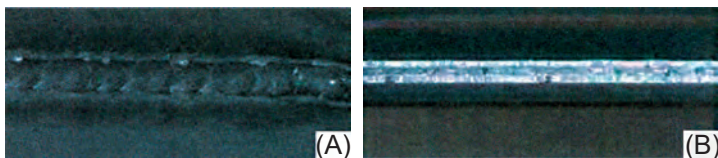
Διάμετρος σύρματος, mm	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
Τάση τόξου, V	16-20	18-24	18-26	18-32	18-35	22-36	28-38
Ταχύτητα σύρματος, m/min	5-13	3,2-10	3-12	2,7-15	2,5-15	2,3-15	2,3-15
Παροχή αερίου, L/min	8-10	8-10	9-11	10-12	10-12	11-13	12-14
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	50-100	60-200	70-250	80-300	120-380	150-420	225-550
Εναποτιθέμενη ποσότητα kg/ώρα	0,7-1,7	0,8-2,5	0,8-3,3	1,0-5,5	1,3-8,0	1,6-8,7	2,1-11,4

9-8. Τα είδη του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τη MIG/MAG

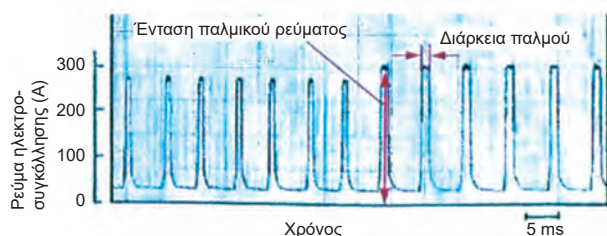
Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG γίνεται μόνο με δύο είδη ηλεκτρικού ρεύματος:

- Με **συνεχές ρεύμα, ανάστροφη φορά** (συμβολισμός DC+ ή DCEP)
- Με **παλμικό ρεύμα** (παλμορεύμα)

Στο σχήμα (9.4) βλέπουμε τη μορφή ραφών.



Σχήμα (9.4): Ραφές MIG/MAG, πολύ καλής ποιότητας: (Α) Με ρεύμα DC+ (Β) Με παλμικό ρεύμα



Σχήμα (9.5): Τυπική μορφή παλμορεύματος

Η **κανονική φορά** του συνεχούς ρεύματος (DC- ή DCEN), **δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί** με τη MIG/MAG.

Το παλμορεύμα είναι ό,τι καλύτερο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG. Η

μορφή της ραφής είναι άριστη. Οι σύγχρονες μηχανές είναι σε θέση να κολλήσουν ελάσματα που αρχίζουν από 0,8 mm (21-22 gauge), αλλά δεν μπορούν να συγκολλήσουν ακόμη πιο λεπτά ελάσματα, όπως το 0,6 mm που ενδιαφέρει τα συνεργεία αυτοκινήτων. Τυπική μορφή του παλμορεύματος βλέπουμε στο σχήμα (9.5).

9-9. Η μεταφορά υλικού από το σύρμα στο μέταλλο βάσης με ρεύμα DC+

Υπάρχουν τρεις τρόποι μεταφοράς τους οποίους σε σχηματική παράσταση βλέπουμε στο σχήμα (9.6):

- Με **βραχυκυκλωμένο τόξο** που είναι και η πλέον συνήθης περίπτωση
- Με **σταγόνες**
- Με **ψεκασμό**

Η ηλεκτρική τάση στην οποία αρχίζει η μεταφορά με σταγόνες ή με ψεκασμό ποικίλλει ανάλογα με τη διάμετρο και την ποιότητα του σύρματος, καθώς και από το είδος του προστατευτικού αερίου.

(α) Η μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο

Η μεταφορά με **βραχυκυκλωμένο τόξο** λαμβάνει χώρα στις χαμηλές τάσεις. Η διαδικασία της μεταφοράς του υλικού έχει ως εξής:

- ⇒ Το σύρμα ακουμπάει στο μέταλλο βάσης και συγχρόνως το τόξο σβήνει.
- ⇒ Το δημιουργούμενο ισχυρό βραχυκύκλωμα λιώνει την άκρη του σύρματος και το λιωμένο μέταλλο εναποτίθεται στο λουτρό συγκόλλησης.
- ⇒ Με το λιώσιμο της άκρης το σύρμα και το μέταλλο βάσης παύουν να είναι σε επαφή και στο κενό που δημιουργείται ανάβει πάλι το τόξο.

⇒ Καθώς η προώθηση του σύρματος συνεχίζεται με σταθερό ρυθμό, πριν ακόμη προλάβει να λιώσει η άκρη του από τη θερμοκρασία του τόξου, ακουμπάει πάλι στο μέταλλο βάσης και σβήνει ξανά το τόξο.

⇒ Δημιουργείται, έτσι, ένα νέο βραχυκύκλωμα που λιώνει εκ νέου την άκρη του σύρματος, εναποτίθεται το λιωμένο μέταλλο, ανάβει ξανά το τόξο και συνεχίζεται ο ίδιος κύκλος.

Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται από 20 μέχρι 200 φορές το δευτερόλεπτο. Η μέθοδος αυτή ηλεκτροσυγκόλλησης είναι η ευκολότερη, αλλά και αυτή που έχει τη χαμηλότερη παραγωγικότητα σε σχέση με τις άλλες δύο. Η παραγωγικότητά της είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της MMA. Παρουσιάζει, όμως, αρκετά πιτσιλίσματα.

Η μέθοδος είναι ιδανική για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων, όπως π.χ. των αυτοκινήτων. Το πρόβλημά της είναι ότι σε πάχος ελασμάτων άνω των 6 mm, υπάρχει κίνδυνος να μη δημιουργηθεί καλή πρόσφυση στο μέταλλο βάσης που οφείλεται σε ημιτελή τήξη του μετάλλου βάσης, λόγω της μικρής παραγόμενης θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι η ραφή να μην αντέχει σε καταπόνηση, επειδή η συγκόλληση που έχει γίνει είναι σχεδόν μία μεταλλική επικάλυψη³. Το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο, αν χρησιμοποιηθεί λεπτό σύρμα και ιδίως το 0,6 mm, το οποίο καλό είναι να αποφεύγεται να χρησιμοποιείται σε πάχη ελασμάτων άνω των 4 mm. Πολύ καλές συγκολλήσεις με τη μέθοδο του βραχυκυκλωμένου τόξου γίνονται σε πάχη ελασμάτων μέχρι 3 mm, ενώ οι συγκολλήσεις σε πάχη άνω των 6 mm πρέπει να αποφεύγονται.

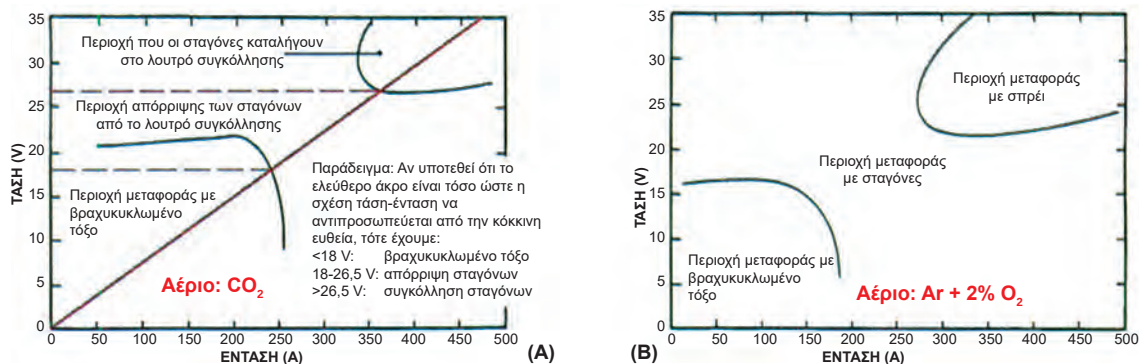


Σχήμα (9.6): Η μεταφορά βραχυκυκλωμένου τόξου, με σταγόνες και με ψεκασμό

3. Αγγλικός όρος: cold lapping που μεταφράζεται ψυχρή επικάλυψη

(β) Η μεταφορά με σταγόνες

Η μεταφορά με σταγόνες γίνεται, όταν αυξηθεί και άλλο η τάση, οπότε η δημιουργία ισχυρών εντάσεων ηλεκτρικού ρεύματος έχει ως συνέπεια να εκλύονται υψηλά ποσά θερμότητας⁴. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σταγόνες που η διάμετρος τους είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος και που αποσπώνται από την άκρη του σύρματος, πριν ακόμη αυτό προλάβει να ακουμπήσει στο μέταλλο βάσης. Το επιθυμητό είναι οι σταγόνες αυτές να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης, αλλά αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Οι δυνάμεις που επενεργούν στις σταγόνες και τις κάνουν να αποσπώνται από το άκρο του σύρματος είναι, κυρίως, η βαρύτητα και οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις. **Αυτές, στις χαμηλότερες εντάσεις του ρεύματος, έχουν ως αποτέλεσμα να εκτινάσσονται οι σταγόνες μακριά από το λουτρό συγκόλλησης και να δημιουργούν πιτσιλίσματα, ενώ στις υψηλότερες εντάσεις να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης.** Και επειδή η ένταση του ρεύματος εξαρτάται, κυρίως, από το μήκος του ελεύθερου άκρου (αφού η τάση είναι σταθερή), πρέπει να διατηρούμε την τσιμπίδα κοντά στο μέταλλο βάσης και να τη μετακινούμε με πολύ σταθερό χέρι, κάτι που δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία στη μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο. Αυτό φαίνεται στο σχήμα (9.7), περίπτωση (Α). Η μεταφορά με σταγόνες παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερους βαθμούς παραγωγικότητας, αλλά, προφανώς, απαιτεί περισσότερο έμπειρο χειριστή.



Σχήμα (9.7): Ενδεικτικά διαγράμματα του τρόπου μεταφοράς του υλικού από το σύρμα στο μέταλλο βάσης:
(Α) Με προστατευτικό αέριο το CO_2 (Β) Με μείγμα $\text{Ar} + 2\% \text{O}_2$

Παρατήρηση: Η μορφή των διαγραμμάτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (αέριο, πάχος και ποιότητα μετάλλου βάσης, διάμετρος και ποιότητα σύρματος)

(γ) Η μεταφορά με ψεκασμό

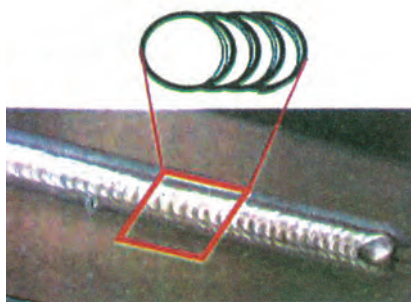
Η μεγαλύτερη παραγωγικότητα με MIG/MAG παρουσιάζεται, όταν αυξηθεί και άλλο η τάση, οπότε, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, δημιουργείται η μεταφορά

4. Υπενθυμίζουμε ότι $q = I^2 R$

με ψεκασμό. Η περιοχή που συμβαίνει αυτό φαίνεται στο σχήμα (9.7), περίπτωση (B). Κατ' αυτήν το σύρμα λιώνει, σχηματίζοντας σταγόνες **μικρότερες από τη διάμετρό του**, που μεταφέρονται κατ' αξονική διεύθυνση στο λουτρό συγκόλλησης, δίνοντας καλή ραφή και χωρίς πιτσιλίσματα. Η μεταφορά με ψεκασμό δεν παρουσιάζεται, όταν χρησιμοποιείται το CO_2 και το αέριο που απαιτείται είναι το $\text{Ar} + 1\text{-}3\% \text{O}_2$. Με το CO_2 ή με το $\text{Ar} + 25\% \text{CO}_2$ μπορούμε να έχουμε μόνο μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο ή με σταγόνες.

(δ) Σύγκριση των μεθόδων μεταφοράς

Με τη μέθοδο **βραχυκυκλωμένου τόξου** μπορούν να γίνουν συγκολλήσεις ακόμη και πολύ λεπτών ελασμάτων. Η συγκόλληση είναι δυνατή σε όλες τις θέσεις. Η εκπαίδευση νέων ηλεκτροσυγκολλητών είναι εύκολη και σύντομης χρονικής διάρκειας. Τα μειονεκτήματά της είναι ότι δημιουργούνται αρκετά πιτσιλίσματα και η παραγωγικότητα είναι χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες δύο, αλλά και πάλι υπερέχει σημαντικά σε παραγωγικότητα από τη MMA. Πρέπει να αποφεύγεται στα μεγάλα πάχη ελασμάτων, επειδή υπάρχει κίνδυνος να μη δημιουργηθεί καλή πρόσφυση λόγω της πιθανής ημιτελούς τήξης του μετάλλου βάσης.



Σχήμα (9.8): Τυπική μορφή συγκόλλησης με παλμικό ρεύμα χαμηλής τάσης

Οι μέθοδοι μεταφοράς με **σταγόνες** και με **ψεκασμό** είναι δυνατές μόνο σε επίπεδες και οριζόντιες θέσεις (PA, PB, PC) και απαιτούν καλά εκπαιδευμένο και έμπειρο χειριστή. Επίσης, εκλύονται πολύ υψηλά ποσά θερμότητας που μπορούν να προκαλέσουν ισχυρές παραμορφώσεις, ιδίως στα λεπτά ελάσματα. Παρουσιάζουν όμως καλή πρόσφυση, βαθιά διείσδυση και υψηλή παραγωγικότητα. Συγκρινόμενες μεταξύ τους, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μεταφορά με σταγόνες χρησιμοποιεί φθηνό αέριο (CO_2), αλλά παρουσιάζει πολλά πιτσιλίσματα.

Αντίθετα, η μεταφορά με ψεκασμό χρησιμοποιεί ακριβό αέριο ($\text{Ar} + 1\text{-}3\% \text{O}_2$), αλλά προσφέρει ραφή με πολύ καλή εμφάνιση και με ελάχιστα πιτσιλίσματα.

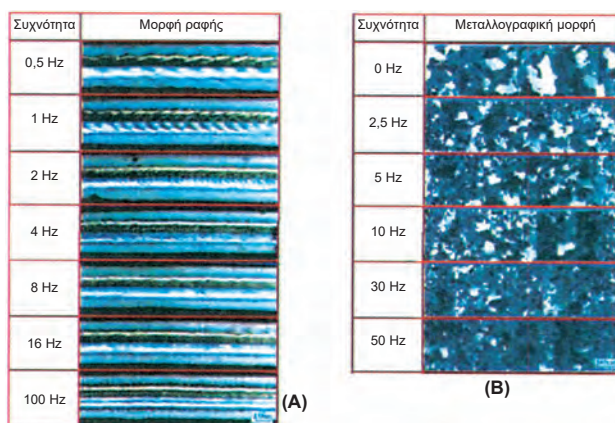
9-10. Η ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG με παλμορεύματα

Η μεταφορά του υλικού με παλμικό ρεύμα είναι παρόμοια με αυτή του ψεκασμού, με τη διαφορά ότι οι δημιουργούμενες σταγόνες είναι μεγαλύτερης διαμέτρου. Η χαμηλή τάση του παλμού διατηρεί το τόξο αναμμένο, ενώ η υψηλή τάση, συνήθως μικρής διάρκειας, προκαλεί την τήξη του άκρου του σύρματος και την εκτίναξη ενός σταγονιδίου κάθε φορά. Κατά τη διάρκεια της χαμηλής τάσης εκλύεται μικρότερο ποσό θερμότητας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μικρότερη θέρμανση του μετάλλου βάσης, δηλαδή λιγότερες παραμορφώσεις. Αυτό επιτρέπει τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων από 0,8 mm (22 gauge), κάτι που είναι δυνατόν μόνο με τη μέθοδο βραχυκυκλωμένου τόξου. Φυσικά, στο σημείο

αυτό το βραχυκυκλωμένο τόξο πλεονεκτεί⁵, αφού μπορεί να συγκολλήσει ελάσματα από 0,6 mm (24 gauge).

Οι παλμοί συνήθως μεταβάλλονται στην περιοχή 25-250 Hz, αλλά υπάρχουν και μηχανές που έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ρεύμα σε πολύ μικρότερη συχνότητα. Στις χαμηλές συχνότητες η μορφή της ραφής συμβαίνει να είναι όμοια με αυτή της TIG, όπως βλέπουμε στο σχήμα (9.8). Τον τρόπο που μεταβάλλεται η μορφή των ραφών με τη συχνότητα των παλμών, τον βλέπουμε στο σχήμα (9.9), περίπτωση (A).

Τα χαρακτηριστικά του παλμορεύματος μπορούν να ορίζονται από το χειριστή, αλλά η σωστή επιλογή τους, σε συνδυασμό με την ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος, δεν είναι κάτι το απλό. Η νεότερη τεχνολογία έδωσε τη λύση και σ' αυτό το πρόβλημα και η επιλογή αυτή μπορεί να γίνεται από τη μηχανή. Αυτό το είδος του παλμού, όπου ο χειριστής ρυθμίζει τη μέση τιμή του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης και η μηχανή επιλέγει όλα τα άλλα, ονομάζεται συνεργιακός έλεγχος. Αντίστοιχα ο παλμός ονομάζεται συνεργιακός και οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης συνεργιακές. Συχνά οι μηχανές με παλμορεύματα προσφέρουν και άλλες δυνατότητες, όπως π.χ. να μπορεί ο χειριστής να επέμβει και στη συχνότητα, ή, ανάλογα με το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος, να αλλάζουν αυτόματα τα χαρακτηριστικά του παλμορεύματος, της τάσης τροφοδοσίας κτλ.



Σχήμα (9.9): Ο τρόπος που μεταβάλλεται η μορφή της ραφής και η μεταλλογραφική μορφή της συγκόλλησης με τη συχνότητα, σε μια σύγχρονη μηχανή συγκόλλησης με παλμορεύματα.

Η τεχνολογία των παλμορευμάτων είναι σε συνεχή εξέλιξη. Μεταξύ των άλλων τείνει να βελτιώσει και τη μεταλλογραφική μορφή της ραφής, η οποία παρουσιάζεται λεπτόκοκη, δηλαδή υψηλής αντοχής και ελαστικότητας. Τη βελτίωση αυτή τη βλέπουμε στο σχήμα (9.9), περίπτωση (B). Η βελτίωση της αντοχής με αυτό τον τρόπο έχει μεγάλη σημασία στις συγκολλήσεις του αλουμινίου, επειδή, με τις συμβατικές μεθόδους συγκόλλησης, η αντοχή της ραφής είναι μικρότερη από την αντοχή του

5. Με την τεχνολογία κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου

μετάλλου βάσης. Με τη δημιουργία όμως λεπτόκοκκης δομής αυξάνεται σημαντικά η αντοχή της ραφής συγκόλλησης του αλουμινίου και προσεγγίζει αυτή του μετάλλου βάσης.

9-11. Πρακτικές οδηγίες για την επιτυχία των ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG

Παρακάτω δίνουμε μερικές βασικές οδηγίες οι οποίες θα πρέπει να ακολουθούνται, προκειμένου να εκτελούνται καλές συγκολλήσεις με MIG/MAG:

- **Να επιλέγεται προσεκτικά το πλέον κατάλληλο σύρμα.** Τα συνιστώμενα σύρματα για ανθρακούχους χάλυβες με μεταφορά βραχυκυκλωμένου τόξου (η πλέον συνήθης περίπτωση), είναι τα G3Si1 και G4Si1, με $\pi(\text{Mn}) = 1,5\%$ και 2% αντίστοιχα (το αντίστοιχο κατά AWS και για τα δύο είδη είναι το ER70S-6). Είναι κατάλληλα και για σκουριασμένες επιφάνειες. Για καλή ποιότητα συγκολλήσεων προτιμότερο είναι το σύρμα 0,6 ή 0,8 mm. Για παραγωγικές εργασίες προτιμότερες είναι οι διάμετροι 1,0 ή 1,2 mm.
- **Τα σύρματα 0,6 ή 0,8 mm**, παρ' όλον που δίνουν καλύτερη ποιότητα ραφής, πρέπει να αποφεύγονται σε μεγάλα πάχη ελασμάτων, ιδίως όταν η συγκόλληση γίνεται με βραχυκυκλωμένο τόξο. Ο λόγος είναι ότι οι εντάσεις του ρεύματος είναι χαμηλές και, κατά συνέπεια, υπάρχει ο κίνδυνος η τήξη του μετάλλου βάσης να είναι ανεπαρκής. Το σύρμα 0,6 mm να αποφεύγεται σε ελάσματα μεγαλύτερα από 4 mm και το 0,8 mm σε μεγαλύτερα από 6 mm.

***Σημαντική παρατήρηση:** Τα δυο παραπάνω μεγέθη συρμάτων είναι τα πλέον χρήσιμα για τα συνεργεία αυτοκινήτων, όπου η ανάγκη συγκόλλησης λεπτών ελασμάτων οδηγεί στη μέθοδο του βραχυκυκλωμένου τόξου με λεπτό σύρμα, συνήθως με 0,6 mm. Όταν χρειαστεί να γίνει συγκόλληση σε μεγαλύτερα πάχη, η εύκολη λύση είναι να χρησιμοποιηθεί το σύρμα που είναι ήδη έτοιμο. Αν όμως τα προς συγκόλληση πάχη είναι μεγάλα, μπορεί να έχουμε απροσδόκητα προβλήματα.*

- **Το πλέον κατάλληλο αέριο για καλή ποιότητα συγκολλήσεων είναι το $\text{Ar}+25\%\text{CO}_2$.** Όμως με αμιγές CO_2 μειώνεται σημαντικά το κόστος των ηλεκτροσυγκολλήσεων και προσφέρει μεγάλη διείσδυση.
- **Το μπεκ τροφοδοσίας του σύρματος να είναι σε πολύ καλή κατάσταση.** Για την αποφυγή της προσκόλλησης πιτσιλισμάτων πάνω σ' αυτό, μπορούμε να το ψεκάζουμε με ειδικό σπρέι ή να το αλείφουμε με ειδική πάστα.
- **Το μπεκ τροφοδοσίας του σύρματος πρέπει να αντικαθίσταται τακτικά, επειδή φθείρεται και μεγαλώνει η εσωτερική του διάμετρος.** Συνήθως η φθαρμένη οπή τροφοδοσίας έχει μία μορφή οβάλ. Η διάμετρος του καινούριου μπεκ είναι ελάχιστη μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος, τόσο ώστε να εξασφαλίζεται η καλή τροφοδοσία, όταν το σύρμα θα έχει διασταλεί λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Αν η οπή φθαρεί πολύ, δε θα εξασφαλίζει τη σωστή ηλεκτρική επαφή, οπότε η ωμική του αντίσταση θα είναι μεγάλη, αλλά, το κυριότερο, δε θα έχει σταθερή τιμή. Έτσι, όχι μόνο θα μειωθεί η ένταση του ρεύματος

ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά θα παρουσιάζει και συνεχείς αυξομειώσεις που δε θα επιτρέπουν τη δημιουργία ομαλού τόξου. Επειδή η διαπίστωση του φθαρμένου μπεκ δεν είναι πάντοτε εύκολη, συνιστάται **η αντικατάσταση του μπεκ μετά από τη χρήση του με 40-50 kg σύρματος.**

- **Να εξασφαλίζεται η πολύ καλή επαφή στο σημείο γείωσης του μετάλλου βάσης και να καθαρίζεται σχολαστικά,** με τροχό, η περιοχή της λαμαρίνας που θα εφαρμοστεί το σώμα γείωσης. Επίσης, το καλώδιο να είναι επαρκώς μεγάλης διαμέτρου. Αν υπάρχει σημαντική αντίσταση στο κύκλωμα, θα έχουμε μείωση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, που σε τελευταία ανάλυση, αυτή είναι που έχει σημασία για την ηλεκτροσυγκόλληση και όχι η τάση. Για να επιτευχθεί η υψηλή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη συγκόλληση MIG/MAG, σε συνδυασμό με τη χαμηλή και σταθερή τάση, απαιτείται πολύ μικρή ωμική αντίσταση. Ένας πρακτικός τρόπος για να ελέγξουμε αν το ρεύμα συναντάει κάπου αυξημένη αντίσταση είναι, μετά από ένα χρονικό διάστημα εργασίας, να κλείσουμε τη μηχανή (για λόγους ασφαλείας) και με γυμνό χέρι να ελέγξουμε αν υπάρχει υπερθέρμανση στα καλώδια και ιδίως στα σημεία που γίνονται οι ηλεκτρικές συνδέσεις (όπως το σημείο γείωσης).

Πίνακας (9-6): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης χρωμιονικελιούχων ανοξείδωτων χαλύβων

Διάμετρος σύρματος, mm	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6
Τάση τόξου, V	16-22	16-24	16-24	20-28	24-28
Ταχύτητα σύρματος, m/min	3,4-11	3,2-9	2,9-8,4	4,9-8,5	3,2-5,5
Παροχή αερίου, L/min	8-10	9-11	10-12	10-12	12-14
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	50-140	65-165	80-190	180-280	230-350
Εναποτιθέμενη ποσότητα kg/ώρα	0,8-2,7	0,9-2,9	1,1-3,1	2,6-4,5	3-5,2

9-12. Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων με MIG/MAG

Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων μπορεί να γίνει με όλες τις μεθόδους, εκτός από τη μεταφορά με σταγόνες. Οι πλέον κατάλληλες μέθοδοι συγκόλλησης είναι με **ψεκασμό** και με **παλμορεύματα**. Η μέθοδος βραχυκυκλωμένου τόξου εφαρμόζεται μόνο, όταν πρόκειται να συγκολληθούν πολύ λεπτά ελάσματα ή για τη συγκόλληση της ρίζας ή σε δύσκολες θέσεις (PF, PD, PE). Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης φαίνονται στον πίνακα (9-6). Αυτό που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι η επιλογή του κατάλληλου σύρματος (θα αναφερθούμε στην τυποποίηση των ανοξείδωτων συρμάτων σε επόμενη παράγραφο).

Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι το Ar + 1-2% O₂. Για μονό πάσο μπορεί ως αέριο να χρησιμοποιηθεί το Ar + 3% CO₂. Στα πολύ λεπτά ελάσματα θα πρέπει να εφαρμοστεί η μέθοδος του βραχυκυκλωμένου τόξου, αλλά στη συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων με βραχυκυκλωμένο τόξο απαιτείται το πολύ ακριβό αέριο με 80% He, 7,5% Ar και 2,5%CO₂.

Για την επιλογή του κατάλληλου σύρματος χρειάζεται να γνωρίζουμε αν το μέταλλο βάσης περιέχει Mo (μολυβδαίνιο), διότι τότε χρειάζεται σύρμα που να περιέχει, επίσης, Mo. Ομοίως, ένα σύρμα που περιέχει Mo δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε μη μολυβδαινιούχους χάλυβες. Αντίθετα, το σύρμα με Nb (νιόβιο), που προορίζεται προς χρήση με τους σταθεροποιημένους χάλυβες⁶, δεν υπάρχει πρόβλημα αν χρησιμοποιηθεί και σε μη σταθεροποιημένους χάλυβες. Επίσης, η συγκόλληση των σταθεροποιημένων χαλύβων είναι δυνατή και με ηλεκτρόδια που δεν περιέχουν Nb.

9-13. Η ηλεκτροσυγκόλληση του αλουμινίου με MIG

Εδώ ισχύουν αυτά που αναφέρθηκαν και στη MMA, ότι δηλαδή η ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου είναι διαφορετική από τη συγκόλληση του σιδήρου και, όταν κολλάμε αλουμίνιο, ξεχνάμε όσα ξέραμε για την ηλεκτροσυγκόλληση του σιδήρου. Ως τεχνική όμως δεν είναι πιο δύσκολη. Υπενθυμίζουμε τα βασικά σημεία που πρέπει να έχουμε υπόψη μας:

- Πρέπει να προηγείται καθαρισμός από τη σκουριά με συρματόβουρτσα, επειδή η σκουριά του αλουμινίου έχει σημείο τήξης 2000°C έναντι 630°C του καθαρού μετάλλου.
- Η συρματόβουρτσα που έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε αλουμίνιο.
- Η τσιμπίδα πρέπει να κινείται γρήγορα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου.
- Για την αποφυγή των ρηγματώσεων το καλύτερο είναι να εφαρμόζεται προθέρμανση αλλά όχι άνω των 110°C.
- Υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν κρατήρες που αποτελούν αιτία ρηγματώσεων. Για την αποφυγή τους πρέπει η κίνηση του ηλεκτροδίου να γίνεται με σταθερή ταχύτητα, προσέχοντας την εναπόθεση του μετάλλου. Η μορφή της ραφής να είναι ελαφρά κυρτή ή επίπεδη.

Το αέριο είναι αποκλειστικά το Αργόν. Οι παράμετροι συγκόλλησης του αλουμινίου με σύρμα φαίνονται στον πίνακα (9-7). Το ER5356 είναι περισσότερο δύστηκτο από το ER4043 και γι' αυτό, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, απαιτεί μεγαλύτερες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος. Αποτέλεσμα όμως είναι και η εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου με το ER5356 να είναι κάπως μεγαλύτερη. Με MIG μπορούν να συγκολληθούν πάχη αλουμινίου από 0,8 mm (22 gauge)⁷.

Τα σύρματα αλουμινίου, που κυρίως χρησιμοποιούνται, **είναι το ER5356 και το ER4043.** Το **ιδανικότερο σύρμα** για την αποθήκη μας **θα ήταν το ER4043, αν δεν ήταν τόσο μαλακό υλικό.** Το ER4043 είναι άριστο στη συγκόλληση των αλουμινίων

6. Υπενθυμίζουμε ότι οι σταθεροποιημένοι χάλυβες περιέχουν Nb για την αντιμετώπιση του φαινομένου της κατακρήμνησης των καρβιδίων του χρωμίου.

7. Με την τεχνολογία κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου

Πίνακας (9-7): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης αλουμινίου

Διάμετρος σύρματος, mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4
Τάση τόξου, V	20-24	22-26	22-28	24-30	26-30
Ταχύτητα σύρματος, m/min	8-11	7-12	5,5-11	4,5-8	2,5-3
Παροχή αερίου, (Ar) L/min	12-14	13-15	14-16	15-17	18-22
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	80-120	90-180	130-220	170-320	270-380
Εναποτιθέμενη ποσότητα για ER4043, kg/ώρα	0,6-0,9	0,9-1,5	1,0-2,1	1,5-2,6	1,8-2,8
Εναποτιθέμενη ποσότητα για ER5356, kg/ώρα	0,8-1,1	0,9-1,8	1,2-2,3	1,6-2,7	2,2-2,9

της σειράς 6xxx, που έχουν πολύ μεγάλη διάδοση, ενώ συγχρόνως είναι σε θέση να κολλήσει και τα αλουμίνια 1xxx που είναι, επίσης, αρκετά διαδεδομένα και για τα οποία το ER5356 είναι ακατάλληλο.

Στην ηλεκτροσυγκόλληση όμως αλουμινίου με MIG, υπάρχει ένα άλλο, πολύ πιο σοβαρό πρόβλημα από την επιλογή του πλέον κατάλληλου συγκολλητικού υλικού. Συγκεκριμένα, το σύρμα ER4043 είναι πολύ μαλακό και μπερδεύεται εύκολα στο σύστημα προώθησης της μηχανής. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, υπάρχουν ειδικά σετ προώθησης του σύρματος αλουμινίου (με ειδικά ράουλα, σωλήνα από τεφλόν, μπεκ κτλ.), όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα (9.10). Τα μπεκ για αλουμίνιο είναι διαφορετικά και, συγκεκριμένα, η διάμετρος της οπής είναι λίγο μεγαλύτερη από τη διάμετρο που έχουν τα μπεκ του χάλυβα, επειδή το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο (η διαφορά φυσικά δε διακρίνεται με το μάτι).



Σχήμα (9.10): Σετ συγκόλλησης αλουμινίου για μηχανές MIG. Περιλαμβάνει: μπεκ αλουμινίου, σωλήνα τεφλόν, ράουλα προώθησης σύρματος και ακροφύσιο εισόδου-εξόδου του σύρματος στο σωλήνα.

Επίσης, για τις δύσκολες περιπτώσεις, υπάρχουν **ειδικές τσιμπίδες MIG για το αλουμίνιο που έχουν ενσωματωμένο ένα δικό τους σύστημα έλξης του σύρματος**. Αυτό, συνεργαζόμενο με το σύστημα προώθησης σύρματος της μηχανής, περιορίζει σημαντικά τον κίνδυνο εμπλοκής⁸. Τέλος, απαιτείται η προσοχή του χειριστή, ώστε ο σωλήνας τροφοδοσίας του σύρματος να διατηρείται κατά το δυνατόν ευθύς, χωρίς μπερδέματα.

Το τσαλάκωμα όμως του σύρματος ER5356, για την ίδια διάμετρο σύρματος, είναι περισσότερο δύσκολο, επειδή είναι αρκετά πιο σκληρό από το ER4043. Ως εκ τούτου η χρήση του ER5356 στα συστήματα MIG είναι αρκετά διαδεδομένη. Όμως με το ER5356 απαιτούνται μηχανές μεγαλύτερες από ό,τι στο ER4043, επειδή η συγκόλληση του ER5356 χρειάζεται μεγαλύτερη ένταση ρεύματος. Γι' αυτό, τα μικρά φορητά συστή-

8. Συστήματα push-pull

ματα μπορεί να είναι ανεπαρκή για τη συγκόλληση με ER5356, όταν η διάμετρος του σύρματος είναι μεγαλύτερη από 0,8 mm και το καταλληλότερο σύρμα γι' αυτά φαίνεται να είναι το ER4043 με διάμετρο 1 mm. Το σημείο αυτό θα πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα, επειδή τα φορητά συστήματα MIG/MAG είναι και τα πλέον κατάλληλα προς χρήση στα μικρά συνεργεία που εκτελούν σπάνια συγκολλήσεις αλουμινίου, όπως είναι τα περισσότερα συνεργεία αυτοκινήτων.

Η συγκόλληση αλουμινίου στα συνεργεία αυτοκινήτων είναι ακόμη πολύ περιορισμένη και το ηλεκτρόδιο εξακολουθεί να αποτελεί την εύκολη λύση. **Όμως το αλουμίνιο χρειάζεται MIG ή TIG και το ηλεκτρόδιο είναι λύση ανάγκης.** Η πλέον κατάλληλη λύση είναι **να υπάρχει μία μικρή μηχανή MIG, έτοιμη με σύρμα αλουμινίου** όπως στο σχήμα (9.11) και μία μικρή φιάλη Ar. Η μηχανή να είναι κατάλληλη για σύρμα αλουμινίου μέχρι 1 mm και να προτιμηθεί η ποιότητα ER4043. Τέλος, θα πρέπει να έχουμε εξασκηθεί αρκετά με μία τέτοια μηχανή, πριν αποπειραθούμε να κάνουμε συγκόλληση.

9-14. Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG

Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG ή GMAW είναι η πλέον κατάλληλη για υψηλής ποιότητας συγκολλήσεις και για συγκολλήσεις πολύ λεπτών ελασμάτων. Η εμφάνιση της ραφής είναι άριστη χωρίς πιτσιλίσματα. Στην TIG δε δημιουργούνται σπινθήρες, ενώ παράγονται ελάχιστες αναθυμιάσεις. Επίσης, δεν υπάρχει πρόβλημα ρηγμάτων της εξ αιτίας του υδρογόνου.

Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν αποκλειστικά το Αργόν (Ar). Στα χοντρά ελάσματα μερικές φορές χρησιμοποιείται το μείγμα Ar-He, επειδή το ήλιο (He) βελτιώνει τη διείσδυση και ανεβάζει τη θερμοκρασία του τόξου. Το He μόνο του χρησιμοποιείται πολύ σπάνια, σε εξειδικευμένες κυρίως εφαρμογές, επειδή είναι πολύ ακριβό και, συγχρόνως, επειδή είναι πολύ ελαφρύ, οπότε απομακρύνεται εύκολα από το λουτρό συγκόλλησης. Κατά συνέπεια, το He προσφέρει μικρότερη προστασία από το βαρύ Ar που έχει ειδικό βάρος περίπου 1,8 kg/m³ έναντι του 1,3 kg/m³ του αέρα.

Η TIG εκτελείται με τις εξής μορφές ρεύματος:

- Με **συνεχές ρεύμα** και κανονική πολικότητα, δηλαδή DC- (συμβολίζεται και DCEN).
- Με **εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας** που συμβολίζεται ως ACHF.
- Με **παλμικό ρεύμα**



Σχήμα (9.11): Μικρή φορητή μηχανή MIG, έτοιμη με τα παρελκόμενά της, για τη συγκόλληση αλουμινίου σε συνεργείο που δεν εκτελεί συστηματικά κολλήσεις αλουμινίου.

- Σπανιότερα εκτελείται με συνεχές ρεύμα με ανάστροφη πολικότητα (DC+ ή DCEP).

Το πλέον σύνηθες **στη συγκόλληση των χαλύβων είναι το ρεύμα DC-**. Στο **αλουμίνιο χρησιμοποιείται το ρεύμα ACHF**, επειδή έχει την ιδιότητα να εμποδίζει την ενσωμάτωση οξειδίων του αλουμινίου στη ραφή συγκόλλησης. Το παλμικό ρεύμα χρησιμοποιείται και στις δύο περιπτώσεις και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης θερμότητας και την αποφυγή των παραμορφώσεων, ιδίως στα λεπτά ελάσματα.

Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης είναι ουσιαστικά οι ίδιες με τη MMA, με μόνη διαφορά ότι η παράμετρος «ηλεκτρόδιο» της MMA αντικαθίσταται από την αντίστοιχη παράμετρο της TIG που περιλαμβάνει: το είδος του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου, το αέριο (είδος, παροχή) και τη ράβδο του υλικού συγκόλλησης (υλικό, διάμετρο). Κατά τα λοιπά, οι παράμετροι είναι ακριβώς οι ίδιες: ένταση ρεύματος, ύψος τόξου και ταχύτητα μετακίνησης της σιμπίδας. Οι τιμές ρύθμισης των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης αναφέρονται στον πίνακα (9-8).

Πίνακας (9-8): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης TIG

Διάμετρος του υλικού συγκόλλησης, mm	Διατίθεται κυρίως σε σύρμα				Διατίθεται κυρίως σε ράβδους		
	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	60-90	70-100	80-110	90-130	100-150	120-170	150-220
Παροχή αερίου (Ar), L/min	5,5-7	6-7,5	6,5-8	7-9	7-9	8-10	8-10

Το συγκολλητικό υλικό είναι σε μορφή ράβδων και σπανιότερα σε μορφή σύρματος. Το μήκος των ράβδων συνήθως είναι 1000 mm, αλλά υπάρχουν και σε διαφορετικά μήκη, (π.χ. 700 mm), ανάλογα με τον κατασκευαστή. Οι ράβδοι έχουν διάμετρο από 1,6 μέχρι 3,2 mm, αλλά σε μερικές περιπτώσεις βρίσκουμε ράβδους με διάμετρο 1 ή 1,2 ή 4 mm.

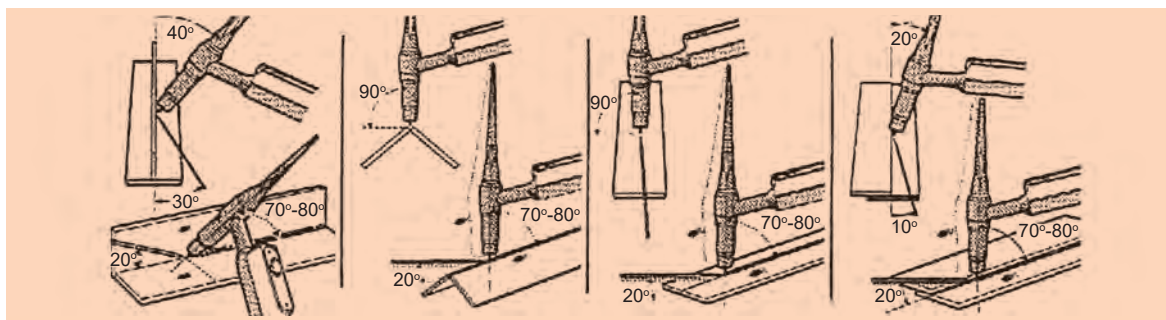
Οι ράβδοι που χρησιμοποιούνται στην οξυγονοασετιλίνη είναι ακατάλληλες για τη συγκόλληση TIG. Αντίθετα, οι ποιότητες υλικού που χρησιμοποιούνται στη MIG/MAG είναι και οι πλέον κατάλληλες για την TIG. Οι ράβδοι και τα σύρματα ακολουθούν και την ίδια σχεδόν τυποποίηση, όπως θα δούμε παρακάτω.



Σχήμα (9.12): Συστήματα TIG με τροφοδοσία σύρματος αντί για υλικό σε ράβδους

Στα συστήματα της TIG που λειτουργούν με σύρμα, όπως αυτό που βλέπουμε στο σχήμα (9.12), το σύρμα είναι ακριβώς το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιείται στη MIG/MAG.

Χρειάζεται **ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης, όταν κολλάμε λεπτά ελάσματα** για να μην τρυπηθούν από τη θερμοκρασία του τόξου. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, απαιτείται χαμηλή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος και σωστή ταχύτητα της τσιμπίδας.



Σχήμα (9.13): Οι βασικές τεχνικές συγκόλλησης με TIG, θέσεις PA, PB

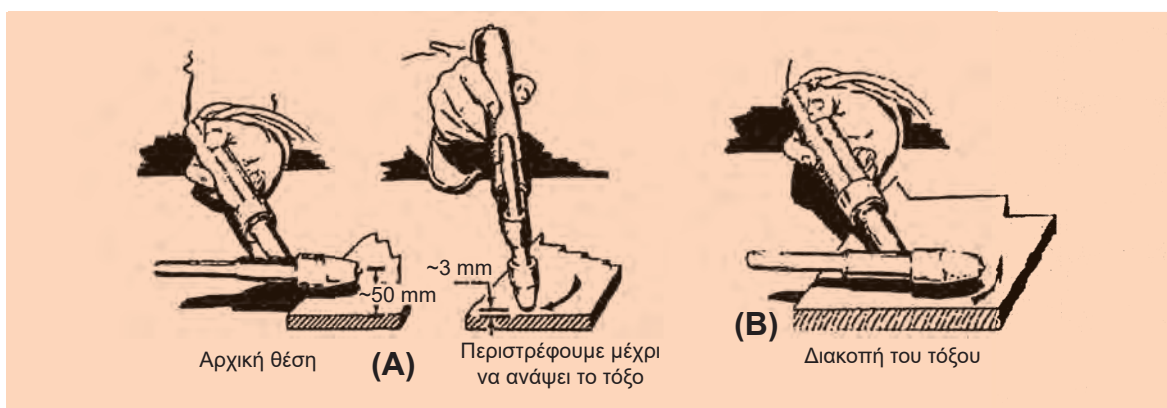
9-15. Η τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων με TIG

Οι βασικές τεχνικές με τις οποίες χειριζόμαστε το ηλεκτρόδιο και το υλικό συγκόλλησης στην TIG φαίνονται στο σχήμα (9.13), για τις θέσεις PA και PB. Η τεχνική που κρατάμε την τσιμπίδα και τη ράβδο με το συγκολλητικό υλικό καθώς και ο συντονισμός των κινήσεων, μοιάζουν πολύ με αυτόν της οξυγονοασετιλίνης. Γι' αυτό και η πρώτη φάση για την εκπαίδευση σε TIG είναι καλύτερα να γίνεται μέσω της ευκολότερης και ασφαλέστερης διαδικασίας της ασετιλίνης που απαιτεί και πολύ φθηνότερο εξοπλισμό (κάτι που ήδη έκαναν οι μαθητές στο κεφάλαιο 5). Ευνόητο όμως είναι ότι ο οξυγονοκολλητής δεν ξέρει να κολλάει και με TIG, αν δεν του γίνει συμπληρωματική εκπαίδευση. Έχει πολλά να μάθει ακόμη, τόσο θεωρητικά (ηλεκτρόδια, ράβδοι, ποιότητες υλικών, επίδραση των αερίων κτλ.), όσο και πρακτικά, όπως τον τρόπο που θα κάνει τη σωστή ρύθμιση του ρεύματος, πώς θα αποφεύγει το σχηματισμό κρατήρα στο τέλος της ηλεκτροσυγκόλλησης κτλ.

Το τόξο, όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 6, δημιουργείται μεταξύ ενός μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. Η απόστασή τους είναι πολύ μικρή, περί τα 3 mm. Πρέπει να προσέχουμε, **επειδή η επαφή του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου με το μέταλλο βάσης** μολύνει το ηλεκτρόδιο με μόρια προερχόμενα από το μέταλλο βάσης και πέφτει η ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης. Επίσης, κατά τη φάση της συγκόλλησης, το άκρο του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου είναι σε ρευστή κατάσταση και κατά την τυχόν επαφή θα εναποτεθεί βολφράμιο στο μέταλλο βάσης, το οποίο είναι βλαβερή ουσία για τη ραφή συγκόλλησης. Η προσθήκη του υλικού στη

ραφή γίνεται με ράβδο, ακολουθώντας την ίδια περίπου τεχνική με αυτή που εφαρμόζεται κατά τη συγκόλληση με οξυγονοασετιλίνη. Η διαφορά είναι ότι το τόξο της TIG είναι πολύ πιο συγκεντρωμένο στην περιοχή συγκόλλησης και λιώνει το μέταλλο, χωρίς να γίνεται η διασπορά της θερμότητας σε μεγάλη έκταση.

Η έναυση του τόξου είναι σωστό να γίνεται μόνο με ACHF, ακόμη και στην περίπτωση που το ρεύμα συγκόλλησης είναι DC. Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (9.14), περίπτωση (A). Φέρνουμε την τσιμπίδα στην αρχική θέση, περίπου 5 cm πάνω από το μέταλλο, και αρχίζουμε να την περιστρέφουμε. Όταν η απόσταση της ακίδας του ηλεκτροδίου είναι μερικά mm από το μέταλλο βάσης, η υψηλή συχνότητα της τάσης, δημιουργεί διαπίδυση και γίνεται η έναυση του τόξου. Όταν το ρεύμα συγκόλλησης έχει επιλεγεί από το χειριστή να είναι DC, τότε, μετά την έναυση, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης το αλλάζει από ACHF σε DC.



Σχήμα (9.14): Η διαδικασία έναυσης και διακοπής του τόξου

Μετά την έναυση, σταθεροποιούμε το τόξο σε απόσταση περίπου 3 mm μεταξύ του άκρου, του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. Η απόσταση που θα πρέπει να τηρούμε διαπιστώνεται και κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης και μπορεί να χρειαστεί να περιοριστεί ακόμη και σε 1-2 mm, πράγμα που αυξάνει τον κίνδυνο να ακουμπήσουν το ηλεκτρόδιο και το μέταλλο βάσης. Η απόσταση πρέπει να διατηρείται, κατά το δυνατόν, σταθερή και αυτό επιτυγχάνεται καλύτερα, όταν το χέρι που κρατάει την τσιμπίδα ακουμπάει στο τραπέζι εργασίας.

Στις μηχανές, που δεν είναι ειδικές για τη συγκόλληση TIG, υπάρχει πρόβλημα έναυσης του τόξου, επειδή δε διαθέτουν ρεύμα ACHF. Πολλοί τύποι μηχανών MMA έχουν τη δυνατότητα να συγκολλήσουν και με TIG, αρκεί, με κάποιο τρόπο, να εκκινήσει το τόξο και σ' αυτές τις μηχανές. Ο μόνος τρόπος είναι να ακουμπήσει το ηλεκτρόδιο στο μέταλλο βάσης. Η διαδικασία είναι όμοια με αυτή που φαίνεται στο σχήμα (9.14) και που την περιγράψαμε προηγουμένως, με μόνη διαφορά ότι φέρνουμε σε επαφή το ηλεκτρόδιο με το μέταλλο βάσης. Όμως αυτή η επαφή, έστω και στιγμιαία, **αλλοιώνει τη χημική σύσταση του άκρου του ηλεκτροδίου** (το

μολύνει με μόρια από το μέταλλο βάσης) και επιδρά αρνητικά στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.

Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα στις ηλεκτροσυγκολλήσεις TIG είναι ο **κρατήρας που δημιουργείται στο τέλος της ραφής** και γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία ο τρόπος με τον οποίο θα διακόψουμε την ηλεκτροσυγκόλληση. Για να σταματήσουμε το τόξο πρέπει να εκτελέσουμε ακριβώς την αντίστροφη κίνηση από αυτή που περιγράψαμε προηγουμένως, όπως φαίνεται στο σχήμα (9.14), περίπτωση (B), αλλά αυτή τη φορά, προκειμένου να περιορίσουμε τη δημιουργία του κρατήρα, η κίνηση πρέπει να είναι ακαριαία. Ο σχηματισμός του κρατήρα εμποδίζεται καλύτερα, αν η μηχανή έχει πεντάλ ή διακόπτη ρύθμισης του ρεύματος, οπότε προβαίνουμε σε σταδιακή μείωση του ρεύματος με παράλληλο γέμισμα του κρατήρα με υλικό συγκόλλησης.

9-16. Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG

(α) Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων

Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στην TIG είναι τυποποιημένα σύμφωνα με το ISO-6848 (έκδοση 1984) και με το AWS A5.12. **Αποτελούνται είτε από καθαρό βολφράμιο⁹ (W) ή περιέχουν βολφράμιο και κάποια μικρή πρόσμιξη άλλου υλικού.** Στον πίνακα (9-9), βλέπουμε τα περισσότερα χρήσιμα είδη των μη αναλωσίμων ηλεκτροδίων. Τα πλέον διαδεδομένα είναι τα πέντε πρώτα (WP, WT20, EWLa-1.5, WC20, WZ3). Τα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε τυποποιημένα μήκη 50, 75, 150 και 175 mm.

Πίνακας (9-9): Μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια ηλεκτροσυγκόλλησης TIG

Σύσταση	Ονομασία	Τυποποίηση κατά ISO		Τυποποίηση κατά AWS	
		Συμβολισμός	Χρώμα	Συμβολισμός	Χρώμα
100% W	Βολφραμίου	WP	Πράσινο	EWP	Το ίδιο
W + 2% ThO ₂	Θορίου 2%	WT20	Κόκκινο	EWTh-2	Το ίδιο
W + 1.5% LaO ₂	Λανθανίου 1,5%	-	-	EWLa-1.5	Χρυσό
W + 2% CeO ₂	Δημήτριου	WC20	Γκρι	EWCe-2	Πορτοκαλί
W + 0,3% ZrO ₂	Ζιρκονίου	WZ3	Καφέ	EWZr-1	Το ίδιο
W + 1% ThO ₂	Θορίου 1%	WT10	Κίτρινο	EWTh-1	Το ίδιο
W + 1% LaO ₂	Λανθανίου 1 %	WL10	Μαύρο	EWLa-1	Το ίδιο

Παρατηρήσεις: (1) Στην πράξη, το πορτοκαλί ή το γκρι υποδηλώνουν το WC20.
(2) Το EWLa-1.5 με τη χρυσή σήμανση δεν προβλέπεται από το ISO και αποτελεί μία πολύ πρόσφατη εξέλιξη στην τεχνολογία της TIG.

Όλα τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια είναι χρωματισμένα στο άκρο τους και, **ανάλογα με το χρώμα, καταλαβαίνουμε τη χημική τους σύσταση.** Στο σχήμα (9.15)

9. Η αγγλική ονομασία του είναι wolfram αλλά παλαιότερα ονομαζόταν tungsten. Η παλιά ονομασία έχει επικρατήσει στα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG.

10. Κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου

φαίνεται ο τρόπος σήμανσης και η συσκευασία των ηλεκτροδίων. Θεωρούνται ως μη αναλώσιμα, αλλά στην πραγματικότητα έχουν και αυτά μία πολύ μικρή φθορά. Το σωστότερο θα ήταν να τα ονομάζαμε «ελάχιστα αναλώσιμα ηλεκτρόδια».

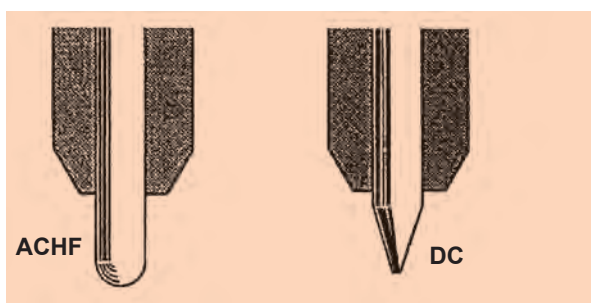


Σχήμα (9.15): Ο χρωματικός κώδικας των ηλεκτροδίων βολφραμίου

Οι συνιστώμενες εντάσεις του ηλεκτρικού ρεύματος φαίνονται στον πίνακα (9-10). Παρατηρούμε ότι τα ηλεκτρόδια με οξείδιο (π.χ. το WT20), τα οποία μάλιστα συμβαίνει να είναι πολύ χαμηλότερου κόστους από τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου (WP), έχουν ικανότητα χειρισμού μεγαλύτερων εντάσεων ρεύματος. Γι' αυτό και η χρήση των ηλεκτροδίων WP είναι πολύ περιορισμένη και χρησιμοποιούνται μόνο στο αλουμίνιο, λόγω άλλων ιδιοτήτων που

Πίνακας (9-10): Οι εντάσεις ρεύματος στα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια (σε A)

Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)	Ρεύμα DC- (συγκόλληση χαλύβων)		Ρεύμα ACHF (συγκόλληση αλουμινίου)	
	Καθαρό Βολφράμιο	Με οξείδιο	Καθαρό Βολφράμιο	Με οξείδιο
0,5	2-20	2-20	2-15	2-15
1,0	10-75	10-75	15-55	15-70
1,6	40-130	60-150	45-90	60-125
2,0	75-180	100-200	65-125	85-160
2,4	130-230	170-250	80-140	120-210
3,2	160-310	225-330	150-190	150-250



Σχήμα (9.16): Η διαμόρφωση του άκρου στα ηλεκτρόδια βολφραμίου

παρουσιάζουν. Σημασία, ακόμη, έχει και ο τρόπος διαμόρφωσης του άκρου των ηλεκτροδίων που πρέπει να είναι όπως βλέπουμε στο σχήμα (9.16).

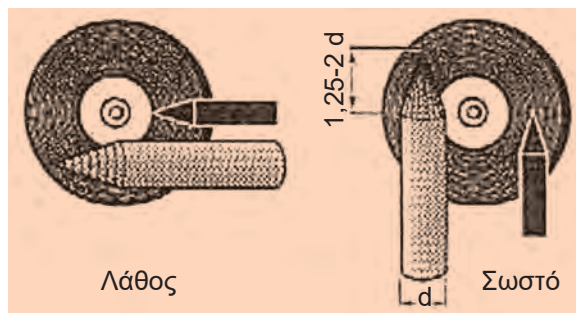
Με το ανάστροφο ρεύμα DC+, η ικανότητα των ηλεκτροδίων περιορίζεται σε πολύ χαμηλές τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος. Π.χ. ηλεκτρόδιο με διάμετρο 1,6 mm, το οποίο για DC- είναι κατάλληλο για ρεύμα 60-150 A, με DC+ είναι κατάλληλο μόλις 10-20 A.

(β) Ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται με ρεύμα DC- (στους χάλυβες)

Το πλέον χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο είναι το WT20, δηλαδή αυτό με την κόκκινη σήμανση (με 2% ThO₂). Όμως το θόριο (Th) είναι ελαφρά ραδιενεργό και η σκόνη του, από το τρόχισμα, δεν πρέπει να αναπνέεται. Εναλλακτική λύση είναι το ηλεκτρόδιο WC20 (με 2% CeO₂) με την γκρι σήμανση (κατά ISO) ή την πορτοκαλί (κατά AWS), επειδή δεν είναι ραδιενεργό, υστερεί όμως σε επιδόσεις έναντι του WT20. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε το ηλεκτρόδιο EWLa-1.5 (χρυσή σήμανση,

κατά AWS) το οποίο έχει σχεδόν το ίδιο καλές επιδόσεις με το WT20, αλλά χωρίς να περιέχει ραδιενεργό υλικό. Έχει ενσωματωθεί στην τυποποίηση κατά AWS, αλλά δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί στην τυποποίηση κατά ISO. Αν ενσωματωθεί, η ονομασία του αναμένεται ότι θα είναι WL15 (επειδή με 1% LaO_2 συμβολίζεται WL10).

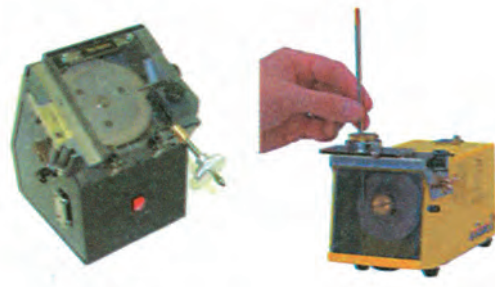
Για τη συγκόλληση με ρεύμα DC το ηλεκτρόδιο πρέπει να διαθέτει τροχισμένο κωνικό άκρο, όπως φαίνεται στο σχήμα (9.16). Το μήκος του κώνου συνήθως είναι 1,25-2 φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο και αυτό το μήκος αντιστοιχεί σε γωνία κώνου περίπου $30-45^\circ$. Για ρεύματα μέχρι 90 A, μπορούμε να έχουμε πιο αιχμηρά ηλεκτρόδια, με γωνία $20-30^\circ$. **Χρειάζεται όμως προσοχή στον τρόπο που τα τροχίζουμε, διότι οι γραμμές του τροχού πρέπει να είναι κατά τη διεύθυνση του άξονα και ουδέποτε κάθετα προς αυτόν.** Αν είναι κάθετα, δε θα υπάρχει σταθερότητα στη θέση του τόξου (αλλάζει θέσεις κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης). Ο σωστός τρόπος τροχίσματος του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου φαίνεται στο σχήμα (9.17).



Σχήμα (9.17): Ο τρόπος που τροχίζεται το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο για το σχηματισμό της αιχμής

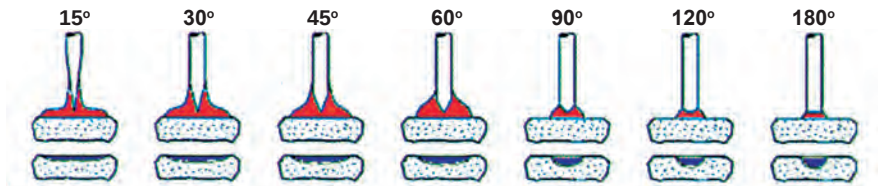
Το τρόχισμα πρέπει να γίνεται με σκληρό τροχό (π.χ. με διαμαντοτροχό), επειδή το βολφράμιο είναι πολύ σκληρό. Συχνά χρησιμοποιούνται ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, όπως αυτά που βλέπουμε στο σχήμα (9.18), στα οποία ο τροχός είναι κλεισμένος σε διαφανές κάλυμμα. Επίσης, **δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται τροχοί που έχουν τροχίσει οτιδήποτε άλλο εκτός από βολφράμιο, επειδή, αν μολυνθεί το βολφράμιο με ξένες ουσίες, πέφτει πολύ η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.** Για τον ίδιο λόγο, **οι τροχοί πρέπει να διατηρούνται σε κλειστό χώρο, απομονωμένοι από το περιβάλλον του συνεργείου,** για να μην επικίνδυνονται σκόνης στην επιφάνειά τους, που μολύνουν τα ηλεκτρόδια κατά το τρόχισμα. Αυτός είναι ένας επιπλέον λόγος για τη χρήση των ειδικών τροχιστικών μηχανημάτων για τα ηλεκτρόδια βολφραμίου.

Η διαμόρφωση των ηλεκτροδίων με ειδικό τροχό έχει το πλεονέκτημα ότι **δεν αφήνει τα μέρη του βολφραμίου να περιφέρονται στην ατμόσφαιρα.** Ακόμη πιο σοβαρό είναι το πρόβλημα, **όταν υπάρχει και θόριο,** επειδή, όπως αναφέραμε, αυτό το υλικό είναι ραδιενεργό. Σε περίπτωση όμως που δε χρησιμοποιούνται ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, **το τρόχισμα θα πρέπει να γίνεται φορώντας μάσκα και,**



Σχήμα (9.18): Ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, για το τρόχισμα των μη αναλώσιμων ηλεκτροδίων

αφού αλλάξουμε τον τροχό και βάλουμε στη θέση του τον ειδικό τροχό που **τον δι-ατηρούμε καθαρό μόνο για τα ηλεκτρόδια βολφραμίου**. Εναλλακτική λύση είναι να παραγγέλλονται έτοιμα, τροχισμένα ηλεκτρόδια (και από τις δύο μεριές) και τα χρησιμοποιημένα να αποστέλλονται για τρόχισμα.

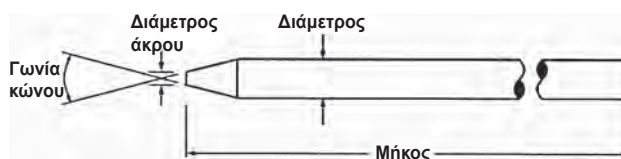


Σχήμα (9.19): Η διείσδυση, η μορφή της ραφής και η μορφή του τόξου ανάλογα με τη γωνία του κώνου του μη αναλωσίμου ηλεκτροδίου

Όπως φαίνεται και στο σχήμα (9.19), ανάλογα με τη διείσδυση που θέλουμε να επιτύχουμε, επιδιώκουμε μεγαλύτερη ή μικρότερη γωνία. **Το άκρο του ηλεκτροδίου του όμως δε θα πρέπει να έχει πάντοτε αιχμή, επειδή το μόνο που αυτή προσφέρει είναι η ευκολία ανάματος του τόξου.** Ο τρόπος προετοιμασίας του άκρου του ηλεκτροδίου έχει μεγάλη σημασία για τις ιδιότητές του και τη μορφή της ραφής, όπως φαίνεται στον πίνακα (9-11).

Πίνακας 9-11: Οδηγίες για τη σωστή διαμόρφωση του άκρου του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου TIG

Σημείο σύγκρισης	Διαμόρφωση του άκρου		Γωνία του κώνου	
	Αιχμηρό	Πλατύ	Μικρή	Μεγάλη
Έναυση	Εύκολη	Δύσκολη	Εύκολη	Δύσκολη
Σταθερότητα του τόξου	Μικρή	Μεγάλη	Μικρή	Μεγάλη
Διείσδυση	Ρηχή	Βαθιά	Ρηχή	Βαθιά
Διάρκεια ζωής	Μικρή	Μεγάλη	Μικρή	Μεγάλη
Κατάλληλο για ένταση ρεύματος	-	-	Μικρή	Μεγάλη
Μορφή του τόξου	-	-	Πλατύ	Στενό
Προτεινόμενη αρχική τιμή	[Ρεύμα συγκόλλησης σε A] / 200 (mm) Π.χ. για ρεύμα 100 A: Διάμετρος άκρου= 100/200=0,5 mm		Οποιαδήποτε μεταξύ 14° και 60° Μέχρι 90 A προτείνεται: 20-30° Για άνω των 90 A: 30-45°	



(γ) Ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται με το ρεύμα ACHF (με αλουμίνιο)

Το ηλεκτρόδιο **καθαρού βολφραμίου** χρησιμοποιείται κυρίως στις συγκολλήσεις αλουμινίου **με ρεύμα ACHF**. Σε ισχυρά μόνο ρεύματα χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο του ζirkονίου, επειδή, όπως βλέπουμε και από τον πίνακα (9-10), τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου, με ρεύμα ACHF, παρουσιάζουν μικρότερη αντοχή. Με την εισαγωγή στην τεχνολογία των συγκολλήσεων του ηλεκτροδίου με 1,5% LaO_2 , άρχισε να χρησιμοποιείται και το EWLa-1.5, το οποίο φαίνεται να έχει καλή συμπεριφορά και στις ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου.

Τα ηλεκτρόδια που προορίζονται για συγκόλληση με ACHF πρέπει να είναι στρογγυλεμένα στην άκρη τους. Δεν υπάρχει θέμα τροχίσματος του ηλεκτροδίου, καθ' όσον αυτή η στρογγυλή μορφή διατηρείται και κατά τη φάση της συγκόλλησης.

(δ) Η συμπεριφορά των μη αναλώσιμων ηλεκτροδίων κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Η μεταφορά βολφραμίου από το ηλεκτρόδιο στο λουτρό συγκόλλησης είναι επιβλαβής και, αν τυχόν αποσπαστούν μικρά τεμάχια και πέσουν στο λουτρό συγκόλλησης, αυτά θα πρέπει να αφαιρεθούν.

Παρ' όλον που το βολφράμιο είναι το πλέον δύστηκτο υλικό που υπάρχει, με σημείο τήξης 3410°C , η υψηλή θερμοκρασία του τόξου τήκει το άκρο του ηλεκτροδίου και σχηματίζει ένα σφαιρίδιο. Αυτό είναι πολύ μικρότερο από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου στο ρεύμα DC- αλλά μεγαλύτερο από τη διάμετρο στο ACHF.

Το λιωμένο σφαιρίδιο στο άκρο του ηλεκτροδίου σταθεροποιεί το τόξο. Το βολφράμιο εξαερώνεται στους 5920°C και οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες, κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, δεν επαρκούν να το εξαερώσουν. Το αποτέλεσμα είναι το ηλεκτρόδιο να φθείρεται ελάχιστα, ώστε να μπορεί να θεωρείται ως μη αναλώσιμο. Αν οι διαστάσεις του σχηματιζόμενου σφαιριδίου είναι υπερβολικές, σημαίνει ότι η εκτελούμενη ηλεκτροσυγκόλληση απαιτεί μεγαλύτερης διαμέτρου ηλεκτρόδιο.

9-17. Η τυποποίηση των συμπαγών συρμάτων και των ράβδων κατά AWS**(α) Συμπαγή σύρματα και ράβδοι για ανθρακοόχους και ελαφρά κραματικούς χάλυβες**

Όπως συμβαίνει και με τα επενδυμένα ηλεκτρόδια, η τυποποίηση στο σύστημα AWS ακολουθεί πολύ απλούς κανόνες. Συγκεκριμένα, με βάση το πρότυπο AWS-A5.18 έχουμε:

- ER70S είναι το σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης με αντοχή 70.000 psi. Η αντοχή αυτή αντιστοιχεί στο SI με 490 MPa, δηλαδή **πολλαπλασιάζουμε το 70 με το 7**. Αντίστοιχα, μπορεί να συναντήσουμε τα ER80S, ER90S κτλ. Το S υποδηλώνει συμπαγές σύρμα (ενώ το T, που θα συναντήσουμε αργότερα, σημαίνει σωληνωτό σύρμα).
- Η ίδια ονομασία χρησιμοποιείται, όταν το υλικό είναι σε ράβδους για TIG.

Παρατήρηση: Ο συμβολισμός ER υποδηλώνει υλικό που είναι κατάλληλο για να παραχθεί, τόσο υπό μορφή ηλεκτροδίου (σύρματος) για MIG/MAG όσο και υπό μορφή ράβδου για TIG. Αν το υλικό είναι κατάλληλο μόνο για σύρμα, τότε χρησιμοποιείται το E (όπως συμβαίνει με τα σωληνωτά σύρματα που θα δούμε παρακάτω), ενώ, αν είναι κατάλληλο μόνο για ράβδο, χρησιμοποιείται το R¹¹.

Τον παραπάνω συμβολισμό ακολουθεί ένας αριθμός π.χ. ER70S-6. Όταν υπάρχουν και μικρές προσμίξεις άλλων μετάλλων (ελαφρά κραματικοί χάλυβες), ακολουθεί ένα γράμμα με έναν αριθμό, π.χ. ER70S-B2. Οι συμβολισμοί αυτοί έχουν σχέση με τη χημική σύσταση του εναποτιθέμενου μετάλλου και βρίσκεται από τους πίνακες που περιέχονται στο πρότυπο.

Συνήθως, τα σύρματα των ανθρακούχων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων έχουν επικάλυψη χαλκού για την προστασία τους από τη σκουριά. Αυτή είναι εξαιρετικά λεπτού πάχους, (ελάχιστα 0,05 mm) και αποτελεί αμελητέα ποσότητα στη χημική τους σύσταση, η οποία ουδόλως επηρεάζει τις ιδιότητές τους.

Στην πράξη τα πλέον συνηθισμένα υλικά είναι:

- Το ER70S-6, σε συμπαγές σύρμα που χρησιμοποιείται σε ανθρακούχους χάλυβες.
- Το ER70S-3, σε ράβδους για ηλεκτροσυγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων με TIG. Απαιτεί καθαρή επιφάνεια χωρίς σκουριές.

Η διαφορά των ER70S-6 και ER70S-3: Το πρώτο έχει $\pi(\text{Mn})=1,5\%$ και $\pi(\text{Si})=1\%$, ενώ το δεύτερο έχει $\pi(\text{Mn})=1\%$ και $\pi(\text{Si})=0,5\%$, δηλαδή μικρότερη περιεκτικότητα σε αποξιδωτικές ουσίες. Υπενθυμίζουμε, επίσης, ότι το Mn δεσμεύει και το S και γι' αυτό υπάρχει πάντα στα ηλεκτρόδια και τις ράβδους.

- Στους ελαφρά κραματικούς χάλυβες χρησιμοποιούνται υλικά όπως τα ER80S-B2, ER70S-A1, ER80S-D2, ER90S-B3. Τα υλικά αυτά διατίθενται τόσο σε σύρμα για τη MIG/MAG όσο και σε ράβδους για την TIG.

Επεξήγηση: Το γράμμα A υπονοεί μικρή $\pi(\text{Mo})$, το B μικρή $\pi(\text{Cr}) + \pi(\text{Mo})$ και το D μικρή $\pi(\text{Mn}) + \pi(\text{Mo})$. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός που ακολουθεί, τόσο αυξάνεται η περιεκτικότητα. Π.χ. το B2 έχει $\pi(\text{Cr})=1,25\%$ και $\pi(\text{Mo})=0,5\%$, ενώ το B3 έχει $\pi(\text{Cr})=2,25\%$ και $\pi(\text{Mo})=1\%$. Το A1 και το D2 έχουν και τα δύο $\pi(\text{Mo})=0,5\%$ αλλά το D2 έχει $\pi(\text{Mn})=1,75\%$ αντί του 1 % που είναι το σύνηθες.

(β) Ανοξείδωτα σύρματα και ράβδοι

Ακόμη πιο απλό είναι το σύστημα τυποποίησης στους ανοξείδωτους χάλυβες. Ισχύουν οι ίδιες ακριβώς ονομασίες που είδαμε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, με μόνη διαφορά ότι αντί για το γράμμα E, προτάσσονται τα γράμματα ER. Π.χ. το E308L είναι επενδυμένο ηλεκτρόδιο για MMA, ενώ το ER308L είναι γυμνό σύρμα για MIG/MAG ή ράβδος για TIG. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι τύποι ανοξείδωτων συρμάτων και ράβδων χρωμιονικελιούχων χαλύβων αναφέρονται στον πίνακα (9-12).

11. Ο συμβολισμός ER προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Electrode or Rod (= ηλεκτρόδιο ή ράβδος) και το R προέρχεται από το Rod (=ράβδος).

Όπως φαίνεται στον πίνακα (9-12), στα σύρματα ηλεκτροσυγκόλλησης των ανοξείδωτων χαλύβων υπάρχει συχνά και πυρίτιο (Si) ως σταθεροποιητής του τόξου.

Πίνακας 9-12: Οι πλέον συνηθισμένοι τύποι ανοξείδωτων συρμάτων και ράβδων

Ονομασία	Μορφή	Χρήση
ER308L	Σύρμα-Ράβδοι	Το τυπικό υλικό συγκόλλησης ανοξείδωτων χαλύβων που περιέχουν Cr και Ni. Είναι ακατάλληλο, όταν περιέχονται στο χάλυβα και άλλες προσμίξεις, ιδίως Mo.
ER309L	Σύρμα-Ράβδοι	Για τη συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων που, εκτός από Cr, Ni, περιέχουν και Mo.
ER316L	Σύρμα-Ράβδοι	Μπορεί με αυτό να συγκολληθεί απλός ανθρακούχος χάλυβας με ανοξείδωτους χάλυβες ή διαφορετικά είδη ανοξείδωτων χαλύβων μεταξύ τους.
ER347	Σύρμα-Ράβδοι	Για τη συγκόλληση των σταθεροποιημένων ανοξείδωτων χαλύβων ¹² . Έχει την ίδια χημική σύσταση με το E308L, με επιπλέον προσθήκη Nb.
ER308L Si	Σύρμα	Όπως τα παραπάνω αλλά με μεγαλύτερη περιεκτικότητα Si, η οποία βελτιώνει τη σταθερότητα του τόξου και τη συγκολλησιμότητα του χάλυβα. Η ονομασία (ER) φανερώνει ότι το υλικό είναι κατάλληλο και για ράβδους, στην πράξη όμως υπάρχει σχεδόν αποκλειστικά με τη μορφή σύρματος.
ER309L Si		
ER316L Si		
ER347 Si		

Αυτή είναι μία ιδιαιτερότητα που συναντάται μόνο στα ανοξείδωτα σύρματα. Η υψηλή περιεκτικότητα Si δε συνηθίζεται στις ράβδους αλλά ούτε και στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

(γ) Σύρματα και ράβδοι για τη συγκόλληση του αλουμινίου

Επίσης, πολύ απλό είναι το σύστημα τυποποίησης του αλουμινίου που είναι σύμφωνο με το AWS-A5.10. **Δεν υπάρχει αντίστοιχο σύστημα στην τυποποίηση κατά ISO¹³**, οπότε αυτό το σύστημα είναι το πλέον κατάλληλο για να χρησιμοποιούμε¹⁴. Ισχύουν οι ίδιες ακριβώς ονομασίες που είδαμε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, με μόνη διαφορά ότι αντί για το γράμμα E, προτάσσονται τα γράμματα ER. Π.χ. το

12. Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 1-15, οι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο, αντιμετωπίζουν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση το πρόβλημα της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου. Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται με την προσθήκη Nb (νιοβίου) ή Ta (τανταλίου) ή Ti (τιτανίου).

13. Κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου. Η κατάσταση κατά το χρόνο της διδασκαλίας μπορεί να έχει αλλάξει.

14. Υπάρχει και το σύστημα τυποποίησης κατά D1N-1732, με το οποίο τα E1100, E4043, E4047 και E5356 αναφέρονται αντίστοιχα ως EL-AI99.5, SG-AISi5, SG-AISi12 και SG-AIMg5.

E4043 είναι επενδυμένο ηλεκτρόδιο για MMA, ενώ το ER4043 είναι γυμνό σύρμα για MIG/MAG ή ράβδος για TIG. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι τύποι συρμάτων και ράβδων αλουμινίου αναφέρονται στον πίνακα (9-13).

Τα ER4043 και ER4047 περιέχουν Si σε ποσοστά 5% και 12% αντίστοιχα, ενώ το ER5356 περιέχει 5% μαγνήσιο (Mg). Και τα τρία αυτά υλικά έχουν εφαρμογή στις

Πίνακας 9-13: Τα πιο χρήσιμα σύρματα και ράβδοι αλουμινίου

Ονομασία	Ιδανικό για:	Κατάλληλο επίσης για:	Ακατάλληλο για:	Μορφή
ER1100	1xxx	-	3xxx, 4xxx, 5xxx, 6xxx, 7xxx	Σύρμα Ράβδοι
ER4043, ER4047	6xxx	1xxx, 3xxx, 4xxx, 5xxx	5052, 7xxx	
ER5356	5xxx	3xxx, 4xxx, 6xxx, 7xxx	1xxx	

περισσότερες περιπτώσεις (όλα είναι κατάλληλα για τα αλουμίνια 3xxx, 4xxx, 5xxx, 6xxx). Το ER4043 είναι άριστο στη συγκόλληση των αλουμινίων 6xxx που είναι τα πλέον διαδεδομένα, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τα αλουμίνια 1xxx που έχουν επίσης αρκετή διάδοση. Σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη μηχανική χρησιμοποιείται το ER4047 (έχει όμως μικρότερη ελαστικότητα από το ER4043). Όμως, όπως είδαμε, το ER5356 χρησιμοποιείται πολύ στις ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου με MIG, επειδή είναι σκληρό και μπερδεύεται πιο δύσκολα. Χαρακτηριστικό για την υπεροχή του υλικού 4043 είναι και το γεγονός ότι τα επενδυμένα ηλεκτρόδια αλουμινίου που έχουν περιορισμένη χρήση, είναι κυρίως του τύπου E4043, ενώ δεν κατασκευάζονται επενδυμένα ηλεκτρόδια E5356 (όπως είδαμε στο κεφάλαιο 8).

9-18. Τυποποίηση συμπαγών συρμάτων και ράβδων κατά ISO και EN

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφερθήκαμε στο σύστημα τυποποίησης που ισχύει κατά AWS το οποίο χρησιμοποιείται ευρύτατα στην αγορά. **Αλλά το επίσημο σύστημα που ισχύει στη χώρα μας είναι αυτό που θα αναπτύξουμε σ' αυτήν την παράγραφο** (εκτός από την τυποποίηση των αλουμινίων). Πρέπει να φροντίσουμε να το μάθουμε καλά. Αν και είναι λίγο πιο δύσκολο από το σύστημα κατά AWS, η ονομασία ενός σύρματος ή μιας ράβδου σύμφωνα με το ISO ή την EN μας δίνει όλα σχεδόν όσα χρειαζόμαστε να γνωρίζουμε γι' αυτό το υλικό. Ένα ακόμη πολύ σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι **ο ΕΛΟΤ διαθέτει όλα τα σχετικά πρότυπα στην Ελληνική με τον ίδιο αριθμό που έχουν τα πρότυπα EN.**

(α) Συμπαγή σύρματα και ράβδοι για ανθρακούχους και ελαφρά κραματικούς χάλυβες

Η τυποποίηση γίνεται με βάση το **ISO-14341** το οποίο αναγνωρίζει δύο τρόπους τυποποίησης, τον «**A**» και το «**B**»¹⁵. Ο «**A**» είναι απόλυτα όμοιος με την τυποποίηση κατά **EN-440** ή **ΕΛΟΤ-440**. Οι ελαφρά κραματικοί χάλυβες που προβλέπονται στο

πρότυπο αναφέρονται ως **λεπτόκοκκοι χάλυβες**, επειδή οι προσμίξεις τους είναι τέτοιες που οδηγούν σε μικρό μέγεθος κόκκου, δηλαδή σε μεγάλες αντοχές.

• **Περιγραφή της τυποποίησης ISO-14341-A ή EN-440 ή ΕΛΟΤ-440¹⁶**

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι ότι η αντοχή περιγράφεται με το όριο **ελαστικότητας** και η δυσθραυστότητα με τη θερμοκρασία στην οποία αυτή έχει τιμή **47 J**.

Παράδειγμα συμβολισμού: **G423M-G3Si1** ή μόνο με το **G3Si1**

Προηγείται το γράμμα G και ακολουθεί ένας αριθμός που, αν πολλαπλασιαστεί με το 10, δίνει το όριο ελαστικότητας σε MPa¹⁷. Οι μόνες τιμές που επιτρέπονται γι' αυτόν τον αριθμό είναι **35, 38, 42, 46, 50** (στο παράδειγμα είναι 42, άρα 420 MPa). Ο επόμενος αριθμός ο οποίος δείχνει τη θερμοκρασία στην οποία η δυσθραυστότητα είναι 47 J, φαίνεται στον πίνακα (9-14) (στο παράδειγμα είναι 3, δηλαδή - 20°C). Μετά ακολουθεί ο συμβολισμός του αερίου που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι C, M, A, όπως φαίνεται στον πίνακα (9-2) (στο παράδειγμα είναι M, δηλαδή αέριο Ar+20-25%CO₂).

Πίνακας 9-14: Θερμοκρασία στην οποία η δυσθραυστότητα είναι τουλάχιστο 47 J/cm² κατά ISO-14341-A

3ο ψηφίο	Z	A	2	3	4	5	6	7
Θερμοκρασία	Άγνωστη	20°C	0°C	-20°C	-30°C	-40 °C	-50°C	-60 °C

Το τελευταίο μέρος του συμβολισμού αναφέρεται στη χημική σύσταση. **Το πρότυπο επιτρέπει η ονομασία του σύρματος να γίνεται και μόνο με τη χημική του σύσταση.** Στο παράδειγμά μας το **G3Si1** σημαίνει ότι υπάρχει περίπου 3x0,5 = 1,5% Mn και περίπου 1% Si. Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται για τη χημική σύσταση δεν είναι πολλοί και περιλαμβάνονται σ' αυτούς μόνο δύο χημικά στοιχεία. Το πρώτο είναι πάντοτε το Mn. Πάντα ξεκινάει ο συμβολισμός με το G και ακολουθεί ένας αριθμός, ο οποίος πολλαπλασιάζεται με το 0,5 μας δίνει την κατά προσέγγιση περιεκτικότητα σε Mn. Μετά υπάρχει ο συμβολισμός ενός δεύτερου στοιχείου. Αυτό ενδέχεται να ακολουθείται από έναν αριθμό που υποδηλώνει την περιεκτικότητά του ή, όταν η περιεκτικότητα είναι αρκετά κάτω του 1%, να μην ακολουθείται από αριθμό. **Τυποποιημένοι συμβολισμοί είναι μόνο οι: G2Si1, G3Si2, G4Si1, G2Ti, G2Al, G3Ni1, G2Ni2, G2Mo και G4Mo.** Όταν η χημική σύσταση δεν

15. Το σκεπτικό είναι όμοιο με αυτό με το οποίο γίνεται η τυποποίηση των επενδυμένων ηλεκτροδίων με το ISO-2560 που είδαμε στο κεφάλαιο 8. Τα δύο πρότυπα εκδόθηκαν τον 11/2002.

16. Υπενθυμίζεται ότι οι μαθητές δε χρειάζεται να απομνημονεύουν και τους αριθμούς των προτύπων. Όταν εξετάζονται αρκεί να λένε ή να γράφουν "κατά AWS" ή "κατά ISO". Στην προκειμένη περίπτωση η διατύπωση του εξεταζόμενου μαθητή αρκεί να είναι "περιγραφή του τρόπου τυποποίησης κατά ISO ή EN ή ΕΛΟΤ"

17. 1 MPa = 1 N/mm²

εμπίπτει σε κάποια τυποποιημένη κατηγορία, χρησιμοποιείται ο συμβολισμός G0.

- **Περιγραφή του τρόπου τυποποίησης ISO-14341-B¹⁸**

Η αντοχή περιγράφεται με το όριο **θραύσης** και η δυσθραυστότητα με τη θερμοκρασία στην οποία έχει τιμή **27J**, όπως συμβαίνει και με τα πρότυπα AWS. Πέραν αυτής της ομοιότητας με το AWS, δεν υπάρχει άλλο κοινό στοιχείο μεταξύ των δύο τυποποιήσεων¹⁹. Οι μόνες τιμές που επιτρέπονται για το όριο θραύσης είναι **43, 49, 53, 57**.

Παράδειγμα συμβολισμού: G493M-G6 ή μόνο με το G6

Ο συμβολισμός είναι σχεδόν ο ίδιος με του ISO-14341-A. Οι μόνες διαφορές που υπάρχουν είναι:

- ⇒ Ότι χρησιμοποιείται το όριο θραύσης αντί για το όριο ελαστικότητας
- ⇒ Στον πίνακα (9-14) αντί για το γράμμα A για τους 20°C χρησιμοποιείται το Y.
- ⇒ Οι τυποποιημένοι συνδυασμοί όσον αφορά το συμβολισμό της χημικής σύστασης, είναι διαφορετικοί. Οι μόνες ομοιότητες που υπάρχουν στο συμβολισμό της χημικής σύστασης είναι ότι προηγείται πάντα το G και ότι στην περίπτωση που δεν εμπίπτει το σύρμα σε καμία τυποποιημένη κατηγορία χρησιμοποιείται ο συμβολισμός G0.

Σε όλους τους ανθρακούχους χάλυβες, ανάλογα με τη χημική τους σύσταση, το γράμμα G ακολουθείται από έναν αριθμό που κυμαίνεται από το 2 μέχρι το 17. Ο αριθμός αυτός δεν υποδηλώνει τίποτε άλλο εκτός από το σημείο ενός πίνακα στο οποίο μπορούμε να ανατρέξουμε, αν τυχόν χρειάζεται να βρούμε τη χημική σύσταση του εναποτιθέμενου μετάλλου (ο πίνακας περιέχεται στο πρότυπο).

Στους ελαφρά κραματικούς χάλυβες χρησιμοποιούνται οι εξής συμβολισμοί για τα στοιχεία: N για το νικέλιο, M για το μολυβδαίνιο, C για το χρώμιο και το χαλκό, T για το τιτάνιο. Παραδείγματα τέτοιων συμβολισμών είναι: G3M1 (1,5% Mn, 0,4% Mo), GN5 (5% Νικέλιο), GNCC (περιέχει Ni, Cr και Cu σε ποσοστά κάτω του 1% το καθένα), GN2M4T (2% Νικέλιο, 0,8% Mo και μικρό ποσοστό Τιτανίου).

(β) Η τυποποίηση των ράβδων TIG ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων

Η τυποποίηση γίνεται με την EN-1668. Ο τρόπος τυποποίησης είναι όμοιος με των συμπαγών συρμάτων, με μόνες διαφορές:

- **Αντί του G χρησιμοποιείται το W**, τόσο για την ονομασία όσο και για τη χημική σύσταση.

18. Ό,τι είναι σε πλάγια γραφή, μπορεί να παραλειφθεί κατά την κρίση του διδάσκοντος, ανάλογα όμως και με τις τάξεις που θα επικρατούν στην τυποποίηση κατά το χρόνο της διδασκαλίας. Επίσης, οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να ασχοληθούν περισσότερο με την τυποποίηση, στα πλαίσια των ομαδικών δραστηριοτήτων.

19. Σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στην τυποποίηση των ηλεκτροδίων, όπου το ISO-2560-B είναι σχεδόν όμοιο με το αντίστοιχο πρότυπο κατά AWS.

- **Δεν υπάρχει σύμβολο του αερίου.** Προφανώς αυτό δε χρειάζεται, αφού στην TIG χρησιμοποιείται μόνο το αργόν.

Παράδειγμα συμβολισμού: **W422W2Si** ή **W2Si** (περιέχει περίπου 1% Mn και Si σε ποσοστό μικρότερο του 1%).

(γ) Η τυποποίηση των ανοξειδωτων συρμάτων και ράβδων

Η τυποποίηση, όπως προβλέπεται στο ISO-12072, γίνεται με βάση τη χημική σύσταση του κράματος. Όταν πρόκειται για σύρμα, προηγείται το γράμμα G, ενώ για ράβδο το γράμμα W. Συμβολισμός για το αέριο δε χρειάζεται, αφού δεν υπάρχουν πολλές επιλογές. Το αέριο θα είναι Ar για την TIG και Ar+1-3%O₂ για τη MIG/MAG.

Πίνακας 9-15: Οι πλέον συνηθισμένοι τύποι ανοξειδωτων συρμάτων και ράβδων

Είδος συγκόλλησης		Χημική σύσταση					
MIG/MAG	TIG	C%	Cr %	Ni %	Mo %	Nb %	Mn %
E 19 9 L	W 19 9 L	< 0,04	18-21	9-11	-	-	< 2,5
E 23 12 L	W23 12 L	< 0,04	22-25	12-14	-	-	< 2,5
E19 12 3 L	W19 12 3 L	< 0,04	17-20	11-14	2-3%	-	< 2,5
E19 9 Nb L	W 19 9 Nb L	< 0,08	18-21	9-11	-	0,5-1%	< 2,5

9-19. Η ηλεκτροσυγκόλληση FCAW

Η ηλεκτροσυγκόλληση FCAW είναι μία εξέλιξη της MIG/MAG. Με αυτήν επιτυγχάνονται ορισμένες βελτιώσεις της MIG/MAG, αλλά η MIG/MAG εξακολουθεί να υπερέχει σε αρκετά σημεία, όπως π.χ. στην ικανότητά της να εκτελεί συγκολλήσεις ελασμάτων πολύ μικρού πάχους και στο ότι δεν παράγει πολλές αναθυμιάσεις. Ο πίνακας (9-16) μας δίνει μία σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων, προκειμένου να επιλεγεί η πλέον κατάλληλη.

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι η MIG/MAG, σε γενικές γραμμές, παρουσιάζει υπεροχή έναντι της FCAW, αλλά το πλεονέκτημα της FCAW είναι ότι με το κατάλληλο σύρμα δεν επηρεάζεται από τα ρεύματα αέρα και γι' αυτό είναι σε θέση, να εκτελέσει και υπαίθριες συγκολλήσεις, κάτι που για τη MIG/MAG είναι αδιανόητο. Ακόμη, δεν πρέπει να παραβλέψουμε τη δυσκολία με την οποία η MIG/MAG μπορεί να κολλήσει χοντρά ελάσματα με τη μέθοδο βραχυκυκλωμένου τόξου (με την οποία συνήθως χρησιμοποιείται σε ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματικούς χάλυβες), λόγω του κινδύνου να μη γίνει καλή τήξη, ενώ η FCAW δεν αντιμετωπίζει τέτοιο πρόβλημα.

Η συγκόλληση με την FCAW γίνεται με CO₂ ή με μείγμα Ar+20-25% CO₂, ακόμη και στην περίπτωση που κολλάμε με ανοξειδωτο σύρμα, επειδή η πάστα παρέχει

Πίνακας 9-16: Σύγκριση μεταξύ MIG και FCAW (με κόκκινο χρώμα αυτή που παρουσιάζει υπεροχή)

Σημείο σύγκρισης	MIG	FCAW
Συγκόλληση λεπτών ελασμάτων	Από 0,6 mm (24 gauge)	Από 1 mm (20 gauge)
Συγκόλληση χοντρών ελασμάτων	Χρειάζεται προσοχή σε πάχη >6mm (με βραχυκυκλωμένο τόξο)	Δεν αντιμετωπίζει κανένα πρόβλημα
Εμφάνιση της ραφής	Καλή εμφάνιση	Μέτρια εμφάνιση
Πιπιλίσματα	Λίγα	Πολλά
Αναθυμιάσεις	Περιορισμένες	Πάρα πολλές
Προστασία της ραφής	Πολύ καλή	Άριστη
Ευκολία εκμάθησης-χειρισμού	Πολύ εύκολη	Χρειάζεται εξάσκηση και πείρα
Τήρηση αποθήκης αναλωσίμων	Απαιτούνται ελάχιστα είδη συρμάτων	Χρειάζονται αρκετά σύρματα
Προετοιμασία επιφανείας	Απαιτείται να είναι καλή	Ελάχιστη προετοιμασία
Ευαισθησία σε ρεύματα αέρα	Πολύ μεγάλη	Μικρή
Υπαίθρια συγκόλληση	Όχι	Ναι, με το κατάλληλο σύρμα
Ανάγκη ακρίβειας στη ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης	Όχι ιδιαίτερη, τα μικρά λάθη δεν έχουν δυσμενείς επιπτώσεις.	Χρειάζεται σχετική ακρίβεια στη ρύθμισή της

την απαιτούμενη προστασία και περιέχει και αποξειδωτικά στοιχεία. Με το CO₂ η μεταφορά γίνεται με σταγόνες ενώ περισσότερη βελτιωμένη είναι με το Ar+20-25% CO₂ που προσεγγίζει τη μεταφορά με ψεκασμό. Η μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο δε βρίσκει εφαρμογή στην FCAW. Το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν χρησιμοποιείται προστατευτικό αέριο, είναι πάντα DC+, ενώ, όταν δε χρησιμοποιείται (κυρίως στην υπαίθρια ηλεκτροσυγκόλληση) ενδέχεται να είναι DC+ ή DC-, ανάλογα με το είδος του σύρματος, όπως θα δούμε παρακάτω.

Πίνακας 9-17: Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης με FCAW (οι τιμές είναι ενδεικτικές, επειδή ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτροδίου).

Διάμετρος σύρματος, mm	1,0	1,2	1,4	1,6	2,4
Τάση τόξου, V	14-30	16-32	16-34	18-36	30-38
Ταχύτητα σύρματος, m/min	2,5-10	1,8-12	2-9	1,5-8,5	3-5
Παροχή αερίου L/min	10-12	10-12	11-13	12-14	18-22
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	80-250	100-320	120-380	140-450	350-500
Εναποτιθέμενη ποσότητα kg/ώρα	1,2-4,2	1,3-7,5	1,6-7,5	1,6-8	5,5 8,5

Ενδεικτικές τιμές για τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης δίνονται στον πίνακα (9-17). Μερικά συνηθισμένα σωληνωτά σύρματα είναι τα:

- Για κλειστό χώρο υπάρχουν πολλές επιλογές όπως: το **T422PM** (AWS: E70T1 M), με πάστα ρουτιλίου (P ή R) και απαιτεί αέριο M, δηλαδή Ar+20-25% CO₂ ή το

T422MC (AWS: E70C-6C), που περιέχει μεταλλική σκόνη (M) και απαιτεί αέριο C, δηλαδή CO₂.

- Για υπαίθριο χώρο: **T462W** (κατά AWS: E70T-4) που δεν απαιτεί αέριο.

9-20. Τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων της FCAW κατά AWS

Η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων είναι αρκετά πιο περίπλοκη από εκείνη των συμπαγών συρμάτων λόγω των πολλών δυνατών συνδυασμών που υπάρχουν, χωρίς όμως να φθάνει την περιπλοκότητα που συναντήσαμε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια²⁰.

(α) Σωληνωτά σύρματα, γεμισμένα με σιδηρόσκονη, των ανθρακούχων και ελαφρά κραματικών χαλύβων κατά AWS

Στην τυποποίηση σύμφωνα με το AWS-A5.18, που είδαμε προηγουμένως, προβλέπονται και σωληνωτά σύρματα παραγεμισμένα με σιδηρόσκονη. Αυτά δεν εναποθέτουν προστατευτική σκουριά όπως η πάστα. Η μόνη διαφορά στο συμβολισμό τους είναι ότι αντί του T χρησιμοποιείται το C, π.χ. E70C-6. Όταν το CO₂ δεν είναι κατάλληλο και απαιτείται Ar+20-25%CO₂, προστίθεται στο συμβολισμό το γράμμα M. Όταν είναι χαμηλού υδρογόνου, υπάρχει επιπλέον ο συμβολισμός Hx που σημαίνει ότι περιέχονται το πολύ μέχρι x cm³ αερίου ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου, ενώ το x μπορεί να είναι 4 ή 8 ή 16, π.χ. E70C-6MH4.

Δύο άλλες ονομασίες συρμάτων που είναι πολύ συνηθισμένες στα υλικά που βρίσκουμε στο εμπόριο, είναι η E70C-G και η E70C-GS. Αυτές υποδηλώνουν παραγεμισμένο σύρμα του οποίου οι μεταλλικές προσμίξεις δεν εντάσσονται σε κάποια τυποποιημένη κατηγορία (3, 6, A1, B2, B3, D1 κτλ.), αλλά είναι μία ειδική σύνθεση. Τόσο το αέριο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί, όσο και η σύνθεση του εναποτιθέμενου μετάλλου πρέπει να δίνονται από τον κατασκευαστή του σύρματος.

Πίνακας 9-18: Κατηγορίες σωληνωτών συρμάτων κατά AWS-A5.29

Κατηγορία	Ρεύμα	Προστασία αερίου	Πολλαπλά πάστα
ExxT-1	DC+	NAI	NAI
ExxT-2	DC+	NAI	OXI
ExxT-3	DC+	OXI	OXI
ExxT-4	DC+	OXI	NAI
ExxT-5	DC+	NAI	NAI
ExxT-6	DC+	OXI	NAI
ExxT-7	DC-	OXI	NAI
ExxT-8	DC-	OXI	NAI
ExxT-10	DC-	OXI	OXI
ExxT-11	DC-	OXI	NAI
ExxT-G	Προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή		NAI
ExxT-GS			OXI

20. Η διδασκαλία αυτής της παραγράφου μπορεί να παραληφθεί. Η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων κατά EN (που αναπτύσσεται στην επόμενη παράγραφο) είναι απλούστερη και σαφέστερη από την αντίστοιχη κατά AWS.

Η διαφορά του G από το GS είναι ότι το GS υποδηλώνει υλικό το οποίο είναι κατάλληλο για συγκόλληση μόνο με μονό πάσο (single pass), δηλαδή που είναι ακατάλληλο για πολλαπλά πάσα. Την ονομασία αυτή τη συναντάμε συχνά σε σύρματα με μεγάλες αντοχές, π.χ. E90C-G, E110-G, η αντοχή των οποίων οφείλεται στο είδος των περιεχομένων προσμίξεων.

(β) Σωληνωτά σύρματα γεμισμένα με πάστα ρουτιλίου ή βασική κατά AWS

Στα σωληνωτά σύρματα με πάστα ρουτιλίου ή βασική, η τυποποίηση για μεν τους ανθρακούχους χάλυβες γίνεται σύμφωνα με το AWS-A5.20, ενώ για τους ελαφρά κραματικούς με το AWS-A5.29. Ελάχιστες είναι οι διαφορές από τον τρόπο συμβολισμού των σωληνωτών συρμάτων που είδαμε προηγουμένως. Ο βασικός συμβολισμός που χρησιμοποιείται είναι E70T ή E71T (για μεγαλύτερες αντοχές είναι E80T, E81T, E90T, E91T κτλ.). Η διαφορά των δύο συμβολισμών είναι ότι το E70T είναι κατάλληλο μόνο για τις θέσεις PA, PB, PC, ενώ το E71T είναι για όλες τις θέσεις. Και τα δύο έχουν ελάχιστη αντοχή 70.000 psi, δηλαδή 490 MPa. Το συμβολισμό τον ακολουθεί ένας αριθμός που δίνει πληροφορίες για το κατάλληλο ρεύμα, τη χημική σύσταση, αν απαιτείται προστατευτικό αέριο και αν το σύρμα είναι κατάλληλο για πολλαπλά πάσα. Αυτά, πλην της χημικής σύστασης, τα βλέπουμε στον πίνακα (9-18). Παρατηρούμε ότι όταν ο αριθμός δεν είναι 1, 2, 5, τότε δεν απαιτείται προστατευτικό αέριο. Στην πράξη, εκτός των ExxT-1, ExxT-4, ExxT-5 και ExxT-G, η χρήση των άλλων τύπων του πίνακα είναι πολύ περιορισμένη (και για ορισμένους σχεδόν ανύπαρκτη).

Το σύρμα ExxT-1 είναι γεμισμένο με πάστα ρουτιλίου, ενώ το ExxT-5 με βασική πάστα. Περισσότερο διαδεδομένη είναι η χρήση του σύρματος ExxT-1, λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζει η χρήση του ExxT-5. (αν και τα τελευταία χρόνια το ExxT-5 έχει βελτιωθεί πολύ).

Τα σωληνωτά σύρματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα με καθαρό CO₂. Σ' αυτή την περίπτωση η χρήση μείγματος Ar+20-25%CO₂ είναι υποχρεωτική και υποδηλώνεται στο συμβολισμό με το γράμμα M. Όταν είναι χαμηλού υδρογόνου, υπάρχει, επιπλέον, ο συμβολισμός Hx που σημαίνει ότι περιέχονται το πολύ μέχρι x cm³ αερίου ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου, ενώ το x μπορεί να είναι 4 ή 8 ή 16. Παραδείγματα ονομασίας: E71T-1MH4, E70T-5.

Τα σύρματα αυτά ενδέχεται να περιέχουν μαζί με την πάστα και σιδηρόσκονη. Αυτό υποδηλώνεται με το γράμμα J που ακολουθεί το συμβολισμό του αερίου. Π.χ. E70T-1MJH4. Όπως συμβαίνει και με τα ηλεκτρόδια, στη σιδηρόσκονη ενδέχεται να περιέχονται και οι μεταλλικές προσμίξεις άλλων στοιχείων, ενώ το ίδιο το σωληνωτό σύρμα να είναι κατασκευασμένο από έναν απλό ανθρακούχο χάλυβα. Οι συμβολισμοί είναι οι ήδη γνωστοί: A1 (με Mo), B1, B2, B3 (με Cr και Mo), D1, D2, D3 (με Mo και αυξημένη περιεκτικότητα Mn). Επιπλέον, υπάρχουν και οι συμβολισμοί Ni1, Ni2, Ni3 με αντίστοιχα ποσοστά Ni: 1, 2, 3%. Παραδείγματα ονομασίας: E71T6-Ni1, E80T1-B2.

(γ) Ανοξείδωτα σωληνωτά σύρματα κατά AWS

Η τυποποίηση, σύμφωνα με το AWS A5.22, είναι της μορφής ExxxT-y, όπου xxx είναι το είδος του ανοξείδωτου μετάλλου και το y υποδηλώνει το αέριο στεγανοποίησης σύμφωνα με τον πίνακα (9-19). Σε όλες τις περιπτώσεις το ρεύμα είναι DC+. Τα πλέον χρησιμοποιούμενα είδη, αντίστοιχα με ό,τι ισχύει για την τυποποίηση των συμπαγών συρμάτων, είναι τα 308L, 309L, 316L και 347. Παραδείγματα ονομασίας: E308LT-1, E347T-2.

Πίνακας 9-19: Ανοξείδωτα σωληνωτά σύρματα

Περιγραφή	Αέριο
ExxxT-1	CO ₂
ExxxT-2	Ar+20-25% CO ₂
ExxxT-3	Χωρίς αέριο
ExxxT-G	Άλλο

9-21. Η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων κατά EN**(α) Η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων**

Η τυποποίηση γίνεται με βάση το πρότυπο EN-758. Δεν υπάρχει πρότυπο ISO για τα σωληνωτά σύρματα. Το βασικότερο σημείο που διαφοροποιείται η τυποποίηση από αυτή των συμπαγών συρμάτων, που ήδη αναπτύξαμε, είναι ότι προτάσσεται το γράμμα T αντί το G.

Παράδειγμα συμβολισμού: **T424BC**

Το 42 σημαίνει όριο ελαστικότητας 420 MPa και το 4 ότι η δυσθραυστότητα είναι 47 J, όταν η θερμοκρασία είναι -30°C, ενώ το C σημαίνει ότι το αέριο είναι το CO₂. Δηλαδή αυτά έχουν την ίδια σημασία που έχουν και στα συμπαγή σύρματα. Όταν δεν απαιτείται αέριο, υπάρχει το γράμμα N. Οι συμβολισμοί για το αέριο φαίνονται στον πίνακα (9-20).

Το καινούριο στοιχείο στο συμβολισμό είναι το «B» που σημαίνει ότι το σύρμα είναι παραγεμισμένο με βασική πάστα. Για πάστα ρουτιλίου χρησιμοποιείται R ή το P, ενώ για γέμιση με σιδηρόσκονη, το M. Στην τελευταία περίπτωση δεν υπάρχει προστατευτική σκουριά από την πάστα. Στον πίνακα (9-21) φαίνονται όλα τα είδη του γεμίσματος των σωληνωτών συρμάτων.

Πέραν των παραπάνω ενδέχεται να υπάρχουν και δύο προαιρετικοί συμβολισμοί. Παράδειγμα συμβολισμού με τα προαιρετικά σύμβολα: **T424BC1H5**

- Το «1» που ακολουθεί το σύμβολο του αερίου, σημαίνει ότι η συγκόλληση είναι δυνατή σε όλες τις θέσεις. Αν υπάρχει το «3», σημαίνει ότι η συγκόλληση είναι δυνατή μόνο στις θέσεις PA, PB, PC. Αν και υπάρχουν και άλλα σύμβολα για τις

Πίνακας 9-20: Συμβολισμός των προστατευτικών αερίων

Αέριο	Συμβολισμός
Ar+20-25% CO ₂	M
CO ₂	C
Χωρίς αέριο	N

Πίνακας 9-21: Συμβολισμοί για το είδος της περιεχόμενης πάστας, εφαρμογές, απαιτήσεις αερίου

Σύμβολο	Περιγραφή	Απαιτήσεις αερίου	Ιδιότητες
R	Ρουτιλίου	NAI	Σκουριά βραδείας πήξης
P	Ρουτιλίου	NAI	Σκουριά ταχείας πήξης
B	Βασική	NAI	
M	Μεταλλική (σιδηρόσκονη)	NAI	Χωρίς σκουριά από πάστα
V	Βασική ή ρουτιλίου	OXI	Ακατάλληλο για ραφή με πολλαπλά πάσα
W	Βασική ή ρουτιλίου	OXI	Σκουριά βραδείας πήξης
Y	Βασική ή ρουτιλίου	OXI	Σκουριά ταχείας πήξης
Z	Οτιδήποτε άλλο		

θέσεις συγκόλλησης, που φαίνονται στον πίνακα (9-22), στην πράξη χρησιμοποιούνται κυρίως σύρματα που εμπίπτουν στις κατηγορίες «1» και «3».

- Όταν είναι χαμηλού υδρογόνου, υπάρχει επιπλέον ο συμβολισμός Hx που σημαίνει ότι περιέχονται το πολύ μέχρι $x \text{ cm}^3$ αερίου ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου (όπως και στα επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO ή EN). Το x μπορεί να είναι μόνο 5, 10 ή 15.

Πίνακας 9-22: Ο συμβολισμός των θέσεων συγκόλλησης των σωληνωτών συρμάτων κατά EN-758

Ψηφίο	Θέσεις συγκόλλησης για τις οποίες προορίζεται το ηλεκτρόδιο
1	Κατάλληλο για συγκόλληση σε όλες τις θέσεις
2	Κατάλληλο για όλες τις θέσεις εκτός της PG
3	Κατάλληλο μόνο για PA, PB και PC
4	Κατάλληλο μόνο για PA και PB
5	Κατάλληλο για PA, PB, PC και PG

Στην περίπτωση που υπάρχουν προσμίξεις και άλλων μεταλλικών στοιχείων, τότε αυτές αναφέρονται πριν από το γράμμα που υποδηλώνει τη γέμιση του σύρματος. Για παράδειγμα:

T4641NiPM1H5: με 1% Ni,

T46AMoPM1H5: περιέχει Mo (< 1%, συνήθως είναι περί το 0,5%)

T46AZPM1H5: περιέχει προσμίξεις που δεν εντάσσονται σε κάποια από τις τυποποιημένες προσμίξεις που προβλέπει το πρότυπο και πρέπει να προδιαγράφονται από τον προμηθευτή του ηλεκτροδίου.

Οι τυποποιημένοι συνδυασμοί προσμίξεων είναι οι: Mo, MnMo, 1Ni, 2Ni, 3Ni, Mn1Ni και 1NiMo. Όταν η σύσταση του εναποτιθέμενου μετάλλου δεν ανήκει σε κάποιον από αυτούς τους τυποποιημένους συνδυασμούς, χρησιμοποιείται το Z.

Παρατήρηση: Εκτός από το πρότυπο EN-758, υπάρχουν ακόμη δύο πρότυπα, τα EN-12071 και EN-12535, που αναφέρονται σε σωληνωτά σύρματα ελαφρά κραματικών χαλύβων για ειδικές εφαρμογές. Ο τρόπος τυποποίησης των σωληνωτών συρμάτων σε αυτά τα πρότυπα μοιάζει αρκετά με τον τρόπο που γίνεται στο EN-758, αλλά έχουν διαφορετικούς τυποποιημένους συνδυασμούς προσμίξεων. Δε θα επεκταθούμε περισσότερο στα EN-12071 και EN-12535. Αναφέρεται μόνο η ύπαρξή τους, για να μη δημιουργηθεί απορία στην περίπτωση που μας τύχουν τέτοιες ονομασίες. Παραδείγματα ονομασίας:

κατά EN-12071: **TCrMo1BC3H5** (δεν υπάρχουν σύμβολα για την αντοχή και τη δυσθραυστότητα)

κατά EN12535: **T696Mn2NiCrMoBC53H5**, **T894ZBM3H5** (έχουν υψηλά όρια ελαστικότητας)

(β) Ανοξειδωτά σωληνωτά σύρματα κατά EN

Η τυποποίηση και εδώ είναι σύμφωνα με το EN-12072. Οι ονομασίες είναι ακριβώς οι ίδιες με αυτές του πίνακα (9-15), με μόνη διαφορά ότι προηγείται το γράμμα T. Έτσι έχουμε τα T199L, T2312L, T19123L και T199NbL (που είναι τα αντίστοιχα των E308LT, E309LT, E316LT και E347T κατά AWS). Ακολουθούν οι ίδιοι συμβολισμοί που αναφέρθηκαν για τα σωληνωτά ηλεκτρόδια των ανθρακούχων χαλύβων, δηλαδή για την πάστα, το αέριο και τη θέση συγκόλλησης. Παράδειγμα ονομασίας: T119LRM1.

9-22. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι τύποι συρμάτων και ράβδων στις συνήθεις εφαρμογές

Τα σύρματα και οι ράβδοι που συνήθως χρειάζονται σε ένα συνεργείο είναι πολύ λίγα. Στον πίνακα (9-23) έχουν συγκεντρωθεί μερικά βασικά είδη με τα οποία, αν υπάρχουν στην αποθήκη μας, είμαστε ικανοί να εκτελέσουμε σχεδόν τα πάντα. Υπάρχουν όμως εναλλακτικές λύσεις για αρκετά από αυτά και ως εκ τούτου θα πρέπει να μελετηθεί προσεκτικά ο πίνακας (9-23), πριν πάρουμε την οριστική απόφαση για τα υλικά που θα χρησιμοποιούμε. Έχοντας οργανώσει ένα στοκ από τα βασικά υλικά μας, οι περιπτώσεις που θα χρειαστεί να παραγγείλουμε κάποια άλλη ποιότητα σύρματος ή ράβδου θα είναι ελάχιστες.

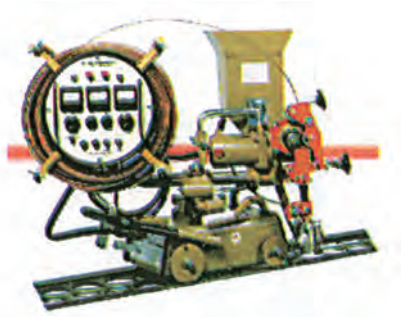
Πίνακας 9-23: Χρήσιμα υλικά για τη συγκόλληση σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου

	Τυποποίηση κατά AWS			Τυποποίηση κατά EN		
	MIG/MAG	FCAW	TIG	MIG/MAG	FCAW	TIG
Ανθρακούχοι χάλυβες	ER70S-6	E71T1MH4	ER70S-3	G3Si1	T462PM1H5	W3Si1
Σε ανοικτό χώρο	-	E70T-4	-	-	T462W	-
Ελαφρά κραματικοί χάλυβες	ER80S-D2	-	ER80S-D2	G462MG4Mo	-	W4Mo
Ανοξείδωτοι χάλυβες	ER308LSi	-	ER308L	G199L	-	W199L
Αλουμίνιο	ER5356	-	ER4043	-	-	-

9-23. Η χρήση των μηχανών-ρομπότ στην ηλεκτροσυγκόλληση

Ο αυτοματισμός εισήχθη στην τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων με σκοπό τη **μείωση του κόστους**, τη χρονική **επιτάχυνση των εργασιών** συγκόλλησης και την εξασφάλιση **σταθερής ποιότητας** καθώς και **ωραίας εμφάνισης** της ραφής.

Το πρώτο σύστημα αυτόματης διαδικασίας ηλεκτροσυγκόλλησης ήταν η SAW (βυθισμένου τόξου), που είδαμε στο κεφάλαιο 6 και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1951. Κατατάσσεται σε ξεχωριστή μέθοδο ηλεκτροσυγκόλλησης, όπως είναι η MMA, η TIG και η MIG/MAG. Ένα σύστημα SAW βλέπουμε στο σχήμα (9.20). Όλα τα συστήματα SAW χρησιμοποιούν σύρμα μεγάλης διαμέτρου, που αρχίζει από 2 mm και φθάνει μέχρι και 6 mm, ενώ η πάστα πέφτει στο λουτρό συγκόλλησης σε μορφή χύμα.



Σχήμα (9.20): Σύστημα ηλεκτροσυγκόλλησης SAW

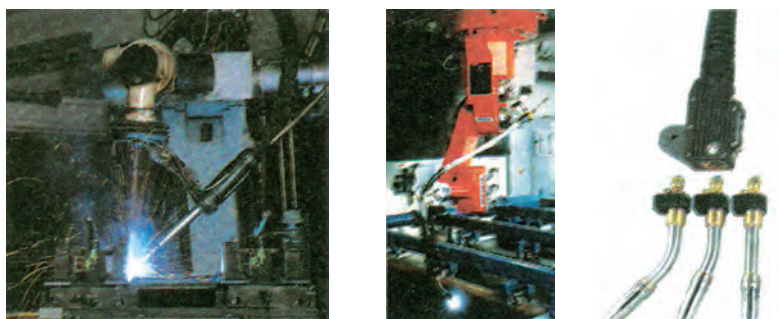
Έκτοτε ο αυτοματισμός στην ηλεκτροσυγκόλληση έχει κάνει μεγάλη πρόοδο και σήμερα χρησιμοποιούνται στις αυτόματες διαδικασίες και **μηχανές ρομπότ**. Η χρήση των ρομπότ στις ηλεκτροσυγκολλήσεις γίνεται σε εργασίες που εκτελούνται σε σειρά παραγωγή ή σε εργασίες που δεν είναι δυνατόν να εκτελεστούν από άνθρωπο, όπως, όταν υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες ή δημιουργούνται πολλοί σπιν-

θήρες. Το σύστημα αποτελείται από τα ίδια μέρη που αποτελείται ένα συγκρότημα MIG/MAG, με μόνη διαφορά ότι τη θέση του ανθρώπου την έχει πάρει μία μηχανή που προγραμματίζεται για να εκτελεί συγκεκριμένες κινήσεις.

Τα μέρη ενός ρομποτικού συστήματος είναι:

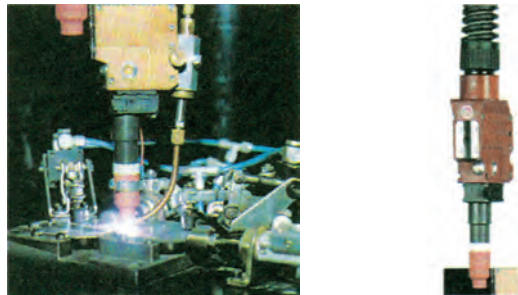
- **Η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης**, που ενδέχεται να είναι και ακριβώς η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με το χέρι.
- **Το κατάλληλα διαμορφωμένο τραπέζι εργασίας**, πάνω στο οποίο τοποθετούνται τα προς συγκόλληση τεμάχια.
- **Το ρομπότ**
- **Ο πίνακας ελέγχου του ρομπότ**

Τα ρομποτικά συστήματα δε λειτουργούν από μόνα τους. Ο χειριστής ενός ρομποτικού συστήματος πρέπει να είναι ένας πολύ καλός ηλεκτροσυγκολλητής για να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται την ποιότητα μίας συγκόλλησης. Πρέπει όμως προηγουμένως να εκπαιδευτεί στον προγραμματισμό τέτοιων συστημάτων, δηλαδή ουσιαστικά πρόκειται για έναν ηλεκτροσυγκολλητή-προγραμματιστή. Επίσης, δεν είναι δυνατόν να εκτελούνται όλων των ειδών οι ηλεκτροσυγκολλήσεις με ρομπότ. Συχνά τα ρομπότ κάνουν την εργασία μέχρι ενός σημείου και η εργασία πρέπει να ολοκληρωθεί από κάποιο τεχνίτη με τα συμβατικά συστήματα ηλεκτροσυγκόλλησης.



Σχήμα (9.21): Ρομποτικά συστήματα που βασίζονται στην MIG/MAG και το σύστημα της τσιμπίδας

Σε όλα γενικά τα ρομποτικά συστήματα εφαρμόζονται οι ηλεκτροσυγκολλήσεις σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου. Τα συστήματα MIG/MAG (GMAW) είναι τα πλέον συνηθισμένα, αλλά υπάρχουν και συστήματα που βασίζονται στην TIG (GTAW), με τη μόνη διαφορά από την κλασική TIG ότι η τροφοδοσία του υλικού συγκόλλησης γίνεται υπό μορφή σύρματος. Στο σχήμα (9.21) βλέπουμε διάταξη ρομποτικού συστήματος βασισμένου στην MIG/MAG και στο (9.22), διάταξη βασισμένη στην TIG.



Σχήμα (9.22): Ρομποτικό σύστημα που βασίζεται στην TIG και η μορφή της τσιμπίδας

Στο σχήμα (9.23), φαίνεται ένα πολύ σύγχρονο ρομπότ. Αυτό μπορεί να εκτελέσει 6 διαφορετικές κινήσεις γύρω από άξονες και λέμε ότι είναι ρομπότ των 6 αξόνων. Στην περιοχή όμως που κινείται ένα τέτοιο ρομπότ, όταν αυτό είναι σε λειτουργία δεν επιτρέπεται να εισέλθει κάποιος, επειδή υπάρχει κίνδυνος να τραυματιστεί σοβαρά από κάποια κίνηση του ρομπότ. Γι' αυτό η περιοχή αυτή θα πρέπει να είναι απομονωμένη.



Σχήμα (9.23): Σύγχρονο ρομπότ 6 αξόνων (εκτελεί 6 διαφορετικές κινήσεις)

Τα ρομπότ είναι εφοδιασμένα και με **αισθητήρες** που τους επιτρέπουν να κάνουν τις απαιτούμενες διορθωτικές κινήσεις. Υπάρχουν οι αισθητήρες επαφής που αντιλαμβάνονται το τι συμβαίνει κατά την επαφή π.χ. με το λουτρό συγκόλλησης και οι αισθητήρες που αντιλαμβάνονται χωρίς να προκληθεί επαφή, π.χ. μετρώντας κάποια τάση ή κάποια συχνότητα. Επίσης, ενδέχεται να υπάρχουν και οπτικοί αισθητήρες που να μεταφέρουν εικόνα στο χειριστή, ο οποίος, στη συνέχεια, έχει τη δυνατότητα να δώσει στο ρομπότ τις ανάλογες εντολές. Με τη χρήση των αισθητήρων το ρομποτικό σύστημα εκτελεί όλες τις διορθωτικές κινήσεις που χρειάζονται για τη ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Τα προστατευτικά αέρια που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις είναι κυρίως το Αργόν (Ar) το CO₂, το Ar + 25% CO₂ και το Ar + 1-3% O₂.
- Στις συγκολλήσεις TIG χρησιμοποιείται μόνο καθαρό Ar.
- Στις συγκολλήσεις MIG/MAG το καθαρό Ar χρησιμοποιείται μόνο στο αλουμίνιο. Στους ανθρακούχους και στους ελαφρά κραματικούς χάλυβες χρησιμοποιούνται όλα τα προαναφερθέντα είδη πλην του Ar ενώ στους ανοξείδωτους χάλυβες μόνο το Ar + 1-3% O₂.
- Στις συγκολλήσεις FCAW χρησιμοποιείται CO₂ ή Ar + 25% CO₂.
- Το CO₂ προκαλεί απανθράκωση της ραφής, όταν π(C)>12% και ενανθράκωση, όταν π(C)<12%.
- Τα σύρματα και οι ράβδοι είναι τυποποιημένοι κατά ISO / EN / ΕΛΟΤ, αλλά στην πράξη βρίσκει πολύ μεγάλη εφαρμογή και το σύστημα της AWS.
- Η MIG/MAG και η TIG χρησιμοποιούνται στα λεπτά ελάσματα ενώ η FCAW στα πιο χοντρά. Η FCAW με το κατάλληλο σύρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υπαίθριο χώρο.
- Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης της MIG/MAG είναι οι εξής: το σύρμα, το αέριο, η τάση του ρεύματος, το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος, η ταχύτητα τροφοδοσίας με σύρμα και η ταχύτητα μετακίνησης της τσιμπίδας.
- Τα είδη του ρεύματος στη MIG/MAG είναι το DC+ και το παλμικό.
- Οι μέθοδοι συγκόλλησης με MIG/MAG είναι με βραχυκυκλωμένο τόξο, μεταφορά σταγόνων και μεταφορά με ψεκασμό.
- Το παλμικό ρεύμα είναι ό,τι πιο σύγχρονο υπάρχει στη MIG/MAG και συνεχώς εξελίσσεται.
- Η συγκόλληση αλουμινίου με MIG δεν είναι δύσκολη, αλλά χρειάζεται άλλη τεχνική. Για τη σύνδεση με την τσιμπίδα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικό σέτ συγκόλλησης αλουμινίου.
- Τα μικρά συνεργεία, είναι καλύτερα να έχουν έτοιμη μία μικρή μηχανή συγκόλλησης αλουμινίου με σύρμα ER4043 του 1 mm, παρά να καταφεύγουν στο ηλεκτρόδιο.
- Η TIG εκτελείται με DC- στους χάλυβες και με ACHF στο αλουμίνιο ή με παλμικό ρεύμα και για τις δύο περιπτώσεις.
- Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG χρειάζονται προσοχή στο τρόχισμά τους. Επίσης, η σκόνη τους δεν πρέπει να εισπνέεται από τον άνθρωπο, ιδίως μάλιστα του θορίου που είναι ραδιενεργός.
- Η τεχνική της TIG μοιάζει με της οξυγονοασετιλίνης.
- Στην TIG δεν πρέπει να ακουμπήσει το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο με το μέταλλο βάσης, επειδή θα μολυνθεί και θα πέσει η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Ποια είναι τα κυριότερα είδη προστατευτικών αερίων;
2. Σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιείται το κάθε προστατευτικό αέριο;
3. Πώς επιδρά το CO₂ στη συγκόλληση των χαλύβων;
4. Πώς συμβολίζονται τα τρία βασικά προστατευτικά αέρια;
5. Για τη συγκόλληση του χάλυβα, ποια είναι τα πλέον χρήσιμα σύρματα στη MIG/MAG και στην TIG;
6. Αναφέρατε ποια είναι η καλύτερη μέθοδος για τη συγκόλληση:
 - Λεπτών ελασμάτων
 - Ανοξειδωτων χαλύβων
 - Χυτοσιδήρου
 - Αλουμινίου
7. Ποιο είναι το λεπτότερο έλασμα που μπορούμε να συγκολλήσουμε με MIG/MAG και με ποια διάμετρο σύρματος γίνεται αυτή η συγκόλληση;
8. Ποιες είναι οι παράμετροι συγκόλλησης στη MIG/MAG;
9. Ποια είναι τα είδη του ρεύματος που εφαρμόζονται στη MIG/MAG;
10. Με ποιες μεθόδους γίνεται η μεταφορά του υλικού στη MIG/MAG από το σύρμα στο μέταλλο βάσης;
11. Περιγράψτε τη διαδικασία μεταφοράς με βραχύ κυκλωμένο τόξο.
12. Σε τι υπερέχει η συγκόλληση με παλμορεύματα;
13. Γιατί πρέπει το μπεκ της τσιμπίδας στη MIG/MAG να διατηρείται σε άριστη κατάσταση;
14. Ποιες είναι οι πλέον κατάλληλες μέθοδοι για τη συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων;
15. Ποια είναι τα βασικά σημεία που πρέπει να προσέχουμε, όταν κολλάμε αλουμίνιο;
16. Ποια είναι τα σύρματα αλουμινίου που κυρίως χρησιμοποιούνται (ονομασίες με βάση την ισχύουσα τυποποίηση) και ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους;
17. Γιατί η συγκόλληση αλουμινίου απαιτεί διαφορετικό σκετ εξαρτημάτων; Τι περιλαμβάνει;
18. Με τι ρεύμα κολλάμε στην TIG το χάλυβα και με τι το αλουμίνιο;
19. Πώς είναι διαμορφωμένα τα ηλεκτρόδια της TIG στο άκρο τους;
20. Ποια ηλεκτρόδια χρησιμοποιούμε με την TIG στο χάλυβα και ποια στο αλουμίνιο;
21. Πώς γίνεται η έναυση του τόξου στην TIG;
22. Γιατί δεν πρέπει να ακουμπήσει το ηλεκτρόδιο στο μέταλλο βάσης κατά την TIG;
23. Γιατί πρέπει να χρησιμοποιούμε ειδικούς τροχούς στο τρόχισμα των ηλεκτροδίων της TIG;
24. Ποιοι είναι οι 4 βασικοί τύποι ηλεκτροδίων ανοξειδωτου χάλυβα και πότε πρέπει να χρησιμοποιείται ο καθένας;
25. Εξηγήστε τι σημαίνουν οι ονομασίες των υλικών: T462PM1H5, G3Si1, ER70S-6, W3Si1, G199L, W199L, G462MG4Mo.
26. Σε τι ωφελεί η ρομποτική στις ηλεκτροσυγκολλήσεις;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Πρόκειται να συγκολλήσετε σκουριασμένες λαμαρίνες που δεν καθαρίζονται εύκολα. Τι αέριο θα χρησιμοποιήσετε;
2. Σας ζητάνε να εκτελέσετε κατεπειγόντως συγκόλληση που απαιτεί Ar + 25% CO₂, αλλά αυτό σας έχει τελειώσει και η προμήθεια της νέας φιάλης αναμένεται ότι θα αργήσει πολύ. Έχετε όμως φιάλες με Ar, Ar + 50% He, CO₂ και Ar + 2% O₂. Μπορείτε να αντιμετωπίσετε την κατάσταση;
3. Γιατί με τη MAG οι ανοξείδωτοι χάλυβες δεν επιτρέπεται να συγκολλούνται με CO₂;
4. Γιατί στην τυποποίηση των συρμάτων MIG/MAG και των ράβδων TIG δεν έχουμε πολλές διαφορετικές ποιότητες υλικών;
5. Γιατί στη MIG/MAG χρησιμοποιούμε μάσκα κεφαλής;
6. Ποια μέθοδο μεταφοράς της μάζας του σύρματος στο λουτρό συγκόλλησης και ποιο αέριο θα επιλέγατε στη MIG/MAG με ρεύμα DC+, αν είχατε να συγκολλήσετε:
 - Λαμαρίνες ανθρακοχάλυβα πάχους 0,6 mm
 - Λαμαρίνες ανθρακοχάλυβα πάχους 10 mm
 - Λαμαρίνες ανοξείδωτου χάλυβα πάχους 3 mm
 - Λαμαρίνες ανοξείδωτου χάλυβα πάχους 0,8 mm
7. Τι θα μπορούσε να συμβεί αν, θέλοντας να κολλήσουμε αλουμίνιο, αλλάζαμε απλώς το σύρμα χάλυβα στη μηχανή MIG/MAG και βάζαμε στη θέση του το σύρμα αλουμινίου;
8. Έχετε στο συνεργείο σας μία μικρή φορητή μηχανή MIG, έτοιμη μόνο για συγκόλληση αλουμινίου. Ποια ποιότητα σύρματος αλουμινίου θα προτιμούσατε, αν (α) το σύρμα σας έπρεπε να είναι διαμέτρου 0,8 mm και (β) διαμέτρου 1 mm;
9. Τι θα μπορούσατε να πάθετε, αν τροχίζατε τα ηλεκτρόδια της TIG, χωρίς τον ειδικό τροχό και χωρίς μάσκα προστασίας;
10. Όταν θέλετε στην TIG βαθιά διείσδυση, πώς θα τροχίζατε το ηλεκτρόδιο (αιχμηρό, πλατύ, κτλ.) και ποιες θα ήταν οι δυσκολίες που θα αντιμετωπίζατε με αυτή σας την επιλογή;
11. Το πολύ αιχμηρό τρόχισμα ενός ηλεκτροδίου TIG σε τι μπορεί να ωφελήσει και τι επιπτώσεις μπορεί να έχει;
12. Πότε είναι σκόπιμο να προτιμούμε την FCAW από τη MIG/MAG;
13. Γιατί στη ρομποτική χρησιμοποιείται κυρίως η μέθοδος MIG/MAG;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εισαγωγικές πληροφορίες

Έχει γίνει αντιληπτό πόσο απαραίτητη είναι η καλή γνώση της τυποποίησης των συρμάτων και των ράβδων. Όμως η τυποποίηση είναι κάτι που συνεχώς βελτιώνεται. Αυτό είναι το κύριο αντικείμενο των ομαδικών δραστηριοτήτων που ακολουθούν. Οι μαθητές θα ψάξουν να βρουν τι αλλαγές έχουν γίνει στην τυποποίηση. Η κάθε ομάδα θα συντάξει τεχνική έκθεση. Οι τεχνικές εκθέσεις θα είναι μέσα σε δύο το πολύ σελίδες.

Εργασία 1

Έλεγχος της ισχύος των προτύπων για τη συγκόλληση χάλυβα με MIG/MAG, TIG και FCAW, διερεύνηση για τυχόν αλλαγές

Τα πρότυπα²² που κυρίως θα πρέπει να εξεταστούν είναι τα ISO-14341, ENI-440, ΕΛΟΤ-440 (για σύρματα ανθρακούχων χαλύβων), EN-1668 (για ράβδους TIG), ISO-12072 (για ανοξείδωτους ράβδους και σύρματα), EN-758 (για σωληνωτά σύρματα) και το ISO-6848 (μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG).

Θα πρέπει η ομάδα να επικοινωνήσει κατ' αρχάς με τη βιβλιοθήκη του ΕΛΟΤ ή να ψάξει μέσω του Internet. Αν διαπιστωθεί ότι έχουν γίνει πολλές αλλαγές (γίνεται αντιληπτό από τις ημερομηνίες έκδοσης των προτύπων, οι οποίες θα είναι μεταγενέστερες του 2002), θα ενημερώσουν τον καθηγητή, για να αναθέσει το έργο σε περισσότερα άτομα ή να δημιουργήσει συμπληρωματικές ομάδες. Η κάθε ομάδα θα μελετήσει αναλυτικά και θα συντάξει τεχνικές εκθέσεις για μέχρι 2 το πολύ πρότυπα.

Εργασία 2

Έλεγχος της ισχύος των προτύπων για τη συγκόλληση αλουμινίου, διερεύνηση για τυχόν αλλαγές

Θα εξεταστεί κατ' αρχάς αν έχει εκδοθεί πρότυπο ISO ή EN ή ΕΛΟΤ για τα σύρματα και τις ράβδους αλουμινίου. Αλλιώς θα εξεταστεί το AWS-A5.10²³.

Εργασία 3

Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης με παλμικό ρεύμα, εξελίξεις στον τομέα της χρήσης παλμικού ρεύματος

Η ομάδα εργασίας θα έρθει σε επαφή με αντιπροσώπους μηχανημάτων ηλεκτροσυγκόλλησης, θα συγκεντρώσει πληροφοριακό υλικό και θα συντάξει τεχνική έκθεση. Επίσης, θα μελετήσει τις δυνατότητες συγκόλλησης λεπτών ελασμάτων, όπως αυτά των αυτοκινήτων με παλμικό ρεύμα.

22. Το κόστος των προτύπων είναι πολύ μικρό και γι' αυτό είναι σκόπιμο να προμηθευτεί το εργαστήριο μία σειρά των κυριότερων προτύπων και να την ανανεώνει. Πλήρης κατάλογος των προτύπων, που έχουν σχέση με τις συγκολλήσεις, υπάρχει στη βιβλιογραφία, όπου και επισημαίνονται αυτά που προτείνονται για να υπάρχουν στο εργαστήριο. Τονίζεται ότι **η φωτοτύπηση προτύπων απαγορεύεται**.

23. Κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου το AWS-A5.10 που αφορά τη συγκόλληση αλουμινίου ήταν στη φάση της αναθεώρησής του.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

(α) Ασκήσεις MIG/MAG και FCAW

Οι ασκήσεις που ακολουθούν έχουν διαμορφωθεί κυρίως για ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG. Μόνο οι ασκήσεις (9-3) και (9-4), έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να μπορούν να εκτελεστούν τόσο με MIG/MAG όσο και με FCAW.

Οι περισσότερες από τις υπόλοιπες ασκήσεις που έχουν αναπτυχθεί για MIG/MAG μπορούν να εκτελεστούν και με FCAW, με μικρή τροποποίηση του φύλλου της άσκησης, με εξαίρεση αυτές που αφορούν τη συγκόλληση πολύ λεπτών ελασμάτων ($< 1 \text{ mm}$).

(β) Ασκήσεις TIG

Έχει προβλεφτεί η άσκηση (9-10), η οποία σκοπό έχει να έρθουν οι μαθητές σε μία πρώτη επαφή με την ηλεκτροσυγκόλληση TIG.

Για περαιτέρω εξάσκηση, είναι δυνατόν να επαναληφθούν οι ασκήσεις που έγιναν με φλόγα οξυγόνου-αετιλίνης (O-A) στο κεφάλαιο 5, χρησιμοποιώντας όμως TIG αντί για (O-A). Η άριστη εξάσκηση σε TIG είναι εκτός των χρονικών ορίων του μαθήματος και απαιτεί πολύ μεγάλη πρακτική εξάσκηση.

Οι διαφορές που θα υπάρξουν κατά την επανάληψη των ασκήσεων του κεφαλαίου 5, χρησιμοποιώντας TIG αντί (O-A), είναι οι εξής:

- Η προετοιμασία για τη συγκόλληση περιλαμβάνει μόνο τον καλό καθαρισμό της επιφάνειας με τροχό. Στην TIG δεν πρέπει να υπάρχουν σκουριές.
- Η διάμετρος του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου επιλέγεται από τον πίνακα (9-24), συναρτήσει του πάχους των προς συγκόλληση ελασμάτων. Να χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο με την κόκκινη ή τη χρυσή σήμανση. Από τον πίνακα (9-24) γίνεται φανερό ότι το πλέον χρήσιμο ηλεκτρόδιο για τα πάχη που συγκολλούνται στα αυτοκίνητα είναι τα 1,6, 2 και 2,4 mm. Για ρεύματα συγκόλλησης άνω των 200 A, θα πρέπει να χρησιμοποιείται υδρόψυκτη τσιμπίδα. Για τα μικρά ρεύματα που θα χρησιμοποιηθούν στις εργαστηριακές ασκήσεις, αρκεί η συνήθης αερόψυκτη τσιμπίδα.
- Η διάμετρος της ράβδου ηλεκτροσυγκόλλησης μπορεί να επιλεγεί από τον πίνακα (9-8), αλλά στην πράξη ξεκινάμε με μία ράβδο όση και η διάμετρος του ηλεκτροδίου και αν δούμε ότι φεύγει γρήγορα το υλικό, χρησιμοποιούμε μεγαλύτερη ή, αν φεύγει αργά, μικρότερη. Τα σύρματα G3Si1 της MIG, τα οποία θα πρέπει ήδη να υπάρχουν στο εργαστήριο, είναι κατάλληλο υλικό και για την TIG και μπορούν σε μικρά μήκη να χρησιμοποιηθούν αντί της ράβδου (όταν διαπιστώνεται ότι χρειάζεται πολύ λεπτή ράβδος).

Πίνακας 9-24: Επιλογή ηλεκτροδίου TIG

Διάμετρος (mm)	Ένταση (A)	Πάχος των ελασμάτων (mm)
1	0,5-15	0,1 - 0,4
1,6	1-140	0,1 - 3
2	20-160	0,3 - 3,5
2,4	60-200	0,5 - 4
3,2	140-280	3 - 6
4	200-350	4 - 8
6	250-450	4 - 12

ΑΣΚΗΣΗ 9-1

Αλλαγή σύρματος σε μηχανή MIG/MAG

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να αντικαθίστούν το σύρμα στη μηχανή MIG/MAG και να ρυθμίζουν την τάνυσή του.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG/MAG συνδεδεμένη στη μηχανή
- Ανταλλακτικά καρούλια σύρματος της μηχανής

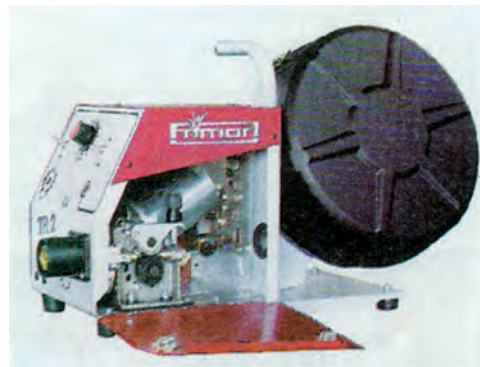
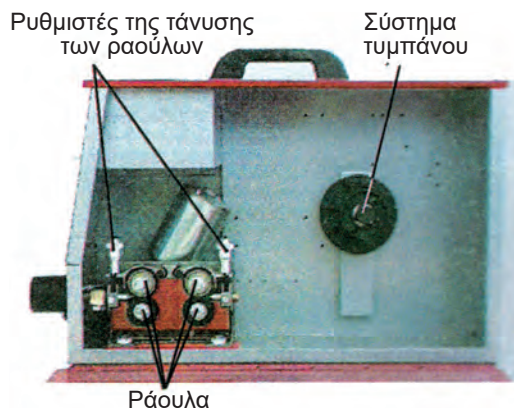
Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές να είναι ηλεκτρικά μονωμένοι (γάντια, παπούτσια με πλαστική σόλα).
- Να φοράνε γυαλιά μηχανουργείου για την προστασία των ματιών από το σύρμα.

Πορεία εργασίας

Τα παρακάτω βήματα θα τα επαναλάβουν ένας-ένας όλοι οι μαθητές, μπροστά στον καθηγητή. Θα γίνουν με προσοχή, για να μη καταστραφούν τα καρούλια του σύρματος, από λάθη των μαθητών. Καλό είναι στην άσκηση να χρησιμοποιηθούν παλιά καρούλια, στα οποία πάνω έχει απομείνει ελάχιστο σύρμα.

- (1) Ανοίγουμε το καπάκι της μηχανής και αναγνωρίζουμε τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το σύστημα τροφοδοσίας του σύρματος, όπως φαίνεται και στο σχήμα (9.24).



Σχήμα (9.24): Σύστημα τροφοδοσίας σύρματος: (Α) Μικρής φορητής μηχανής με ενσωματωμένο τροφοδότη σύρματος (Β) Ανεξάρτητου τροφοδότη σύρματος

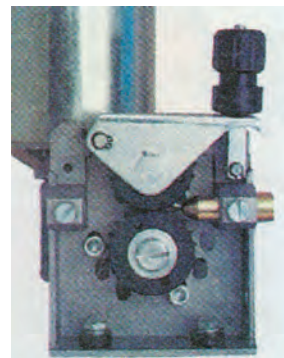
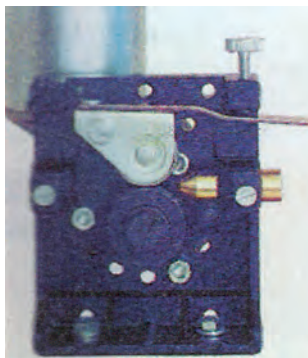
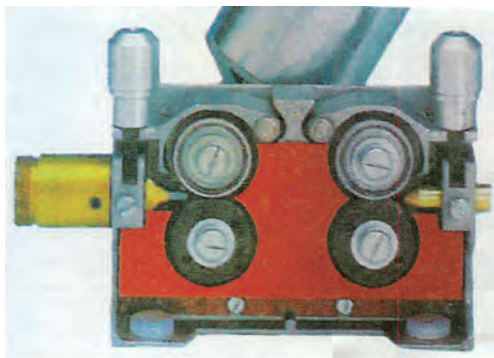
- (2) Κόβουμε το σύρμα μεταξύ των ραούλων τάνυσης και του καρουλιού (τυμπάνου), κρατώντας, με το ένα χέρι, το σύρμα πάνω στο καρούλι για να μη ξετυλιχτεί. **Αν ξετυλιχτεί είναι άχρηστο, δεν τυλίγεται ξανά.**

(3) Αφαιρούμε το καρούλι (τύμπανο), ενώ εξακολουθούμε να κρατάμε το ελεύθερο άκρο του σύρματος με το ένα χέρι σφιχτά πάνω στο καρούλι. Ασφαλίζουμε, με κάποιον τρόπο, το σύρμα που αφαιρέσαμε για να μη ξετυλιχτεί, π.χ. τυλίγοντας γύρω από το καρούλι μία πλαστική ταινία.

(4) Πιέζουμε τη σκανδάλη της τσιμπίδας για να απομακρυνθεί το σύρμα και να μπορέσουμε να το αφαιρέσουμε.

***Προσοχή:** Όταν πατάμε τη σκανδάλη, το σύρμα είναι υπό ηλεκτρική τάση και υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Να φοράτε τα γάντια σας και να είσαστε ηλεκτρικά μονωμένοι.*

(5) Αφαιρούμε το πλαστικό περιτύλιγμα από ένα άλλο καρούλι (ή, αν είναι χρησιμοποιημένο, αφαιρούμε την ασφάλεια που είχαμε βάλει για να μη ξετυλίγεται) και κρατάμε σφιχτά με το ένα χέρι το ελεύθερο άκρο πάνω στο καρούλι για να μη ξετυλιχτεί.



Σχήμα (9.25): Διάφορα συστήματα ραούλων προώθησης-τάνυσης του σύρματος

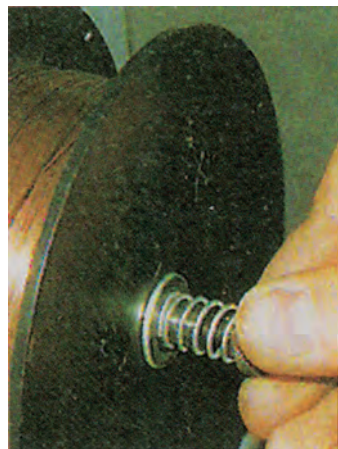
(6) Τοποθετούμε το καρούλι στη θέση του και περνάμε το σύρμα από τα ράουλα και σφίγγουμε τους **ρυθμιστές τάνυσης**. Ρυθμίζουμε τη **σύσφιξη του φρένου** του καρουλιού, έτσι ώστε αυτό να μην ξετυλίγεται, αλλά, συγχρόνως, να μην είναι πολύ σφιχτό (με πολύ μικρή δύναμη θα πρέπει να ξετυλίγεται).

(7) Στη συνέχεια πρέπει να ρυθμιστεί η τάνυση του σύρματος, που γίνεται με τη σύσφιξη των ραούλων πάνω στο σύρμα.

Η φάση αυτή είναι η κυριότερη και γίνεται ως εξής:

- Πάνω σε μία ηλεκτρικά μη αγώγιμη επιφάνεια (π.χ. στεγνό ξύλο), φέρνουμε την τσιμπίδα σε απόσταση 25 περίπου χιλιοστά.
- Πιέζουμε τη σκανδάλη και το σύρμα προχωράει.
- Αρχίζουμε να σφίγγουμε τον κοχλία (ή τους κοχλίες) τάνυσης των ραούλων, μέχρι το σύρμα να σταματήσει να προωθείται. Τότε η τάνυση είναι η σωστή.

Η μηχανή είναι έτοιμη για να χρησιμοποιηθεί.



Σχήμα (9.26): Σύσφιξη του τυμπάνου (σύστημα φρένου)

ΑΣΚΗΣΗ 9-2

Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελούν ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG με βραχυκυκλωμένο τόξο.

Παρατηρήσεις – Επισημάνσεις

Προτείνεται για την άσκηση αυτή να οργανωθούν διάφορες θέσεις εργασίας και στην κάθε θέση να υπάρχει σύρμα διαφορετικής διαμέτρου. Οι μαθητές θα εναλλάσσονται στις θέσεις, ώστε να κολλήσουν και με όλα τα μεγέθη σύρματος. Αν το εργαστήριο διαθέτει μόνο μικρές μηχανές, η άσκηση θα περιοριστεί σε σύρμα το πολύ μέχρι 1,0 mm. Αν το εργαστήριο διαθέτει και μία μεγάλη μηχανή MIG/MAG, αυτή θα χρησιμοποιηθεί με σύρμα 1,2 ή 1,6 mm, προκειμένου να εξασκηθούν οι μαθητές και στη χρήση των συρμάτων μεγάλης διαμέτρου.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3). Η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρματα διαφόρων διαμέτρων (από 0,6 mm), ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm (ανά μαθητή)
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός

Πίνακας 9-25: Επιλογή μάσκας

Σύρμα	Μάσκα με ΒΠ
0,6	10
0,8	10 ή 11
0,9-1,0	11
1,2	12
1,6-2,0	13

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές θα λάβουν όλα τα μέτρα ασφαλείας και τα μέσα ατομικής προστασίας που έλαβαν στην άσκηση (6-3).

Προσοχή: όχι ζελέ στα μαλλιά ή άδετα μαλλιά.

- Το γυαλί της μάσκας θα είναι κατά προτίμηση αυτόματης σκίασης στην περιοχή 10-13. Αλλιώς, να υπάρχουν μάσκες με βαθμό προστασίας (ΒΠ) σύμφωνα με τον πίνακα (9-25).
- Πρέπει να υπάρχει καλός εξαερισμός στην αίθουσα ή σύστημα απαγωγής αναθυμιάσεων.
- Δεδομένου ότι δεν είναι ακόμη οι μαθητές εξοικειωμένοι στις αναθυμιάσεις, θα γίνονται διαλείμματα. Προς τούτο σε κάθε θέση εργασίας θα εναλλάσσονται δύο μαθητές.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

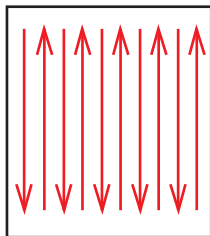
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Υπόδειγμα άσκησης 9-2

Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου

Τάση ρεύματος: 16-26 V

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να είναι σύμφωνα με τον πίνακα (9-25).
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα 20 x 20 cm.
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών  <i>Ιδανική μορφή ραφής</i> <i>Πολύ καλή ραφή</i>	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε την τάση, την ταχύτητα του σύρματος και την παροχή αερίου σύμφωνα με τον πίνακα (9-26). <i>Προσοχή: η σωστή ταχύτητα του σύρματος ποτέ δε βρίσκεται από πίνακες, αλλά με δοκιμές. Δόθηκε στον πίνακα για να βοηθηθούν οι μαθητές στο ξεκίνημα.</i> - Δοκιμάζουμε μία πρώτη ραφή και συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με της εικόνας αριστερά. - Αυξομειώνουμε την ταχύτητα του σύρματος μέχρι να πετύχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. <i>Παρατήρηση: Μην απογοητευτείτε, αν δεν μπορείτε να πετύχετε το αποτέλεσμα της εικόνας. Απαιτείται πολύ μεγάλη εξάσκηση για να φθάσετε να πετύχετε τέτοια μορφή ραφής.</i> - Εκτελούμε συνεχώς ραφές για να εξασκηθούμε κινώντας την τσιμπίδα στη μία ραφή μπροστά και στην άλλη πίσω σύμφωνα με το σχήμα (9.27). Αν χρειαστεί, αλλάζουμε την ταχύτητα του σύρματος. - Καλύπτουμε το τμήμα της επιφάνειας της λαμαρίνας που αναλογεί στη κάθε θέση εργασίας. Αν π.χ. υπάρχουν 4 θέσεις εργασίας, καλύπτουμε περίπου το 1/2 της μιας πλευράς.
4	Αλλαγή της θέσης	- Αλλάζουμε θέση εργασίας. Κατά πάσα πιθανότητα οι παράμετροι είναι έτοιμες, ρυθμισμένες σωστά από το συμμαθητή σας που εργάστηκε προηγουμένως σ' αυτή τη θέση. - Εκτελούμε, όπως προηγουμένως, ραφές μέχρι που να καλυφτεί το ανάλογο τμήμα της επιφάνειας της λαμαρίνας. Αν κρίνουμε ότι χρειάζεται, επεμβαίνουμε και στην ταχύτητα του σύρματος. - Συνεχίζουμε, αλλάζοντας θέση εργασίας μέχρι να περάσουμε από όλες τις θέσεις.
5	Τέλος της άσκησης	Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό.



Σχήμα (9.27):
Κίνηση τσιμπίδας

Διάμετρος σύρματος	Τάση (V)	Ταχύτητα σύρματος	Παροχή Αερίου L/min
0,6	16-20	50%	8-10
0,8	18-22	40%	8-10
1,0	21-24	30%	10-12
1,2	22-25	25%	10-12
1,6	23-26	20%	12-14

Πίνακας (9-26): Παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης (προτεινόμενες αρχικές τιμές)

Παρατήρηση: Στις περισσότερες μηχανές δεν αναγράφεται η τάση αλλά βαθμίδες που αντιστοιχούν σε κάποια τάση. Στις πιο μικρές μηχανές υπάρχουν μόνο δύο βαθμίδες, αλλά συνήθως οι βαθμίδες είναι από 4 μέχρι 7. Από το manual των μηχανών βρίσκεται σε ποια τάση αντιστοιχεί η κάθε ρύθμιση. Αν δεν υπάρχει το manual, τοποθετούμε την τάση κατά προσέγγιση, αφού βρούμε από την πινακίδα της μηχανής το εύρος της παρεχόμενης τάσης.

ΑΣΚΗΣΗ 9-3

Ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης με MIG/MAG και FCAW

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να γνωρίζουν τις επιπτώσεις από λάθος επιλογή των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Από την εμφάνιση μιας ραφής να αντιλαμβάνονται την παράμετρο που πρέπει να αλλάξει.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Προτείνεται για την άσκηση να οργανωθούν 2 ή 3 ειδών θέσεις εργασίας. Στην κάθε θέση να υπάρχει σύρμα διαφορετικής διαμέτρου. Οι μαθητές θα εναλλάσσονται στις θέσεις, ώστε να κολλήσουν με όλα τα μεγέθη σύρματος.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 0,6 στη μία θέση εργασίας και 0,8 ή 1,0 mm στην άλλη, ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6). Αν υπάρχουν τρεις θέσεις εργασίας, θα είναι αντίστοιχα με σύρματα 0,6-0,8-1,0 mm. Το φύλλο της άσκησης είναι προσαρμοσμένο για δύο θέσεις εργασίας.

Σημαντική παρατήρηση: Ο κύριος στόχος όλων των ασκήσεων είναι η εξάσκηση των μαθητών σε συγκολλήσεις που γίνονται πάνω στο αυτοκίνητο. Γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κυρίως τα μικρής διαμέτρου σύρματα, με τα οποία μπορούν να συγκολληθούν οι λεπτές λαμαρίνες των αυτοκινήτων.

- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 3 mm, 20 x 20 cm και ένα 10 x 20 cm
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

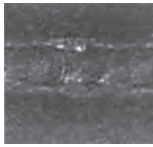
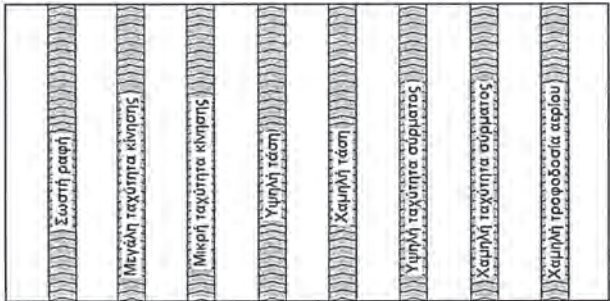
- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας για MIG/MAG (βραχυκυκλωμένου τόξου)

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

Επανάληψη της άσκησης με FCAW

- Η άσκηση θα επαναληφθεί με σωληνωτό σύρμα, γεμισμένο με πάστα ρουτίλιου, όπως π.χ. είναι το T422MC (αντίστοιχος τύπος κατά AWS: E70C-6C), που χρειάζεται αέριο CO₂.
- Οι διάμετροι των συρμάτων να είναι 1,0 και 1,2 mm.
- Κατά τα λοιπά ισχύουν όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		Υπόδειγμα άσκησης 9-3
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG ή FCAW		Τάση ρεύματος: 16-32 V
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να είναι σύμφωνα με τον πίνακα (9-25).
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματοβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	Εκτέλεση ραφών με τάση 20 V αλλάζοντας παραμέτρους  <i>Πολύ καλή ραφή</i>	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Παίρνουμε τη λαμαρίνα 20 x 20 cm. - Ρυθμίζουμε την τάση στα 20V, την ταχύτητα του σύρματος στο 40-60% και την παροχή αερίου στα 12 L/min. - Δοκιμάζουμε μία πρώτη ραφή και συγκρίνουμε το αποτέλεσμα με την εικόνα αριστερά. - Αυξομειώνουμε σταδιακά την ταχύτητα του σύρματος και εντοπίζουμε πού έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα. - Με τις παραπάνω ρυθμίσεις κάνουμε δοκιμές, αλλάζοντας την ταχύτητα που κινούμε την τσιμπίδα με το χέρι και συγκρίνουμε τα αποτελέσματα.
4	Αλλαγή της τάσης	- Αλλάζουμε την τάση, αφήνοντας την ταχύτητα του σύρματος στην καλύτερη τιμή της. - Δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε μία πρώτη ραφή. - Αλλάζουμε την ταχύτητα του σύρματος μέχρι να πετύχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. - Επαναλαμβάνουμε, δοκιμάζοντας αρκετές τιμές τάσης. - Τι παρατηρείτε για τη σχέση τάσης-ταχύτητας σύρματος;
5	Μείωση παροχής αερίου	- Μειώνουμε σταδιακά την παροχή αερίου. - Διαπιστώνουμε ότι από κάποιο σημείο και μετά έχουμε πολλούς πόρους.
6	Κατασκευή του δείγματος	- Παίρνουμε τη λαμαρίνα 10 x 20 cm. - Εκτελούμε ραφές όπως στο σχήμα (9.28). - Γράφουμε τα αρχικά του ονόματός μας.
7	Επανάληψη της διαδικασίας	- Αλλάζουμε θέση (με άλλη διάμετρο σύρματος). - Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα 3 έως 6 και με τις πίσω πλευρές των λαμαρινών.
8	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
		

Σχήμα (9.28)

ΑΣΚΗΣΗ 9-4**Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG λαμαρινών πάχους ≥ 1 mm****Επιδιωκόμενος στόχος**

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να συγκολλήσουν λαμαρίνες μικρού πάχους ≥ 1 mm.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Θα πρέπει να τηρηθούν οι οδηγίες του κεφαλαίου (7-7), περίπτωση (α), για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις των λαμαρινών.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 0,8 mm, ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6)
- Μία λαμαρίνα 20 x 20 cm πάχους 1,5 mm και δύο λάμες 5 x 20 cm πάχους 1,5 mm (ανά μαθητή)
- Μία λαμαρίνα 20 x 20 cm πάχους 1,0 mm, και δύο λάμες 5 x 20 cm πάχους 1,0 mm (ανά μαθητή)
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας με MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

Επανάληψη της άσκησης με FCAW (προαιρετικά, κατά την κρίση του καθηγητή)

- Η άσκηση μπορεί να επαναληφθεί με σωληνωτό σύρμα, γεμισμένο με πάστα ρουτιλίου, όπως π.χ. είναι το T422MC (αντίστοιχος τύπος κατά AWS: E70C-6C), που χρειάζεται αέριο CO₂.
- Οι λαμαρίνες να έχουν πάχος 2 mm.
- Η διάμετρος των σύρματος που θα χρησιμοποιηθεί να είναι 1,0 ή 1,2 mm
- Κατά τα λοιπά ισχύουν όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9			Υπόδειγμα άσκησης 9-4
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG ή FCAW			Τάση ρεύματος: 16-32 V
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να είναι σύμφωνα με τον πίνακα (9-25).	
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια της λαμαρίνας 20 x 20 - Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους).	
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm πάχους 1,5 mm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε, στην αρχή, την τάση στα 20 V, την ταχύτητα του σύρματος στο 40% και το αέριο στα 8-10 L/min. - Παίρνουμε το τεμάχιο 20x20, πάχους 1,5 mm. - Εκτελούμε δοκιμαστικές ραφές, ρυθμίζοντας κάθε φορά την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να επιτύχουμε τον επιθυμητό συνδυασμό με την τάση. Αν δεν είμαστε ικανοποιημένοι, αλλάζουμε την τάση και προσπαθούμε εκ νέου. - Εκτελούμε μια δοκιμαστική ραφή, προσέχοντας να κινούμε την τσιμπίδα με τέτοια ταχύτητα, ώστε να μην τρυπάμε τη λαμαρίνα, αλλά να έχουμε και σωστή ραφή. Μην απογοητευτείτε αν στην αρχή δημιουργούνται τρύπες. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές και μετακινώντας την τσιμπίδα με διάφορες ταχύτητες, μέχρι να καλυφθεί το 1/2 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους. Οι τρύπες πλέον θεωρούνται λάθη.	
4	Συγκόλληση των δύο λαμών διαστάσεων 5x20 cm Προσοχή: για να μην πετσικάρουν οι λάμες, οι ραφές να μην εκτελούνται η μία συνεχόμενη της άλλης αλλά να απέχουν μεταξύ τους.	- Ποντάρουμε τα τεμάχια σε επαφή μεταξύ τους. - Εκτελούμε περίπου το 1/5 της ραφής. - Σταματάμε, ελέγχουμε τη ραφή και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ταχύτητα του σύρματος. - Συνεχίζουμε με το επόμενο 1/5 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου έλεγχο και διορθώσεις. - Συνεχίζουμε, μέχρι να ολοκληρώσουμε τη ραφή.	
5	Επανάληψη με τη λαμαρίνα και τις λάμες πάχους 1,0mm	- Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 3 με τη λαμαρίνα 20x20 cm πάχους 1 mm. - Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 4 με τις λάμες 5x20cm πάχους 1 mm.	
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε τις συγκολλημένες λάμες προς έλεγχο και παίρνουμε τις λάμες που έχουμε αναλάβει για έλεγχο. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου των τεμαχίων που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει ο οπτικός έλεγχος και ο έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη.	
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.	
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και στα δύο τεμάχια. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές.	

ΑΣΚΗΣΗ 9-5**Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG λαμαρινών πάχους < 1 mm****Επιδιωκόμενος στόχος**

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να συγκολλήσουν λαμαρίνες πολύ μικρού πάχους (< 1 mm), συμπεριλαμβανομένης και της πολύ ψιλής λαμαρίνας ανθρακούχου χάλυβα που υπάρχει, πάχους μόλις 0,6 mm (24 gauge).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 0,6 mm, ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6)
- Μία λαμαρίνα 30 x 30 cm πάχους 0,8 mm και δύο λάμες 5 x 30 cm πάχους 0,8 mm (ανά μαθητή)
- Μία λαμαρίνα 30 x 30 cm πάχους 0,6 mm, και δύο λάμες 5 x 30 cm πάχους 0,6 mm (ανά μαθητή)
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-5).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		Υπόδειγμα άσκησης 9-5
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου		Τάση ρεύματος: 16-20 V
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να έχει βαθμό προστασίας 10.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια της λαμαρίνας 20 x 20. - Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους).
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20cm πάχους 1,5 mm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε, στην αρχή, την τάση στα 18 V, την ταχύτητα του σύρματος στο 50% και το αέριο στα 8-10 L/min. - Παίρνουμε το τεμάχιο 30x30, πάχους 0,8 mm. - Εκτελούμε δοκιμαστικές ραφές, ρυθμίζοντας κάθε φορά την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να επιτύχουμε τον επιθυμητό συνδυασμό με την τάση. Αν δεν είμαστε ικανοποιημένοι, αλλάζουμε την τάση και προσπαθούμε εκ νέου. - Εκτελούμε μια δοκιμαστική ραφή, προσπαθώντας να τρυπάμε τη λαμαρίνα κατά το δυνατό λιγότερο και να έχουμε συγχρόνως μία σωστή ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές και μετακινώντας την τσιμπίδα με διάφορες ταχύτητες, μέχρι να καλυφθούν τα 3/4 της επιφάνειας της λαμαρίνας. Δεν πειράζει για τις τρύπες που τυχόν δημιουργούνται, η διαδικασία δεν είναι εύκολη. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους. Οι τρύπες πλέον θεωρούνται λάθη.
4	Συγκόλληση των δύο λαμών, διαστάσεων 5x30 cm Προσοχή: για να μην πετσικάρουν οι λάμες, οι ραφές να μην εκτελούνται η μία συνεχόμενη της άλλης αλλά να απέχουν μεταξύ τους.	- Ποντάρουμε τα τεμάχια σε επαφή μεταξύ τους. - Εκτελούμε περίπου το 1/8 της ραφής. - Σταματάμε, ελέγχουμε τη ραφή και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ταχύτητα του σύρματος. - Συνεχίζουμε με το επόμενο 1/8 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου έλεγχο και διορθώσεις. - Συνεχίζουμε, μέχρι να ολοκληρώσουμε τη ραφή.
5	Επανάληψη με τη λαμαρίνα και τις λάμες πάχους 1,0 mm	- Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 3 με τη λαμαρίνα 30x30 cm πάχους 0,6 mm. - Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 4 με τις λάμες 5x30 cm πάχους 0,6 mm.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε τις συγκολλημένες λάμες προς έλεγχο και παίρνουμε τις λάμες που έχουμε αναλάβει για έλεγχο. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου των τεμαχίων που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει ο οπτικός έλεγχος και ο έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη.
7	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεσδυτικό υγρό στη ραφή και στα δύο τεμάχια. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 9-6**Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG σε διάφορες θέσεις****Επιδιωκόμενος στόχος**

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να συγκολλήσουν λαμαρίνες μικρού πάχους σε διάφορες θέσεις.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Στην άσκηση αυτή, χρησιμοποιώντας 5 λάμες, που θα συγκολληθούν σε διάφορες θέσεις, θα γίνει μία πολύ απλή κατασκευή.

Το πάχος των λαμών θα το αποφασίσει ο καθηγητής, ανάλογα με τις επιδόσεις που είχαν οι μαθητές του στις προηγούμενες δύο ασκήσεις. Μπορεί να είναι οποιοδήποτε πάχος από 0,6 μέχρι 1,5 mm.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

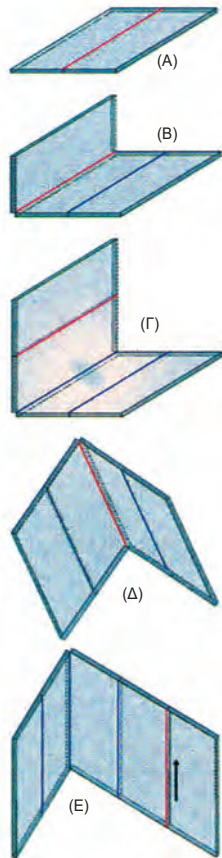
- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 0,6 mm, ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6)
- Πέντε λάμες 7 x 30 cm (ανά μαθητή). Το πάχος σε mm θα καθοριστεί από τον καθηγητή.
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-6).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		Υπόδειγμα άσκησης 9-6	
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG βραχυκυκλωμένου τόξου		Τάση ρεύματος: 16-20 V	
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να έχει βαθμό προστασίας 10.	
2	Καθορισμός παραμέτρων συγκόλλησης	Δοκιμάζουμε σε κάποιο κομμάτι λαμαρίνας του ίδιου πάχους, με αρχική τάση 18 V, ταχύτητα σύρματος 50% και αέριο 8-10 L/min, για να καθορίσουμε τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους συγκόλλησης.	
3	Εκτέλεση επίπεδης ραφής συγκόλλησης Θέση PA Σχήμα (9.29^A)	Ποντάρουμε τις δύο λάμες στον πάγκο, σε επαφή μεταξύ τους, και τις κολλάμε (κατά μήκος της κόκκινης γραμμής του σχήματος).	 Σχήμα 9.29
4	Εκτέλεση γωνιακής ραφής (εξωραφής) Θέση PB Σχήμα (9.29^B)	Ποντάρουμε την τρίτη λάμα κάθετα, όπως στο σχήμα και κολλάμε κατά μήκος της κόκκινης γραμμής (με μπλε συμβολίζονται οι προηγούμενες συγκολλήσεις).	
5	Εκτέλεση οριζόντιας ραφής συγκόλλησης Θέση PC Σχήμα (9.29^Γ)	Ποντάρουμε την τέταρτη λάμα οριζόντια πάνω από την προηγούμενη και την κολλάμε.	
6	Εκτέλεση ραχωτής ραφής συγκόλλησης Θέση PA Σχήμα (9.29^Δ)	- Γυρίζουμε το τεμάχιο ανάποδα, ώστε να ακουμπήσει στον πάγκο σε σχήμα Λ και κολλάμε τη ραχωτή ραφή σε θέση PA. - Μόνο για τους πολύ καλούς και κατόπιν έγκρισης του καθηγητή: μπορείτε να δοκιμάσετε να κολλήσετε τη ραχωτή ραφή σε θέση PD (γωνιακή ουρανού), έχοντας το τεμάχιο όπως στο (Γ) και τη ραφή να προεξέχει από τον πάγκο. Σ' αυτή την περίπτωση αυξήστε λίγο την παροχή αερίου.	
7	Εκτέλεση κατακόρυφης ραφής συγκόλλησης Θέση PF Σχήμα (9.29^E)	Τοποθετούμε το τεμάχιο με την ακμή κάθετα στον πάγκο, ποντάρουμε την πέμπτη λάμα στη μία από τις δύο άκρες και εκτελούμε ανεβατή συγκόλληση.	
8	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε το τεμάχιο προς έλεγχο και παίρνουμε το τεμάχιο του οποίου έχουμε αναλάβει τον έλεγχο. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε (οπτικός, μαγνητικός).	
9	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.	

ΑΣΚΗΣΗ 9-7

Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG σε διάφορες τάσεις

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Πώς μεταβάλλεται η συμπεριφορά της συγκόλλησης, ενώ ανεβάζουμε την τάση.
- Πώς γίνεται η συγκόλληση με μεταφορά σταγόνων και ποιες δυσκολίες αυτή παρουσιάζει.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Με τις μικρές μηχανές, που κατά πάσα πιθανότητα διαθέτει το εργαστήριο, η άσκηση θα περιοριστεί στο σύρμα το πολύ μέχρι 0,8 mm. Αν το εργαστήριο διαθέτει και μία μεγάλη μηχανή MIG/MAG, καλό είναι να εξασκηθούν οι μαθητές και με το σύρμα 1,2 mm. Η παρακάτω ανάπτυξη της άσκησης είναι για σύρμα 0,6 και 0,8 mm.

Για 1,2 mm μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο φύλλο της άσκησης, αλλά θα εφαρμοστεί αρχική τάση 22 V, ταχύτητα του σύρματος στο 25% και παροχή αερίου 8-10 L/s.

Αν η μηχανή δε διαθέτει απευθείας ρύθμιση της τάσης, αλλά βαθμίδες ρύθμισης, τότε, για κάθε τάση που αναγράφεται στο φύλλο της άσκησης, θα τοποθετείται ο διακόπτης της μηχανής **στην πλησιέστερη βαθμίδα** που αντιστοιχεί σ' αυτήν την τάση.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

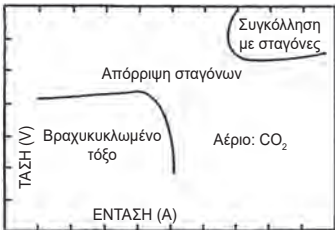
- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη CO₂
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα 0,8 mm, ποιότητα G3Si1 (κατά AWS ER70S-6)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm (ανά μαθητή)
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).
- **Επιπλέον:**
⇒ Να έχουν υπ' όψη τους ότι ενδέχεται να υπάρξουν **ισχυρά πιτσιλίσματα** και γι' αυτό να είναι **ιδιαίτερα προσεκτικοί** στην χρήση των μέσων ατομικής προστασίας.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-7).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		Υπόδειγμα άσκησης 9-7
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG σε διάφορες τάσεις		Τάση ρεύματος: 18-32 V
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να διαθέτει γυαλί αυτόματης σκίασης ή να είναι σύμφωνα με τον πίνακα (9-25).
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια - Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στη θέση όπου θα συνδεθεί το σημείο γείωσης και το καθαρίζουμε πολύ καλά. - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα, στο σημείο που έχουμε ειδικά προετοιμάσει.
3	Εκτέλεση ραφών με σύρμα 0,6mm και αλλαγή της τάσης	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε την τάση στα 18 V, την ταχύτητα του σύρματος στο 50% και την παροχή αερίου 8-10L/s. - Εκτελούμε ραφές, αυξομειώνοντας την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να πετύχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. - Ανεβάζουμε την τάση στην επόμενη θέση του διακόπτη. - Ομοίως, εκτελούμε ραφές, ανεβάζοντας την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να βρούμε την καταλληλότερη θέση. - Συνεχίζουμε να ανεβάζουμε την τάση και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία. - Σε κάποιο σημείο διαπιστώνουμε αυξημένο πιτσίλισμα. Βρισκόμαστε πλέον στην περιοχή μεταφοράς με σταγόνες.
4	Προσπάθεια συγκόλλησης με μεταφορά με σταγόνες	<i>Η τυπική συμπεριφορά του σύρματος C3SiI είναι όπως στο σχήμα (9.30). Ενδέχεται να είμαστε σε περιοχή όπου οι σταγόνες απωθούνται από το λουτρό συγκόλλησης.</i> - Προσπαθούμε να κολλήσουμε, αλλάζοντας το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος (πλησιάζοντας ή απομακρύνοντας την τσιμπίδα) και προσέχουμε τις αλλαγές που παρουσιάζονται. <i>Ερώτηση: Πού οφείλονται οι αλλαγές αυτές;</i> - Αν υπάρχουν και άλλες διαθέσιμες τάσεις στη μηχανή, τοποθετούμε την τάση στην επόμενη κλίμακα και επαναλαμβάνουμε.
5	Επανάληψη με σύρμα 0,8mm	- Ρυθμίζουμε την τάση στα 20V, την ταχύτητα του σύρματος στα 40% και την παροχή αερίου 8-10L/s. - Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 3 και 4.
5	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά γύρω από τη θέση εργασίας.
		Παρατήρηση: από το διάγραμμα φαίνεται ότι σε μία περιοχή της τάσης, ενδέχεται να έχουμε μόνο απόρριψη των σταγόνων από το λουτρό συγκόλλησης και να χρειάζεται να ανεβάσουμε και άλλο την τάση, για να βρεθούμε στην περιοχή που οι σταγόνες καταλήγουν ομαλά στο λουτρό συγκόλλησης. Στην περίπτωση της απόρριψης θα έχουμε πολύ πιτσίλισμα γύρω από τη ραφή. Το να είναι όμως η τάση κατάλληλη δεν μας αρκεί, για να μην έχουμε απόρριψη. Πρέπει να έχουμε και το κατάλληλο ισχυρό ρεύμα, που σημαίνει μικρό ελεύθερο άκρο του σύρματος, πολύ καλή σύνδεση στο σημείο γείωσης, πάνω σε πολύ καλά καθαρισμένη λαμαρίνα και κατάλληλες διατομές των καλωδίων που συνδέουν την τσιμπίδα και το σώμα γείωσης με τη μηχανή.
Σχήμα (9.30): Η τυπική μορφή του διαγράμματος τάσης-έντασης για σύρμα ποιότητας G3SiI		

ΑΣΚΗΣΗ 9-8

Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG ανοξείδωτου χάλυβα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Να εκτελούν συγκόλληση με ανοξείδωτο σύρμα.
- Τις επιπτώσεις από τη χρήση εσφαλμένης φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η ηλεκτροσυγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων προϋποθέτει τη σωστή επιλογή του σύρματος. Όπως και με τη MMA, αναφερθήκαμε μόνο στους ωστενιτικούς ανοξείδωτους χάλυβες (της σειράς 18/8), επειδή είναι οι πλέον συνηθισμένοι.

Στη MMA η τεχνική της συγκόλλησης των ανοξείδωτων χαλύβων δεν είχε ουσιώδη διαφορά από αυτήν των ανθρακούχων χαλύβων. Στη MIG όμως η κατάσταση είναι πολύ διαφορετική. Η μεταφορά του υλικού γίνεται με **ψεκασμό** και το αέριο είναι το $Ar+1-2\%O_2$. Η υψηλή θερμότητα αυτής της τεχνικής δεν επιτρέπει τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων, η οποία γίνεται με βραχυκυκλωμένο τόξο και απαιτείται το πολύ ακριβό αέριο με 80% He, 7,5% Ar και 2,5% CO_2 .

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη $Ar+2\%O_2$ (μικρή φιάλη, επειδή αυτό το αέριο δε χρησιμοποιείται σε άλλη άσκηση)
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 0,8 mm, ποιότητα G199LSi (κατά AWS: ER308LSi)
- Τρία ανοξείδωτα τεμάχια λαμαρίνας πάχους 2 mm, από χρωμιονικελιούχο χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα, π.χ. X10CrNi188 ή X8CrNi199, τα δύο διαστάσεων 5x20 cm και ένα 10x20 cm
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-8).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9			Υπόδειγμα άσκησης 9-8
Είδος συγκόλλησης: MIG/MAG σε ανοξείδωτο χάλυβα			Τάση ρεύματος: 16-22 V
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ	
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Οι μάσκες να έχουν βαθμό προστασίας (ΒΠ) 10 και 11.	
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με την ανοξείδωτη συρματοβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10 x 20. - Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). - Αντικαθιστούμε το καρούλι του σύρματος, σύμφωνα με τις οδηγίες της άσκησης (9-1).	
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Επιλέγουμε, κατ' αρχάς, τη μάσκα με ΒΠ 11. Ενδέχεται, αν δεν είναι αυτόματης ρύθμισης, να χρειαστεί να την αλλάξουμε με την άλλη που έχει ΒΠ 10. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 20-22 V, την ταχύτητα του σύρματος στο 40% και την παροχή αερίου 8-10 L/s. - Συνδέουμε στη γείωση το τεμάχιο 10x20. - Εκτελούμε δοκιμαστικές ραφές, ρυθμίζοντας κάθε φορά την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να επιτύχουμε τον επιθυμητό συνδυασμό με την τάση. Αν δεν είμαστε ικανοποιημένοι, αλλάζουμε την τάση και προσπαθούμε εκ νέου. - Εκτελούμε μια δοκιμαστική ραφή, προσπαθώντας να μην παραμορφώσουμε ή να τρυπήσουμε τη λαμαρίνα και να έχουμε συγχρόνως μία σωστή ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές και μετακινώντας την τσιμπίδα με διάφορες ταχύτητες, μέχρι να καλυφθούν τα 3/4 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους. Τυχόν τρύπημα της λαμαρίνας θεωρείται λάθος.	
4	Συγκόλληση των δύο λαμών διαστάσεων 5x10 cm Προσοχή: για να μην πετσικάρουν οι λάμες, οι ραφές να μην εκτελούνται η μία συνεχόμενη της άλλης αλλά να απέχουν μεταξύ τους.	- Ποντάρουμε τα τεμάχια 5x10 cm σε επαφή μεταξύ τους. - Εκτελούμε περίπου το 1/5 της ραφής. - Σταματάμε, ελέγχουμε τη ραφή και διορθώνουμε, αν χρειάζεται την ταχύτητα του σύρματος. - Συνεχίζουμε με το επόμενο 1/5 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου έλεγχο και διορθώσεις. - Συνεχίζουμε, μέχρι να ολοκληρώσουμε τη ραφή.	
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε τις συγκολλημένες λάμες για έλεγχο και παίρνουμε τις λάμες των οποίων έχουμε αναλάβει τον έλεγχο. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου των τεμαχίων που αναλάβαμε να ελέγξουμε. - Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.	
7	Τέλος της άσκησης	- Τοποθετούμε στη μηχανή το προηγούμενο καρούλι του σύρματος. - Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.	
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στις ραφές και στα δύο τεμάχια. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ξεετάζουμε για ρωγμές.	

ΑΣΚΗΣΗ 9-9**Ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου με MIG****Επιδιωκόμενος στόχος**

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν να εκτελούν συγκόλληση αλουμινίου με σύρμα.

Εισαγωγικές σημειώσεις

Όπως και με τη MMA, για να κολλήσει ο μαθητής αλουμίνιο, πρέπει να ξεχάσει την τεχνική που ακολουθεί στη συγκόλληση χαλύβων. Καλό είναι να διαβάσει ξανά την παράγραφο 9-13. Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να προσέξει είναι ο καλός καθαρισμός της επιφάνειας με ανοξείδωτη συρματόβουρτσα που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα και ότι η τσιμπίδα πρέπει να κινείται πιο γρήγορα. Τα προς συγκόλληση τεμάχια πρέπει να είναι σε επαφή, δε χρειάζεται κενό, για να εξασφαλιστεί η καλή διείσδυση, επειδή το σημείο τήξης του αλουμινίου είναι χαμηλό.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MIG/MAG
- Το ειδικό σέτ για τη συγκόλληση αλουμινίου που περιλαμβάνει το μη μεταλλικό σωλήνα, τα ράουλα και τα μπεκ για σύρμα αλουμινίου.
- Τσιμπίδα MIG/MAG και σώμα γείωσης με τα καλώδιά τους
- Φιάλη Ar
- Μανόμετρο φιάλης, ρυθμιστής ροής, λάστιχα
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3), αλλά η μάσκα να είναι κεφαλής.
- Σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαμέτρου 1 mm, ποιότητα ER4043
- Τρία τεμάχια λαμαρίνας αλουμινίου, πάχους 2 mm
- Συρματόβουρτσα ανοξείδωτη που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα.
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-9).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9		Υπόδειγμα άσκησης 9-9
Είδος συγκόλλησης: MIG σε αλουμίνιο		Ένταση ρεύματος: 60-100 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Η μάσκα να έχει βαθμό προστασίας (BΠ) 11.
2	Προετοιμασία	- Καθαρίζουμε καλά με την ανοξείδωτη συρματοβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10 x 20. - Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). - Αντικαθιστούμε το καρούλι του σύρματος. - Αντικαθιστούμε τα ράουλα προώθησης του σύρματος. - Αντικαθιστούμε το σωλήνα τροφοδοσίας του σύρματος. - Ρυθμίζουμε την πίεση στο καρούλι και την τάνυση του σύρματος, σύμφωνα με τις οδηγίες της άσκησης (9-1).
3	Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 20-22 V, την ταχύτητα του σύρματος στο 40% και την παροχή αερίου 8-10 L/s. - Συνδέουμε στη γείωση το τεμάχιο 10x20. - Εκτελούμε δοκιμαστικές ραφές, ρυθμίζοντας κάθε φορά την ταχύτητα του σύρματος, μέχρι να επιτύχουμε τον επιθυμητό συνδυασμό με την τάση. Αν δεν είμαστε ικανοποιημένοι, αλλάζουμε την τάση και προσπαθούμε εκ νέου. - Εκτελούμε μια δοκιμαστική ραφή, προσπαθώντας να μην παραμορφώσουμε ή να τρυπήσουμε τη λαμαρίνα, αλλά να έχουμε συγχρόνως μία σωστή ραφή. - Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές και μετακινώντας την τσιμπίδα με διάφορες ταχύτητες, μέχρι να καλυφθούν τα 3/4 της επιφάνειας της λαμαρίνας. - Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους. Τυχόν τρύπημα θεωρείται λάθος.
4	Συγκόλληση των δύο λαμών διαστάσεων 5x10 cm Προσοχή: για να μην πετσιακάρουν οι λάμες, οι ραφές να μην εκτελούνται η μία συνεχόμενη της άλλης αλλά να απέχουν μεταξύ τους.	- Ποντάρουμε τα τεμάχια 5x10 cm σε επαφή μεταξύ τους. - Εκτελούμε περίπου το 1/5 της ραφής. - Σταματάμε, ελέγχουμε τη ραφή και διορθώνουμε, αν χρειάζεται την ταχύτητα του σύρματος. - Συνεχίζουμε με το επόμενο 1/5 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου έλεγχο και διορθώσεις. - Συνεχίζουμε, μέχρι να ολοκληρώσουμε τη ραφή.
6	Ποιοτικός έλεγχος	- Παραδίδουμε τις συγκολλημένες λάμες για έλεγχο και παίρνουμε τις λάμες των οποίων έχουμε αναλάβει τον έλεγχο. - Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου των τεμαχίων που αναλάβαμε να ελέγξουμε. - Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.
7	Τέλος της άσκησης	- Τοποθετούμε στη μηχανή το προηγούμενο καρούλι του σύρματος. - Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον	- Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και στα δύο τεμάχια. - Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 9-10**Εξάσκηση στην ηλεκτροσυγκόλληση TIG****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

- Να γνωρίσουν οι μαθητές τον τρόπο που γίνεται η συγκόλληση TIG
- Να αντιλαμβάνονται, από την οπτική εμφάνιση της ραφής, αν οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης ρυθμίστηκαν σωστά.
- Να φτιάξουν το δικό τους δείγμα με ραφές TIG, πάνω σε μεταλλική πλάκα, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Κατά πάσα πιθανότητα το εργαστήριο δε θα διαθέτει ειδικές μηχανές TIG. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι μηχανές MMA/TIG, οι οποίες όμως δε διαθέτουν ρεύμα ACHF για την έναυση του τόξου. Αυτό όμως δεν αποτελεί πρόβλημα για τους στόχους της παρούσας άσκησης. Η έναυση του τόξου μπορεί να γίνει και με τη μέθοδο της επαφής.

Αν όμως το εργαστήριο διαθέτει έστω και μία μηχανή TIG, θα πρέπει όλοι οι μαθητές να εκπαιδευτούν στην έναυση του τόξου με αυτή τη μηχανή.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για ηλεκτροσυγκόλληση TIG
- Τσιμπίδα TIG και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο διαμέτρου 1,6 mm, τύπου WT20 (κατά AWS είναι το EWTh-2), το οποίο έχει κόκκινη ετικέτα.
- Ράβδοι TIG, διαμέτρων 1,6 και 2 mm, ποιότητα υλικού W3Si1 (το αντίστοιχο κατά AWS είναι το ER70S-3)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 3 mm, 20 x 20 cm
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 3 mm, 10 x 20 cm
- Τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (9-2).

Πορεία Εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (9-10).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

Επανάληψη της άσκησης με λεπτότερα ελάσματα

Ο καθηγητής, ανάλογα και με τις επιδόσεις που είχαν οι μαθητές του στην άσκηση, μπορεί να την επαναλάβει και με λεπτότερα ελάσματα (π.χ. 2 mm ή 1,5 ή και ακόμη λεπτότερα). Το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο θα είναι ακριβώς το ίδιο. Οι ράβδοι που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι 1,6 mm (δεν θα γίνει επανάληψη με 2 mm). Επίσης, μπορεί να βάλει τους μαθητές του να εκτελέσουν και απλές συγκολλήσεις, π.χ. με επικάλυψη των ελασμάτων, σε λεπτές λαμαρίνες.

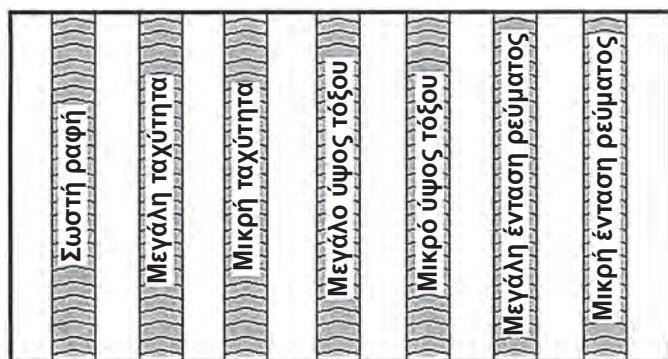
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Υπόδειγμα άσκησης 9-10

Είδος συγκόλλησης: TIG

Ένταση ρεύματος: 80-150 A

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3)	- Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. - Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. - Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 12.
2	Προετοιμασία	- Παίρνουμε τη λαμαρίνα 20 x 20 cm. - Καθαρίζουμε καλά με τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια (η TIG απαιτεί πολύ καθαρή επιφάνεια). - Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα
3	Εκτέλεση ραφών συγκόλλησης αλλάζοντας τις παραμέτρους και χρησιμοποιώντας ράβδους διαμέτρου 2 mm	- Ανοίγουμε τη μηχανή. - Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 120 A, DC-. - Προκαλούμε έναυση του τόξου (π.χ. με επαφή) - Διατηρώντας ύψος τόξου περίπου 3 mm εκτελούμε μερικές ραφές. - Επαναλαμβάνουμε με μικρότερο ύψος τόξου. - Επαναλαμβάνουμε με μεγαλύτερο ύψος τόξου. - Με κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε ραφές κινώντας την τσιμπίδα με διπλάσια ταχύτητα. - Επαναλαμβάνουμε κινώντας την τσιμπίδα με τη μισή περίπου ταχύτητα. - Αυξάνουμε το ρεύμα στα 150 A. Με την κανονική ταχύτητα και το κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε μερικές ραφές. - Επαναλαμβάνουμε με ρεύμα στα 90 A.
4	Επανάληψη της διαδικασίας με ράβδους διαμέτρου 1,6 mm	- Γυρνάμε τη λαμαρίνα από την πίσω πλευρά. - Με αρχικό ρεύμα 110 A επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω στην πίσω πλευρά της πλάκας. - Αυξάνουμε το ρεύμα στα 140 A και επαναλαμβάνουμε. - Μειώνουμε το ρεύμα στα 80 A και επαναλαμβάνουμε.
5	Κατασκευή του δείγματος με ράβδους διαμέτρου 1,6 mm	- Παίρνουμε την λαμαρίνα 10x20 cm και εκτελούμε την ίδια προετοιμασία που έγινε στο βήμα 2. - Εκτελούμε τα κορδόνια όπως στο σχήμα. - Γυρνάμε από την πίσω πλευρά τη λαμαρίνα και γράφουμε τα αρχικά του ονόματός μας με TIG.
6	Τέλος της άσκησης	- Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό - Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας μας.



Σχήμα (9.31)

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

- Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία
- Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής
- Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα
- Καμινοσυγκολλήσεις
- Συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων (E.B.W.)
- Συγκολλήσεις με ακτίνες Laser (L.B.W.)
- Συγκολλήσεις με υπερήχους

10. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ - ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει:

- Να γνωρίζουν τη λειτουργία, τη χρήση και τις εφαρμογές των μηχανών συγκόλλησης αντίστασης **κατά σημεία**.
- Να γνωρίζουν τη λειτουργία, τη χρήση και τις εφαρμογές των μηχανών συγκόλλησης αντίστασης ραφής και όλων των άλλων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης.
- Να μπορούν να κατανοούν και να περιγράφουν την αρχή λειτουργίας των μεθόδων συγκόλλησης με **καμινοσυγκόλληση, δέσμη ηλεκτρονίων, ακτίνες Laser και με υπερήχους**.

10-1. Αρχές λειτουργίας

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης βασίζονται στους γνωστούς νόμους του **Ωμ** και του **Τζάουλ**, που διδάχτηκαν στο μάθημα της ηλεκτροτεχνίας. Ο νόμος του Ωμ μας λέει ότι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι ανάλογη της τάσης και αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του κυκλώματος. Η παραπάνω πρόταση εκφράζεται με τη σχέση:

$$I = V / R \quad (10-1)$$

Όπου **I** = Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε Αμπέρ (A)

V = Η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα του κυκλώματος σε Βολτ (V)

R = Η ηλεκτρική αντίσταση του κυκλώματος σε Ωμ (Ω)

Κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν αγωγό δημιουργούνται διάφορα φαινόμενα. Μεταξύ των φαινομένων αυτών είναι και η **θέρμανση του αγωγού** (αύξηση της θερμοκρασίας του). Για τη θέρμανση του αγωγού ή μιας ωμικής αντίστασης προσδίδεται κάποια ενέργεια. Το μέγεθος της προσδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (**Q**) δίνεται από το νόμο του **Joule** (Τζάουλ), ο οποίος εκφράζεται από τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

$$Q = I^2 R t \quad (10-2)$$

Όπου:

Q = Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται στο κύκλωμα σε (Ws) ή (Wh)

I = Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε (A)

R = Η αντίσταση του κυκλώματος σε (Ω)

t = Ο χρόνος λειτουργίας του κυκλώματος σε δευτερόλεπτα (s) ή ώρες (h)

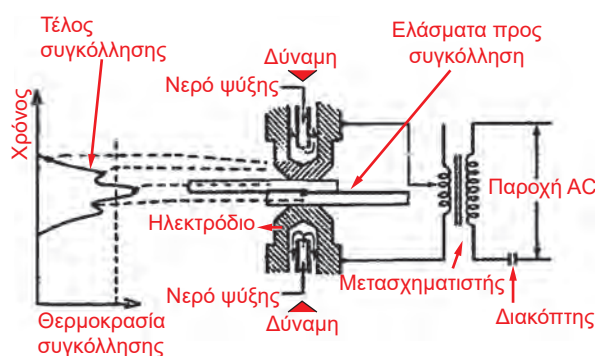
Παράδειγμα: Να υπολογιστεί το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που θα προσδοθεί στο μάτι μιας ηλεκτρικής κουζίνας ωμικής αντίστασης 40 Ω, αν στα άκρα της εφαρμοστεί τάση 220V, για μισή ώρα (1800s).

Απάντηση: Εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm και τη σχέση (10-2) έχουμε:

$$I = V / R = 220 / 40 = 5,5 \text{ A και } Q = I^2 \cdot R \cdot t = 5,5^2 \cdot 40 \cdot 0,5 = 605 \text{ Wh ή}$$

$$Q = 0,605 \text{ kWh}$$

Όμως, όταν προσθέτουμε θερμότητα σ' ένα σώμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Όσο πιο μεγάλο είναι το προσφερόμενο ποσό της θερμότητας στη μονάδα του χρόνου, τόσο πιο γρήγορα αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος. Στις παραπάνω αρχές βασίζεται η λειτουργία των **ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης**. Δηλαδή διαβιβάζουμε μέσα από τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια, που αποτελούν την αντίσταση του ηλεκτρικού κυκλώματος, μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (της τάξης των 5000 έως 25000 A), με αποτέλεσμα τα τεμάχια να θερμαίνονται στα σημεία συγκόλλησης μέχρι τη θερμοκρασία σύντηξής τους. Ταυτόχρονα, ασκείται στα μεταλλικά τεμάχια μεγάλη πίεση, που διευκολύνει τη συγκόλλησή τους. Δημιουργείται έτσι μια αυτογενής συγκόλληση, χωρίς προσθήκη συγκολλητικού υλικού (κόλλησης).



Σχήμα (10.1): Σχηματική παράσταση ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης κατά σημεία

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης διακρίνονται σε:

- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **κατά σημεία**
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **ραφής** (συνεχής συγκόλληση)
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **κατά άκρα** (κατά μέτωπο)

Κάθε ένα από τα παραπάνω είδη ηλεκτροσυγκόλλησης έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε διαφορετικούς τομείς εφαρμογών.

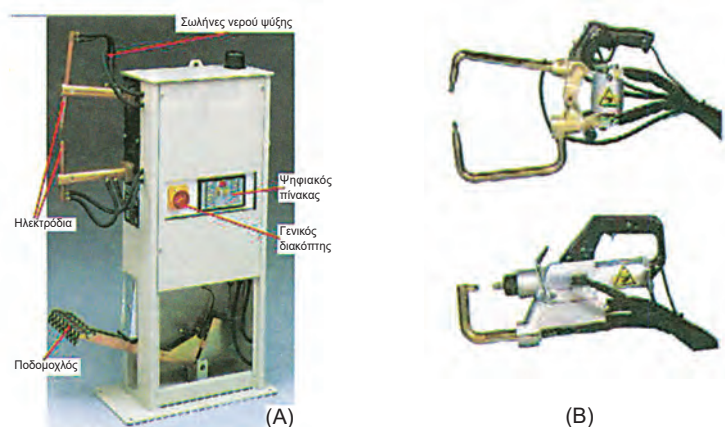
10-2. Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία εφαρμόζονται ευρύτατα σε κατασκευές αντικειμένων από χαλυβδόφυλλα αντί των ηλώσεων (περτσινωτές συνδέσεις). Τέτοιες κατασκευές είναι τα μεταλλικά έπιπλα, οι οικιακές συσκευές κτλ. Κυρίως όμως χρησιμοποιούνται στις κατασκευές των **αμαξωμάτων αυτοκινήτων**,

με αυτόματες προγραμματιζόμενες μηχανές συγκόλλησης (ρομποτικής τεχνολογίας), γιατί οι συνδέσεις αυτές γίνονται γρήγορα, είναι καλύτερης ποιότητας και πιο οικονομικές.

Στα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων (φανοποιίας), χρησιμοποιούνται κυρίως μικρές φορητές (χειροκίνητες) ηλεκτροπόντες, που κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία. Στο σχήμα (10.2.A) φαίνεται ένας συνηθισμένος τύπος **ποδοκίνητης ηλεκτροπόντας**, στην οποία διακρίνονται και οι σωλήνες του νερού για την ψύξη των ηλεκτροδίων.

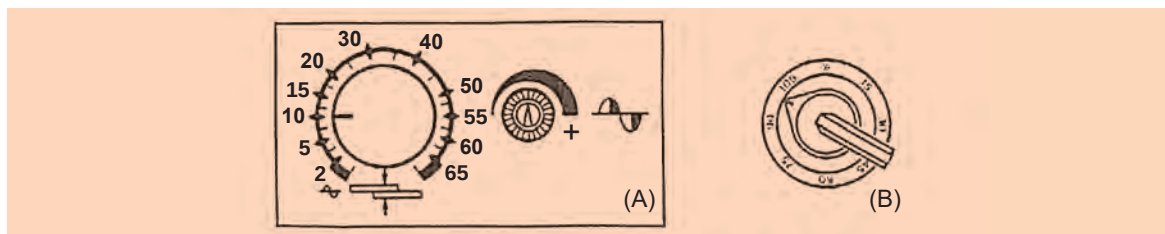
Το βασικό ηλεκτρικό κύκλωμα των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία, είναι απλό και αποτελείται από ένα **μετασχηματιστή**, το πρωτεύον πηνίο του οποίου τροφοδοτείται με τάση από το δίκτυο. Με έναν επιλογέα που τοποθετείται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, μπορούμε να αλλάξουμε τον αριθμό των σπειρών του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή και, κατά συνέπεια, την τάση **τροφοδότησης** των ηλεκτροδίων της ηλεκτροπόντας. Τα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή συνδέονται στους βραχίονες των ηλεκτροδίων, όπως στο σχήμα (10-1).



Σχήμα (10.2): (Α) Ποδοκίνητη ηλεκτροπόντα (Β) Δύο διαφορετικοί τύποι μικρής φορητής ηλεκτροπόντας, που χρησιμοποιείται πολύ στα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων.

Τα προς συγκόλληση τεμάχια τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο (σε επικάλυψη) και αποτελούν την **ωμική αντίσταση** (κατανάλωση) του ηλεκτρικού κυκλώματος. Για να συγκολληθούν τα δυο τεμάχια, διοχετεύουμε στα σημεία συγκόλλησής τους ρεύμα μεγάλης έντασης. Για να γίνει αυτό, αφού τοποθετήσουμε τα δύο τεμάχια στο **κάτω ηλεκτρόδιο** (σταθερό), κατεβάζουμε το πάνω ηλεκτρόδιο με τη βοήθεια του **ποδομοχλού**, ώστε τα δυο ηλεκτρόδια να πιέζουν τα προς συγκόλληση τεμάχια με την απαιτούμενη δύναμη. Η παραγόμενη θερμότητα στα σημεία επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση τεμάχια είναι ανάλογη του I^2 και ανάλογη, επίσης, με την αντίσταση και το χρόνο επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση

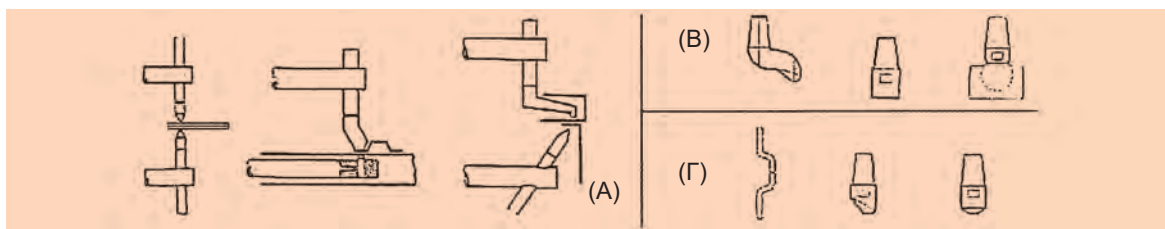
ελάσματα. Έτσι, ανάλογα με το **πάχος** των ελασμάτων, **ρυθμίζουμε την ένταση του ρεύματος (A)** και το **χρόνο** (περιόδους) που απαιτούνται για να πετύχουμε τη σύντηξη και τη συγκόλλησή τους.



Σχήμα (10.3): (Α) Επιλογέας χρόνου (σε κύκλους / s) και έντασης (σε A) (Β) Επιλογέας δύναμης σε (daN)

Ένας άλλος παράγοντας που συντελεί στην εκτέλεση μιας καλής ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία, είναι η **εφαρμοζόμενη δύναμη** κατά το χρόνο της σύντηξης των ελασμάτων στα σημεία συγκόλλησής τους. Ως γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε ότι η πίεση που πρέπει να εφαρμόζεται κατά τη συγκόλληση των ελασμάτων θα πρέπει να είναι τόση, ώστε, όταν το ρεύμα περνά από το ηλεκτρόδιο στα ελάσματα και στη συνέχεια από τα ελάσματα στο άλλο ηλεκτρόδιο, **να μη δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο**.

Θα πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι το στρώμα του αέρα που παρεμβάλλεται μεταξύ των προς συγκόλληση ελασμάτων, αποτελεί μια **πρόσθετη αντίσταση** στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, που βοηθά στην αύξηση της θερμοκρασίας στη θέση της συγκόλλησης. Έτσι, αν η **πίεση είναι πολύ μεγάλη**, το πάχος του στρώματος του αέρα ελαχιστοποιείται, με αποτέλεσμα τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης και, κατά συνέπεια, της θερμότητας που προσφέρεται στα σημεία συγκόλλησης. Εξ άλλου, αν η **πίεση είναι μικρή**, δε θα έχουμε ικανοποιητική διείσδυση των μορίων του ενός ελάσματος στα μόρια του άλλου και, επομένως, η συγκόλληση που θα προκύψει θα είναι προβληματική.



Σχήμα (10.4): Διάφορες μορφές ηλεκτροδίων ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία

Επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη συγκόλληση είναι πολύ μεγάλες, τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται από **ειδικά κράματα χαλκού**, που έχουν αφ'

ενός **μεγάλο συντελεστή αγωγιμότητας** και αφ' ετέρου **αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες**. Για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των ηλεκτροδίων, χρησιμοποιείται **ειδικό κύκλωμα νερού**, που περνάει από το εσωτερικό των ηλεκτροδίων και τα ψύχει.

Τα ηλεκτρόδια των ηλεκτροσυγκολλήσεων κατά σημεία κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές, ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν. Στο σχήμα (10.4) φαίνονται διάφορες μορφές τέτοιων ηλεκτροδίων. Πριν αρχίσουμε μια ηλεκτροσυγκόλληση πίεσης κατά σημεία, θα πρέπει να καθορίσουμε **τα στοιχεία** που έχουν σχέση με τη συγκόλληση. Τα στοιχεία αυτά είναι :

1. **Το υλικό** από το οποίο έχουν κατασκευαστεί τα προς συγκόλληση ελάσματα και **το πάχος** τους.
2. Η απαιτούμενη **ένταση** ρεύματος συγκόλλησης (A)
3. Η **δύναμη** που πρέπει να ασκείται στα σημεία συγκόλλησης (σε N ή Kg).
4. Ο **χρόνος** που θα διαρκεί η φάση της συγκόλλησης σε περιόδους (όχι σε s).
5. Η **διάμετρος** των ηλεκτροδίων (mm)

***Παρατήρηση:** Μερικοί κατασκευαστές μηχανών ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης, αντί για δύναμη (N ή daN), δίνουν πίεση σε kPa ή bar. Τα παραπάνω στοιχεία δίνονται από πίνακες που συνοδεύουν τις μηχανές συγκόλλησης.*

Πίνακας 10-1: Στοιχεία ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, για χάλυβες με $\pi(C) < 0,3\%$

Πάχος ελάσματος (mm)	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (A)	Απαιτούμενη δύναμη (N)	Διάρκεια συγκόλλησης (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)
0,5	6500-12000	900-3000	4	3,5-5
0,75	8500-16000	1700-5000	6	4,5-6,5
1,0	9500-19000	2200-6500	8	5,5-8
1,5	11000-21500	3400-8000	12	6,5-11
2,0	13000-26000	4500-13000	16	8-14

Οι πίνακες (10-1) και (10-2) μας δίνουν **ενδεικτικές τιμές** των παραπάνω στοιχείων για χάλυβες και αλουμίνιο. Τα στοιχεία των πινάκων θα πρέπει να δοκιμάζονται και να προσαρμόζονται σε κάθε ειδική περίπτωση συγκόλλησης κατά σημεία. Έτσι, αν πρόκειται να συγκολλήσουμε δύο χαλυβδοελάσματα πάχους 1,5 mm το καθένα, τα στοιχεία στα οποία θα πρέπει να ρυθμίσουμε τη μηχανή μας θα είναι :

- Ένταση ρεύματος 11000-21500 A
- Δύναμη συγκόλλησης 3350 έως 7850 N (Νιούτον)
- Χρόνος συγκόλλησης 12 περίοδοι (μετριέται σε περιόδους ρεύματος και όχι σε s).
- Διάμετρος ηλεκτροδίου 6,5-11 mm.

$$1\text{kg} = 9,81\text{ N (Νιούτον)}$$

Πίνακας 10-2: Στοιχεία ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, για το αλουμίνιο και τα κράματά του

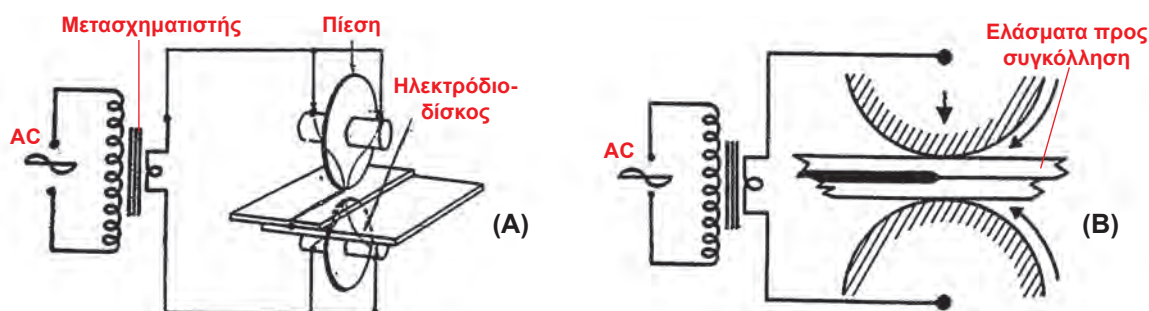
Πάχος ελάσματος (mm)	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (A)	Απαιτούμενη δύναμη (N)	Διάρκεια συγκόλλησης (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)
0,5	20000	1800	4	9
0,75	24000	2100	6	10
1,0	28000	2500	7	12
1,5	33000	2900	8	13
2,0	40000	3500	9	15
2,5	50000	4500	11	17
3,0	65000	6000	12	19

Οι συγκολλήσεις κατά σημεία **χρησιμοποιούνται** κυρίως στις περιπτώσεις κατασκευών από ελάσματα πάχους μέχρι 3 mm, στις οποίες δεν απαιτείται στεγανότητα.

10-3. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής

Η αρχή λειτουργίας των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης ραφής (ραουλόποντας) είναι ίδια με εκείνη της μηχανής συγκόλλησης κατά σημεία. Όμως στις μηχανές συγκόλλησης ραφής τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή δίσκων που περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα. Τα προς συγκόλληση ελάσματα τοποθετούνται με τα άκρα τους **σε επικάλυψη** (το ένα πάνω στο άλλο) και κινούνται ανάμεσα στους δύο δίσκους-ηλεκτρόδια.

Οι δίσκοι-ηλεκτρόδια, όταν έλθουν σ' επαφή με τα ελάσματα, διοχετεύουν ηλεκτρικό ρεύμα στα σημεία ραφής των προς συγκόλληση ελασμάτων και ταυτόχρονα ασκούν δύναμη (πίεση). Η απαιτούμενη **ένταση** του ηλεκτρικού ρεύματος, η **πίεση**,



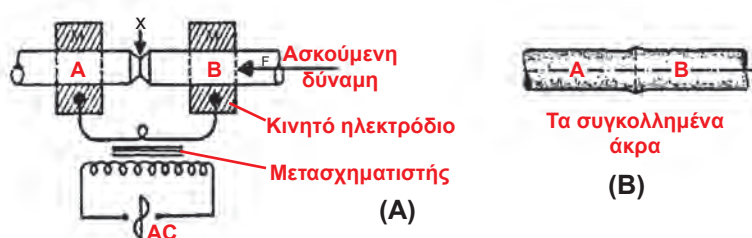
Σχήμα (10.5): (Α) και (Β) Σχηματική παράσταση μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης ραφής (ραουλόποντας)

η **ταχύτητα ραφής** (πρώωση) κτλ. στοιχεία της συγκόλλησης, εξαρτώνται από το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολληθούν και από το είδος της ραφής (στεγανή, αντοχής ή συγκράτησης).

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής **εφαρμόζεται** κυρίως στις περιπτώσεις που απαιτείται **στεγανότητα** στις συνδέσεις ελασμάτων και **μεγάλος ρυθμός παραγωγής**. Όμως, όταν δεν απαιτείται στεγανότητα στη ραφή, αλλά απλή συγκράτηση των ελασμάτων, η μηχανή συγκόλλησης ραφής μπορεί να ρυθμιστεί έτσι, ώστε να συγκολλάει **κατά σημεία**. Σ' αυτή την περίπτωση η μηχανή συγκόλλησης ρυθμίζεται έτσι, ώστε να τροφοδοτεί τα ηλεκτρόδια (δίσκους) με ρεύμα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, αφήνοντας τμήματα των προς συγκόλληση ελασμάτων χωρίς ραφή. Μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος της συγκόλλησης των ελασμάτων και περιορίζεται το κόστος. Το είδος αυτό της συγκόλλησης βρίσκει συνήθως εφαρμογή σε κατασκευές που η σύνδεση των ελασμάτων γίνεται **με επικάλυψη**.

10-4. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα

Το είδος αυτό της συγκόλλησης αντίστασης **χρησιμοποιείται** σε μονάδες παραγωγής, για τη σύνδεση άκρων σωλήνων, μορφοδοκών ή άκρων ράβδων από χάλυβα ή μη σιδηρούχων μετάλλων. Η **συγκόλληση κατά άκρα** πραγματοποιείται σε ειδικές μηχανές οι οποίες φέρουν **σιαγόνες συγκράτησης** των δύο τεμαχίων που θα συγκολληθούν. Η μια σιαγόνα είναι σταθερή, ενώ η άλλη είναι κινητή. Τα άκρα των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν τοποθετούνται στις σιαγόνες της μηχανής συγκόλλησης αντικριστά. Όταν δοθεί η εντολή να αρχίσει η διαδικασία συγκόλλησης των άκρων (π.χ. σωλήνων ή ράβδων από χάλυβα), η κινητή σιαγόνα αρχίζει να κινείται προς τη σταθερή, μέχρι να συναντηθούν τα δύο άκρα που θα συγκολληθούν. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται **ισχυρή πίεση** στα δύο άκρα, πριν ακόμη αρχίσει η διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος. Κατόπιν διοχετεύεται μέσω των συμπίεσμένων άκρων **ηλεκτρικό ρεύμα μεγάλης έντασης**, το οποίο πυρακτώνει τα δύο άκρα και τα αναγκάζει να συγκολληθούν. Για να έχουμε άριστα αποτελέσματα συγκόλλησης, οι επιφάνειες των άκρων που θα συγκολληθούν θα πρέπει να είναι **καθαρές και καλά κεντραρισμένες**.



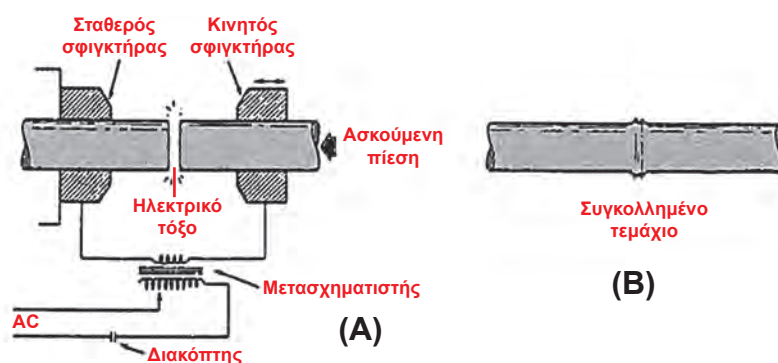
Σχήμα (10.6): (Α) Σχηματική παράσταση της συγκόλλησης σωλήνα με συσκευή ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης κατά άκρα (Β) Τα άκρα των σωλήνων συγκολλημένα

Πριν αρχίσει η διαδικασία μιας συγκόλλησης αντίστασης κατά άκρα, θα πρέπει να καθοριστούν τα στοιχεία της, που είναι ανάλογα με τη μορφή και τη διατομή των προς συγκόλληση άκρων. Τα στοιχεία αυτά είναι :

- Η **ένταση** του ρεύματος (A)
- Η απαιτούμενη **δύναμη** σε N ή η πίεση σε kPa ή bar (1 bar = 100 kPa)
- Ο **χρόνος** παροχής ρεύματος (περίοδοι)
- Το **μήκος διείσδυσης** του ενός άκρου μέσα στο άλλο (mm)

Τα παραπάνω στοιχεία δίνονται συνήθως από πίνακες που συνοδεύουν τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης κατά άκρα.

Εκτός από **την απλή μέθοδο** ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης άκρων, που περιγράψαμε πιο πάνω, υπάρχει και η ηλεκτροσυγκόλληση άκρων **με τόξο**. Η διαφορά των δύο μεθόδων συγκόλλησης είναι ότι τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων τοποθετούνται στη μηχανή σε μια μικρή απόσταση μεταξύ τους, ώστε, όταν εφαρμοστεί στα άκρα τους τάση, να δημιουργηθεί ηλεκτρικό τόξο το οποίο αναπτύσσει την κατάλληλη θερμοκρασία για τη συγκόλλησή τους. Τα προς συγκόλληση τεμάχια πλησιάζουν προοδευτικά το ένα το άλλο, μέχρι να έλθουν σε επαφή. Όταν συμβεί αυτό, τα τεμάχια έχουν θερμανθεί (πυρακτωθεί) σε ικανοποιητικό επίπεδο και με τη βοήθεια της εφαρμοζόμενης δύναμης συγκολλώνται.



Σχήμα (10.7): (Α) Σχηματική παράσταση μηχανής συγκόλλησης άκρων με ηλεκτρικό τόξο (Β) Τα άκρα των σωλήνων συγκολλημένα

10-5. Άλλες μέθοδοι συγκόλλησης

Εκτός από τις μεθόδους συγκόλλησης που περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις ή δε χρησιμοποιούνται καθόλου **στις κατασκευές των αμαξωμάτων**. Τέτοιες μέθοδοι είναι:

- Οι **καμινοσυγκολλήσεις**
- Οι συγκολλήσεις **με δέσμη ηλεκτρονίων** (E.B.W.)
- Οι συγκολλήσεις **με ακτίνες Laser** (L.B.W.).

- Οι συγκολλήσεις με βυθισμένο τόξο
- Οι συγκολλήσεις με υπερήχους

(α) Η Καμινοσυγκόλληση

Η **καμινοσυγκόλληση** είναι η πιο παλιά μέθοδος συγκόλλησης μετάλλων. Η χρήση της σήμερα έχει περιοριστεί σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, λόγω των πολλών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι άλλων σύγχρονων μεθόδων συγκόλλησης.



Σχήμα (10.8): (Α) Κλασσικός τύπος καμινιού με χειροκίνητο ή ποδοκίνητο φουσητήρα (Β) Η διαδικασία συγκόλλησης με σφυρηλάτηση

Κατά την καμινοσυγκόλληση τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια θερμαίνονται σε καμίνι, **μέχρι να πυρακτωθούν**. Κατόπιν τοποθετούνται πάνω στο **αμόνι** στη θέση που πρόκειται να συγκολληθούν (συνήθως με επικάλυψη των άκρων τους) και σφυρηλατούνται με τα ειδικά **σφυριά του καμινευτή**. Τα σφυριά αυτά μπορεί να είναι του **ενός χεριού** με βάρος 1 Kg έως 2 Kg ή **βαριές** που χειρίζονται από το βοηθό του καμινευτή με τα δύο χέρια. Οι βαριές έχουν συνήθως βάρος 5 έως 10 Kg.

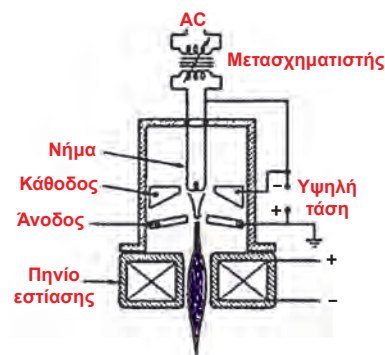
Με τη σφυρηλάτηση, τα μέρη του ενός άκρου εισχωρούν στα μέρη του άλλου και πραγματοποιείται η συγκόλλησή τους. Σε ειδικές περιπτώσεις τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων λοξοτομούνται σε αρσενική και θηλυκή διαμόρφωση, ώστε κατά τη σφυρηλάτησή τους να «δέσουν» ευκολότερα και καλύτερα.

Για να πραγματοποιηθεί μια καλής ποιότητας καμινοσυγκόλληση, θα πρέπει τα προς συγκόλληση άκρα να μην έχουν σκουριές. Γι' αυτό, όταν τα τεμάχια βρίσκονται στο καμίνι και αρχίζουν να πυρακτώνονται, ο καμινευτής τα ραντίζει **με βόρακα**, ώστε να απαλλαγούν από τις οξειδώσεις και να συγκολληθούν χωρίς προβλήματα.

(β) Η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων (E.B.W.)

Οι συγκολλήσεις με **δέσμη ηλεκτρονίων**, βασίζονται στο βομβαρδισμό των προς συγκόλληση επιφανειών των μετάλλων με **δέσμη ηλεκτρονίων μεγάλης ταχύτητας**. Η διαδικασία της συγκόλλησης πραγματοποιείται με ειδικές μηχανές,

οι οποίες έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν και να συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό ηλεκτρονίων (από την κάθοδο), να τα επιταχύνουν μέσα από μια μικρή τρύπα της **ανόδου**, ώστε να αποκτούν μεγάλη ταχύτητα και να τα επικεντρώνουν (με ηλεκτρομαγνήτες) στα σημεία συγκόλλησης. Όλες οι πιο πάνω φάσεις συντελούνται σε ειδικό χώρο της μηχανής **υπό κενό**. Έτσι όλη η **κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων μετατρέπεται σε θερμότητα**, η οποία θερμαίνει τα προς συγκόλληση μέταλλα, μέχρι του σημείου σύλληξής τους, με συνέπεια τη συγκόλλησή τους, σχήμα (10.9).



Σχήμα (10.9): Σχηματική παράσταση μηχανής συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων

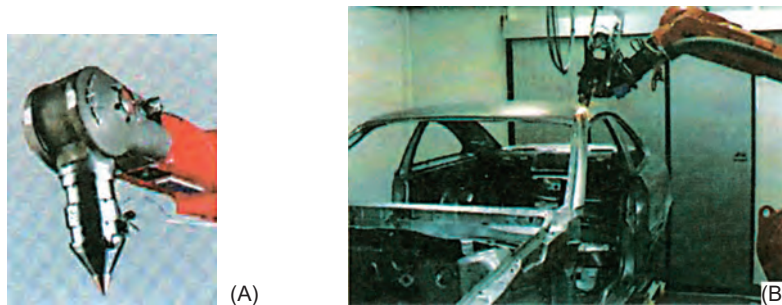
Για την επιτάχυνση της δέσμης των ηλεκτρονίων χρησιμοποιείται ρυθμιζόμενη τάση, η τιμή της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 kV, ανάλογα με την απαιτούμενη για κάθε συγκόλληση επιτάχυνση. Η ηλεκτρική **τάση** επηρεάζει το μέγεθος της επιτάχυνσης, η οποία με τη σειρά της καθορίζει την ανάπτυξη της **θερμότητας**, ενώ η **ένταση** του ρεύματος έχει σχέση με τη **διείσδυση** της συγκόλλησης. Το μεγάλο **πλεονέκτημα** των συγκολλήσεων με δέσμη ηλεκτρονίων είναι η **εξαιρετικά μεγάλη διείσδυση** της δέσμης ηλεκτρονίων στα προς συγκόλληση μέταλλα, αλλά σε πάρα πολύ μικρή έκταση (μικρή διάμετρος των σημείων συγκόλλησης). Έτσι η **ζώνη που επηρεάζεται θερμικά** (ΖΕΘ) περιορίζεται σημαντικά, με όλα τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν στην κρυσταλλική δομή των γειτονικών περιοχών της συγκόλλησης.

Με τη μέθοδο της δέσμης ηλεκτρονίων μπορούν να συγκολληθούν σχεδόν όλα τα μέταλλα, από τα πιο δύσθηκτα όπως οι ανοξείδωτοι χάλυβες κτλ., μέχρι και ανόμοια μεταλλικά τεμάχια. Όμως η χρήση των συσκευών συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων είναι πολύ περιορισμένη, γιατί το κόστος αγοράς τους είναι μεγάλο και η χρήση τους απαιτεί πολύ καλή εκπαίδευση.

(γ) Η συγκόλληση με ακτίνες Laser

Η **συγκόλληση με ακτίνες Laser** (λείζερ) είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια βομβαρδίζονται στα σημεία συγκόλλησής τους από ισχυρή **δέσμη ακτίνων φωτός** (γνωστές ως ακτίνες λείζερ), με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται σ' αυτά τα σημεία υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή φτάνει μέχρι του **σημείου σύντηξης** των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησης. Έτσι προκύπτει μια ισχυρή συγκόλληση των δύο μεταλλικών τεμαχίων που μοιάζει με τη συγκόλληση της ηλεκτροπλάσας.

Οι μηχανές συγκόλλησης με laser μπορούν να πραγματοποιήσουν συγκολλήσεις πολύ μικρών διαστάσεων της τάξης των 0,076 mm (διάμετρος). Επίσης, οι ίδιες μηχανές μπορούν να πραγματοποιήσουν και **κοπή μετάλλων** με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Λόγω όμως του μεγάλου κόστους αγοράς των μηχανών συγκόλλησης laser, η



Σχήμα (10.10): (Α) Κεφαλή μηχανής laser για συγκόλληση και κοπή (Β) Συγκόλληση οροφής αυτοκινήτου με ακτίνες laser

χρήση τους περιορίζεται σε μεγάλα και καλά οργανωμένα μηχανουργεία ή μεγάλες βιομηχανίες. **Στην αυτοκινητοβιομηχανία** χρησιμοποιούνται συσκευές laser ισχύος μέχρι 6 kW, ενώ μεγαλύτερες συσκευές της τάξης των 10 kW, κατασκευάζονται μόνο για ερευνητικούς σκοπούς.

Οι συσκευές laser μπορούν να συγκολλήσουν ελάσματα από χάλυβα (κοινό και ανοξείδωτο), αλουμίνιο, τιτάνιο κτλ. Όπως και στις συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων, έτσι και στην περίπτωση των συγκολλήσεων με ακτίνες laser, **η διείσδυση είναι εξαιρετικά μεγάλη**, ενώ η κυκλική έκταση της συγκόλλησης πολύ μικρή. Επίσης, με συσκευές laser μπορούμε να κάνουμε και κοπή ελασμάτων με μεγάλη ακρίβεια, με εξαιρετική εμφάνιση κοπής και με πολύ καλή ταχύτητα.



Σχήμα (10.11): Προϊόντα κοπής με ακτίνες laser

(δ) Συγκόλληση με υπερήχους

Η μέθοδος συγκόλλησης με υπερήχους είναι γνωστή από τη δεκαετία του 50 και βασίζεται στη χρήση υπερήχων με **συχνότητα παλμών πάνω από 4000 / s**. Όμως χρησιμοποιείται και σήμερα σε ειδικές περιπτώσεις συγκολλήσεων **χαλκού, νικελίου, αλουμινίου** ή ακόμη και **ανόμοιων μετάλλων**, που η συγκόλλησή τους με άλλες μεθόδους θα απαιτούσε υψηλές θερμοκρασίες, με συνέπεια πιθανές παραμορφώσεις των μεταλλικών τεμαχίων. Στη συγκόλληση με υπερήχους, τα άκρα των προς συγκόλληση μεταλλικών τεμαχίων τοποθετούνται σε θέση επικάλυψης και στερεώνονται στη μηχανή συγκόλλησης. Σ' αυτή τη θέση τα προς συγκόλληση άκρα **συμπιέζονται** και ταυτόχρονα τροφοδοτούνται με **ρεύμα υψηλής συχνότητας** (υπερήχους). Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στα σημεία επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση τεμάχια είναι επιφανειακή και σαφώς μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης των μετάλλων. Όμως σε συνδυασμό με την εφαρμοζόμενη πίεση επιτυγχάνεται η συγκόλληση των τεμαχίων, χωρίς παραμορφώσεις ή άλλες αρνητικές επιπτώσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης βασίζονται στην ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας στα προς συγκόλληση τεμάχια, κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Το ποσό της θερμότητας που προσδίδεται σε ηλεκτρική αντίσταση ηλεκτρικού κυκλώματος, εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης (R), από το τετράγωνο της έντασης που διαρρέει την αντίσταση (I^2) και από το χρόνο (t) που εφαρμόζεται η τάση στα άκρα της αντίστασης. Το ποσό της θερμότητας που αναπτύσσεται σε μια αντίσταση (στην περίπτωση μας στα προς συγκόλληση τεμάχια), δίνεται από τη σχέση:

$$Q = I^2 R t$$

- Όταν προστίθεται θερμότητα σ' ένα σώμα, αυξάνεται η θερμοκρασία του, η οποία μπορεί να φτάσει στη θερμοκρασία σύντηξης των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησής τους. Έτσι, με την ταυτόχρονη εφαρμογή ισχυρής πίεσης, τα μεταλλικά τεμάχια συγκολλούνται.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης διακρίνονται σε συγκολλήσεις **κατά σημεία, ραφής και κατά άκρα**.
- Οι **ηλεκτροπόντες** είναι συσκευές συγκόλλησης με τις οποίες εκτελούνται συγκολλήσεις **κατά σημεία**. Το πάχος των προς συγκόλληση ελασμάτων καθορίζει την **ένταση** του ρεύματος που θα επιλέξουμε, την **πίεση** που πρέπει να εφαρμοστεί και το **χρόνο** εφαρμογής τάσης στα άκρα των ηλεκτροδίων.
- Για την ψύξη των ηλεκτροδίων των μηχανών συγκόλλησης αντίστασης χρησιμοποιείται **κύκλωμα νερού ψύξης**.
- Οι συγκολλήσεις κατά σημεία χρησιμοποιούνται σε κατασκευές από ελάσματα πάχους μέχρι **3 mm**, όταν δεν απαιτείται στεγανότητα.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις **αντίστασης ραφής** βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με εκείνη των συγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, αλλά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές που θέλουμε και στεγανότητα.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης **κατά άκρα** χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις σύνδεσης άκρων **σωλήνων, μορφοδοκών, ράβδων** κτλ., από χάλυβα ή από μη σιδηρούχα μέταλλα.
- Άλλες μέθοδοι συγκόλλησης, που όμως χρησιμοποιούνται σπάνια ή σε ειδικές περιπτώσεις, είναι: η **καμινοσυγκόλληση**, η **συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων**, με **laser**, με **βυθισμένο τόξο** και με **υπερήχους**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το ποσό θερμότητας, που αποδίδεται σε αντίσταση ηλεκτρικού κυκλώματος, όταν εφαρμοστεί στα άκρα της ηλεκτρική τάση;
2. Ποια είδη συγκολλήσεων αντίστασης γνωρίζετε και ποιο είδος χρησιμοποιείται περισσότερο στα αμαξώματα;
3. Εξηγήστε τη διαδικασία συγκόλλησης με ηλεκτροπόντα.
4. Πώς αντιμετωπίζεται η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στα ηλεκτρόδια των συσκευών συγκόλλησης κατά σημεία;
5. Από τι υλικό κατασκευάζονται τα ηλεκτρόδια των συσκευών συγκόλλησης αντίστασης και γιατί;
6. Σε ποιες περιπτώσεις ενδείκνυται η εφαρμογή συγκόλλησης κατά σημεία και σε ποιες η συγκόλληση αντίστασης ραφής;
7. Ποια στοιχεία πρέπει να λάβουμε υπόψη μας, πριν αρχίσουμε τη συγκόλληση ελασμάτων με συγκόλληση αντίστασης κατά σημεία;
8. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης **κατά άκρα** και σε ποια είδη μετάλλων μπορεί να εφαρμοστεί;
9. Αναπτύξετε την αρχή λειτουργίας των μηχανών συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων και με ακτίνες laser. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των κλασικών μεθόδων συγκόλλησης.
10. Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας των μηχανών συγκόλλησης με υπερήχους και αναφέρατε τις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Σ' ένα εργαστήριο συγκόλλησης αντικειμένων στα οποία δεν απαιτείται στεγανότητα, χρησιμοποιείται **ηλεκτροπόντα** (συγκόλληση κατά σημεία). Σε περίπτωση που η ηλεκτροπόντα χαλάσει, ποιο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης **αντίστασης** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αντ' αυτής και με ποια ρύθμιση;
2. Όταν κατά τη συγκόλληση ελασμάτων η θέρμανση πρέπει να είναι **άκρως περιορισμένη στα σημεία συγκόλλησης**, ποια μέθοδο συγκόλλησης θα προτιμούσατε και γιατί;
3. Υποθέστε ότι εκτελείτε συγκόλληση **με δέσμη ηλεκτρονίων** και η τάση του δικτύου πέφτει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Εκτιμήστε τις επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν στην ποιότητα της συγκόλλησης.

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 1

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και κάθε ομάδα αναλαμβάνει να συλλέξει πληροφοριακό υλικό (προσπέκτους, φωτογραφίες, πίνακες κτλ.) για ένα είδος συγκόλλησης. Το υλικό παρουσιάζεται στην τάξη και ο καθηγητής εξηγεί στους μαθητές πιθανές περιπτώσεις που δεν αναφέρονται στο βιβλίο τους.

Εργασία 2

Ο καθηγητής της τάξης μπορεί να δώσει ηλεκτρονικές διευθύνσεις στο διαδίκτυο που αφορούν συσκευές συγκόλλησης και οι μαθητές να «κατεβάσουν» χρήσιμα στοιχεία για τα είδη των συγκολλήσεων που αναφέρονται σ' αυτό το κεφάλαιο.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 10-1

Συγκόλληση ελασμάτων με μηχανή αντίστασης κατά σημεία (ηλεκτροπόντα)

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την εκτέλεση αυτής της άσκησης οι μαθητές θα είναι σε θέση :

- Να επιλέγουν με τη βοήθεια πινάκων την ένταση και το χρόνο συγκόλλησης ελασμάτων συγκεκριμένου πάχους.
- Να θέτουν σε λειτουργία τη μηχανή συγκόλλησης (ηλεκτροπόντα).
- Να πραγματοποιούν συγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία, με ηλεκτροπόντα.

Απαιτούμενα υλικά, εργαλεία και συσκευές

- Σταθερή μηχανή συγκόλλησης αντίστασης κατά σημεία (ηλεκτροπόντα), 15 kVA, 380V
- Χάλκινα ηλεκτρόδια ανάλογης διαμέτρου με τα προς συγκόλληση ελάσματα
- Μεταλλικά τεμάχια (παλιά ή καινούργια), διαφόρων παχών
- Σμυριδοτροχός, σφιγκτήρες στερέωσης των ελασμάτων

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Χρησιμοποιήστε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας (προστατευτικά γυαλιά, γάντια, φόρμα κτλ.).
- Ο χειριστής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος (κατάλληλα γάντια, παπούτσια κτλ.).
- Μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα ηλεκτρόδια.

Πορεία εργασίας

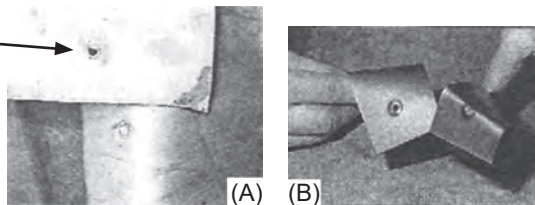
1. Καθαρίστε κάθε ένα από τα ελάσματα που θα συγκολληθούν και από τις δύο πλευρές.
2. Στερεώστε με σφιγκτήρα τα δύο ελάσματα στη θέση που θα συγκολληθούν.

3. Ελέγξτε την κατάσταση των καλωδίων παροχής ρεύματος της συσκευής και τις συνδέσεις τους με τη συσκευή.
4. Με βάση το πάχος των ελασμάτων, επιλέξτε **την ένταση, το χρόνο, τη δύναμη** (ή πίεση) της συγκόλλησης και τη διάμετρο των ηλεκτροδίων.
5. Γυρίστε το γενικό διακόπτη σε θέση «ON».
6. Τοποθετήστε τα προς συγκόλληση ελάσματα ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και κατεβάστε το κινητό ηλεκτρόδιο με τη δύναμη που προβλέπεται για το πάχος των ελασμάτων. Όταν ο χρόνος που έχετε επιλέξει (περίοδοι) έχει τελειώσει, η παροχή ρεύματος σταματά και η συγκόλληση έχει ολοκληρωθεί.

Παρατήρηση: Αν κατά τη συγκόλληση παρατηρήσετε **πυράκτωση** στα σημεία συγκόλλησης και **ελαφρό καπνό**, ελαττώστε την ένταση του ρεύματος και ξαναδοκιμάστε.

7. Πραγματοποιήστε και άλλες συγκολλήσεις κατά σημεία στα ίδια μεταλλικά τεμάχια και σε άλλα με διαφορετικό πάχος, ώστε να εξοικειωθείτε με τη χρήση της ηλεκτροπόνας.

Δημιουργηθείσα
τρύπα



Σχήμα (10.12): Όταν η συγκόλληση είναι καλής ποιότητας και τα πονταρισμένα ελάσματα αποχωριστούν, θα πρέπει στο ένα από τα δύο να δημιουργηθεί τρύπα.

8. Αφού κρυώσουν τα σημεία συγκόλλησης (πονταρισίες), προσπαθήστε να αποκολλήσετε τα δύο τεμάχια για να ελέγξετε την ποιότητα της συγκόλλησης.
9. **Αν η συγκόλληση είναι καλής ποιότητας, όταν τα δυο τεμάχια αποχωριστούν, στο ένα μένει το τήγμα (κάτι σαν πρετσίνι) και στο άλλο σχηματίζεται αντίστοιχη τρύπα** (Σχήμα 10.12.). Αν δε σχηματιστεί τρύπα στο ένα από τα δύο, σημαίνει ότι η συγκόλληση είναι αδύναμη, που μπορεί να οφείλεται στην επιλογή μικρής έντασης ή μικρού χρόνου συγκόλλησης.
10. **Γυρίστε το γενικό διακόπτη της ηλεκτροπόνας στη θέση «off»** και παραδώστε την στον υπεύθυνο του εργαστηρίου, μαζί με όλα τα εργαλεία και τα μέσα ατομικής προστασίας σας.
11. Συζητήστε με τον καθηγητή σας τις απορίες σας και ζητήστε να σχολιάσει το αποτέλεσμα της εργασίας σας.

ΑΣΚΗΣΗ 10-2**Συγκόλληση ελασμάτων αμαξώματος αυτοκινήτου με ηλεκτροπόντα****Επιδιωκόμενοι στόχοι**

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί:

- Να επιλέγουν τον κατάλληλο τύπο ηλεκτροπόντας για το είδος της εργασίας που θα επιτελέσουν.
- Να επιλέγουν τα κατάλληλα ηλεκτρόδια, να ρυθμίζουν την ένταση και την πίεση εργασίας για το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολλήσουν.
- Να εκτελούν ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία για τη σύνδεση τμημάτων του αμαξώματος αυτοκινήτου.

Απαιτούμενα υλικά, εργαλεία και συσκευές

- Ηλεκτροπόντα φορητή, αερόψυκτη, 10 kVA, 380V, 3Φ
- Χάλκινα ηλεκτρόδια Φ 4mm
- Τμήματα αυτοκινήτου ή παλιά αυτοκίνητα με συγκολλητά εξαρτήματα (π.χ. το πορτ- μπαγκάζ ενός αυτοκινήτου)
- Τρυπάνι ξεπονταρίσματος (Φ8mm), κοπίδι, σφυριά κτλ. εργαλεία χειρός
- Σμυριδοτροχός, σφικτήρες ελασμάτων
- Ελάσματα πάχους ίδιο με εκείνο του αμαξώματος που θα αντικατασταθεί (π.χ. 0,7mm)
- Σπρέι ψευδαργύρου (αστάρι)
- Προστατευτικά γυαλιά, γάντια κτλ. εξαρτήματα ατομικής προστασίας

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

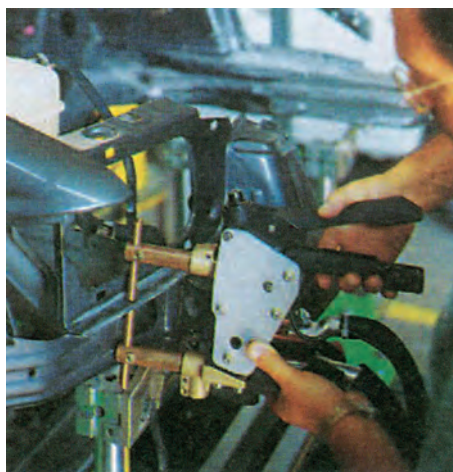
- Χρησιμοποιήστε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας (προστατευτικά γυαλιά, γάντια, φόρμα κτλ.).
- Ο χειριστής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος (κατάλληλα γάντια, παπούτσια κτλ.).
- Μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα ηλεκτρόδια.
- Ελέγξτε την κατάσταση των καλωδίων σύνδεσης της ηλεκτροπόντας στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Πορεία εργασίας

1. Αφαιρέστε το παλιό κολλητό τμήμα του αμαξώματος, χρησιμοποιώντας το τρυπάνι ξεπονταρίσματος (ξεπονταριστή) ή άλλα κατάλληλα για την περίπτωση εργαλεία (κοπίδια, σφυριά κτλ.).
2. Λειάνετε με λειαντικό τροχό τις επιφάνειες των ελασμάτων που θα συγκολληθούν και καθαρίστε τες από τα υπολείμματα της λείανσης με ηλεκτρική σκούπα.
3. Ψεκάστε τις επιφάνειες των ελασμάτων που θα συγκολληθούν με σπρέι ψευδαργύρου για την προστασία των προς συγκόλληση επιφανειών από οξειδώσεις.
4. Δοκιμάστε το νέο μεταλλικό κομμάτι, (έτοιμο ή κατασκευασμένο στο εργαστήριο του σχολείου), αν ταιριάζει καλά στη θέση του παλιού και στερεώστε το στη σωστή θέση με σφικτήρες.

***Προσοχή:** Ελέγξτε την κατάσταση των καλωδίων παροχής της ηλεκτροπόντας για φθορές στη μόνωση ή χαλαρές συνδέσεις στους ακροδέκτες.*

5. Με βάση το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολλήσετε, ρυθμίστε από τον επιλογέα της ηλεκτροπόντας **την ένταση (A), τη δύναμη (daN) και το χρόνο (περίόδους)**.
6. Κάνετε έναν έλεγχο της διαμέτρου των ηλεκτροδίων της ηλεκτροπόντας και διαπιστώστε αν είναι η σωστή για την εργασία που θα εκτελέσετε (για το πάχος των ελασμάτων).
7. Βάλτε σε λειτουργία την ηλεκτροπόντα και τοποθετήστε τις προς συγκόλληση επιφάνειες ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια.
8. Πιέστε το μοχλό έναρξης της συγκόλλησης, ώστε να αρχίσει η συγκόλληση (πονταρισιά). Η διαδικασία της συγκόλλησης τελειώνει, όταν τελειώσει ο χρόνος (περίοδοι) που έχουμε επιλέξει στον επιλογέα χρόνου.



***Σχήμα (10.13):** Η συγκόλληση με ηλεκτροπόντα χειρός κατά την επισκευή αμαξώματος αυτοκινήτου*

9. Μετακινήστε την ηλεκτροπόντα στο επόμενο σημείο συγκόλλησης, ακολουθώντας τις ίδιες ενέργειες που αναφέρθηκαν πιο πάνω.
10. Συνεχίστε τις πονταρισιές στα προς συγκόλληση τεμάχια, μέχρι να συγκολληθεί κατά σημεία όλο το μήκος των δύο μεταλλικών τεμαχίων.
11. Όταν η διαδικασία της συγκόλλησης τελειώσει, κλείστε το διακόπτη της ηλεκτροπόντας, τυλίξτε τα καλώδια στην ειδική υποδοχή της και παραδώστε την στον υπεύθυνο του εργαστηρίου καθαρή και έτοιμη να ξαναχρησιμοποιηθεί.
12. Καλέστε τον καθηγητή σας για έλεγχο και σχολιασμό της εργασίας σας.

ΑΝΑΓΟΜΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- Γενικά για τις αναγομώσεις μεταλλικών επιφανειών
- Αναγόμωση με σκληρές κολλήσεις
- Αναγόμωση με ψεκασμό
- Μέθοδοι αναγόμωσης με ηλεκτρόδιο και με σωληνωτό σύρμα

11. ΑΝΑΓΟΜΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥ

Επιδιωκόμενοι στόχοι

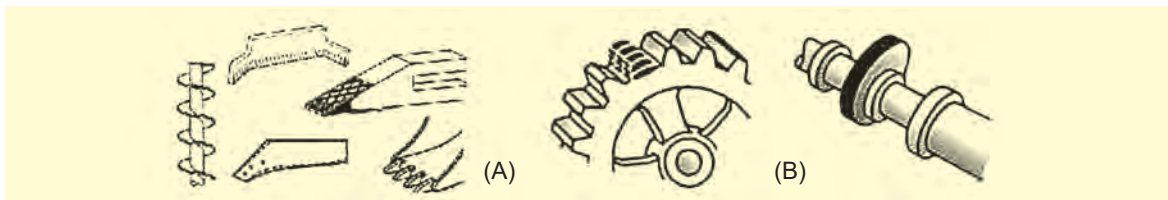
Μετά την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Τις μεθόδους αναγόμεωσης μεταλλικών επιφανειών
- Τα υλικά, τις μηχανές και τη διαδικασία αναγόμεωσης μεταλλικών επιφανειών με τη **μέθοδο οξυγονοασετιλίνης**
- Τα υλικά, τις μηχανές και τη διαδικασία αναγόμεωσης μεταλλικών επιφανειών με τη **μέθοδο ηλεκτροδίου**

11-1. Γενικά για τις αναγομώσεις μεταλλικών επιφανειών

Με τον τεχνικό όρο **αναγόμεωση** επιφάνειας μετάλλου **εννοούμε την αποκατάσταση** φθαρμένης μεταλλικής επιφάνειας ή τμήματος ενός εξαρτήματος, για να ξαναδοθεί προς χρήση με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά που είχε το παλιό. Αναγόμεωση (γέμισμα) ενός φθαρμένου μεταλλικού εξαρτήματος γίνεται στις περιπτώσεις που:

- Το εξάρτημα δεν κυκλοφορεί πια στην αγορά, λόγω παλαιότητας του μηχανήματος στο οποίο ανήκει.
- Η αντικατάσταση του φθαρμένου εξαρτήματος με καινούργιο έχει μεγάλο κόστος.
- Κάποιο τμήμα ενός εξαρτήματος μηχανής έχει σπάσει (π.χ. το δόντι ενός οδοντωτού τροχού).



Σχήμα (11.1): Μεταλλικά εξαρτήματα στα οποία γίνεται συνήθως αναγόμεωση

Η φθορά ενός μεταλλικού εξαρτήματος μπορεί να προέλθει από τη συνεχή τριβή του με άλλα υλικά που μπορεί να είναι και μικρότερης σκληρότητας. Για παράδειγμα **το υνί** (η άκρη του αρότρου), με το οποίο οργώνονται τα χωράφια, φθείρεται από το χώμα παρ' ό,τι το χώμα είναι μαλακό υλικό. Γι' αυτό, και μετά από ένα χρονικό διάστημα χρήσης του, χρειάζεται αναγόμεωση ή αντικατάσταση. Επίσης, τα τμήματα των **χωματουργικών μηχανημάτων** που σκάβουν ή μετακινούν όγκους χωμάτων υπόκεινται σε φθορές. Το ίδιο συμβαίνει και με τους **μετάφορικούς κοχλίες** στερεών υλικών, μέσω των οποίων μετακινούνται υλικά, όπως σιτάρι, ζωοτροφές, ζάχα-

ρη, μεταλλεύματα κτλ. Στο σχήμα (11-1) φαίνονται μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις εξαρτημάτων, στα οποία γίνεται συνήθως αναγόμευση (προσθήκη υλικού).

Σημαντική είναι η προσφορά των αναγομώσεων στις επισκευές φθαρμένων ή σπασμένων **οδοντωτών τροχών**, όταν η ζημιά είναι περιορισμένης έκτασης (π.χ. σπάσιμο ενός δοντιού) και το κόστος της αντικατάστασής του μεγάλο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την επισκευή (το γέμισμα και τη δημιουργία νέου δοντιού) να είναι ίδιων τεχνικών χαρακτηριστικών, ώστε η φθορά που θα προκύψει μελλοντικά να είναι ίδια με εκείνη των υπόλοιπων δοντιών.

11-2. Μέθοδοι αναγόμευσης

Για την αναγόμευση φθαρμένων μεταλλικών εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, οι γνωστότερες των οποίων είναι :

- Η μέθοδος αναγόμευσης με τη χρήση **συσκευής οξυγονοασετιλίνης**
- Η μέθοδος ψεκασμού **λιωμένης μεταλλικής σκόνης** με τη βοήθεια οξυγονοασετιλίνης
- Η μέθοδος **ηλεκτρικού τόξου**
- Η μέθοδος ψεκασμού **με πλάσμα**

Κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο ειδικός τεχνικός θα επιλέξει τη σωστή μέθοδο για κάθε περίπτωση, αφού λάβει υπόψη του όλους τους παράγοντες που καθορίζουν την απαιτούμενη για κάθε περίπτωση **ποιότητα, αντοχή** και το **κόστος** της αναγόμευσης.

11-3. Αναγόμευση με χρήση σκληρών κολλήσεων

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σήμερα μόνο ως λύση ανάγκης, λόγω των πολλών και σοβαρών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι των άλλων μεθόδων. Ένα από τα σοβαρά μειονεκτήματα της μεθόδου αναγόμευσης με συσκευή οξυγονοασετιλίνης είναι η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών σε σχετικά μεγάλη έκταση γύρω από τη θέση της αναγόμευσης του μεταλλικού αντικειμένου, με αποτέλεσμα την πιθανή **μεταβολή της κρυσταλλικής δομής του**. Το φαινόμενο μπορεί να επιφέρει ανεπιθύμητες αλλαγές στις ιδιότητες του προς επισκευή εξαρτήματος και σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί και να το αχρηστεύσει.

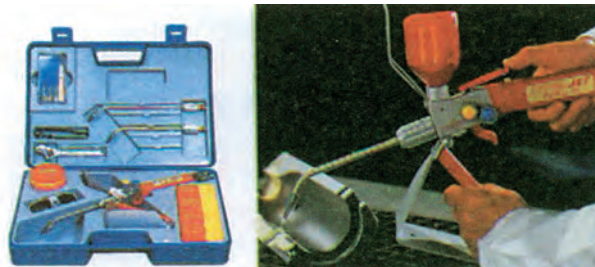
Στην αγορά κυκλοφορούν πολλά είδη υλικών αναγόμευσης που χρησιμοποιούνται με τη μέθοδο οξυγονοασετιλίνης. Συνήθως είναι **μπρουντζοκολλήσεις** ειδικής σύστασης. Κάθε εργοστάσιο κατασκευής αναλώσιμων υλικών αναγόμευσης αναπτύσσει, δοκιμάζει και παράγει προϊόντα δικής του χημικής σύστασης, ώστε να επιτυγχάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα για κάθε περίπτωση αναγόμευσης. Η ποιότητα της αναγόμευσης έχει σχέση με:

- Τη **θερμοκρασία** στην οποία πραγματοποιείται.
- Την **ευκολία πρόσφυσης** του υλικού αναγόμενης στο βασικό μέταλλο
- Το **μέγεθος της επιφανειακής σκληρότητας** που προκύπτει (HB).
- Το **συντελεστή φθοράς** του υλικού αναγόμενης για συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Όπως και στις περιπτώσεις των σκληρών συγκολλήσεων, έτσι και κατά τις αναγομώσεις απαιτείται **μηχανικός και χημικός καθαρισμός** της προς αναγόμενη επιφάνειας, ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή πρόσφυση του υλικού αναγόμενης στο βασικό μέταλλο. **Η χρήση** της αναγόμενης με φλόγα οξυγονοασετιλίνης περιορίζεται στις περιπτώσεις που στο χώρο της επισκευής δεν υπάρχει παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι.

11-4. Αναγόμενη φθαρμένων εξαρτημάτων με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης

Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου χρησιμοποιείται συσκευή **οξυγονοασετιλίνης**, στον καυστήρα της οποίας προσαρμόζεται **ειδικό εξάρτημα παροχής μεταλλικής σκόνης**. Στο σχήμα (11.2-A) φαίνεται κασετίνα στην οποία περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα και εργαλεία για αναγομώσεις με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης.



Σχήμα (11.2): (Α) Κασετίνα με εξαρτήματα και εργαλεία συσκευής αναγόμενης με ψεκασμό (Β) Διαδικασία αναγόμενης εξαρτήματος με ψεκασμό λιωμένης μεταλλικής σκόνης

Κάθε συσκευή αναγόμενης με ψεκασμό περιλαμβάνει :

- Συσκευή οξυγονοασετιλίνης με όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα ελέγχου και ασφαλείας
- Παροχή πεπιεσμένου αέρα
- Χειροκίνητη ή αυτόματη συσκευή παροχής, τήξης και ψεκασμού της λιωμένης μεταλλικής σκόνης

Η μέθοδος αναγόμενης με ψεκασμό δίνει τη δυνατότητα επίστρωσης **πάχους από δέκατα του χιλιοστού** μέχρι και αναγομώσεις πάχους αρκετών χιλιοστών. Γι' αυτό και χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση στην αναγόμενη εξαρτημάτων μικρού

μεγέθους που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις και στο πάχος της επικάλυψης (στροφαλοφόροι άξονες, άξονες ανεμιστήρων, κουζινέτα, εκκεντροφόροι άξονες κτλ.).

Η αναγόμευση ενός εξαρτήματος με ψεκασμό γίνεται σε μηχανουργία με **συσσκευές χειρός ή με αυτόματες συσκευές** μεγάλης ακρίβειας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι πάντα υψηλής ποιότητας, αρκεί βέβαια να επιλέγεται το κατάλληλο, για κάθε περίπτωση, υλικό αναγόμευσης.

Προσοχή : Επειδή κατά τη διαδικασία αναγόμευσης χρησιμοποιείται φλόγα οξυγονοασετιλίνης και εκτοξεύεται λιωμένο μέταλλο υψηλής θερμοκρασίας, θα πρέπει να παίρνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας και προστασίας που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο περί σκληρών συγκολλήσεων.

Για να πραγματοποιηθεί αναγόμευση μιας μεταλλικής επιφάνειας, θα πρέπει πρώτα να γνωρίζουμε **το είδος** του βασικού μετάλλου. Κατόπιν επιλέγουμε το κατάλληλο για την περίπτωσή μας **υλικό αναγόμευσης** από καταλόγους των κατασκευαστών. Το υλικό αναγόμευσης πρέπει να έχει **καλή πρόσφυση** στο βασικό μέταλλο σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και να έχει την απαιτούμενη επιφανειακή σκληρότητα (αντοχή σε τριβές υπό πίεση).

Το υλικό αναγόμευσης σε μορφή σκόνης τοποθετείται σε ειδική υποδοχή του καυστήρα οξυγονοασετιλίνης και ο έλεγχος της ροής του προς το ακροφύσιο γίνεται μέσω χειρομοχλού που αυξομειώνει ή και σταματάει τη ροή της μεταλλικής σκόνης, όπως φαίνεται στο σχήμα (11.2), περίπτωση (B). Η μεταλλική σκόνη αναγόμευσης με τη βοήθεια της φλόγας οξυγονοασετιλίνης ρευστοποιείται και εκτοξεύεται με ταχύτητα προς το μέταλλο που θέλουμε να αναγομώσουμε. Όταν το αναγομωμένο εξάρτημα αποκτήσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, торνίρεται ή υπόκειται σε μηχανουργικές διεργασίες για να αποκτήσει το σχήμα και τις διαστάσεις των προδιαγραφών του.



Σχήμα (11.3): (A) Επίδειξη αναγόμευσης μεταφορικού κοιλία σε σχολικό εργαστήριο με τη μέθοδο ψεκασμού
(B) Διαδικασία αναγόμευσης εξαρτήματος με αυτόματη μηχανή ψεκασμού λιωμένης μεταλλικής σκόνης

Παρατήρηση: Το υλικό αναγόμευσης μπορεί να έχει και τη μορφή σύρματος που προωθείται αυτόματα στον καυστήρα, όπου λιώνει και κατόπιν εκτοξεύεται στην επιφάνεια που θέλουμε να αναγομώσουμε.

Η μέθοδος αναγόμενης με ψεκασμό βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε όλα σχεδόν τα εξαρτήματα (μικρά ή μεγάλα) που φθείρονται από την τριβή τους με άλλα υλικά. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις επιμετάλλωσης εξαρτημάτων στα οποία επιθυμούμε να αυξήσουμε την επιφανειακή τους σκληρότητα ή την αντοχή τους σε οξειδώσεις.

11-5. Μέθοδος αναγόμενης με ηλεκτρόδιο και σύρματα

Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη. Η αναγόμενη γίνεται κυρίως με επενδυμένο ηλεκτρόδιο με τη μέθοδο **MMA** (SMAW) ή σπανιότερα με σωληνωτό σύρμα με τη μέθοδο **FCAW**, συνήθως χωρίς προστασία αερίου, επειδή οι περισσότερες αναγομώσεις γίνονται σε ανοικτούς χώρους. Επίσης, στην αναγόμενη βρίσκεται εφαρμογή και το σύστημα **SAW**.

Η επικάλυψη στην αναγομωμένη επιφάνεια παρουσιάζει συχνά ρηγματώσεις. Αυτές είναι **φυσιολογικό και επιθυμητό** να δημιουργούνται στα ηλεκτρόδια αναγόμενης, επειδή βοηθούν στον περιορισμό της φθοράς. Το ρήγμα σε οποιαδήποτε συγκόλληση σημαίνει μεγάλη ζημιά. Το ρήγμα στην αναγομωμένη επιφάνεια δε σημαίνει τίποτε και το αγνοούμε.

Η τυποποίηση στα υλικά αναγόμενης είναι πολύ περιορισμένη και ο κάθε κατασκευαστής έχει τα δικά του προϊόντα. Στα ηλεκτρόδια, από πλευράς ευρωπαϊκών προτύπων υπάρχει μόνο το **DIN-8555**, ενώ από πλευράς **AWS** βρίσκει εφαρμογή το **AWS-A5.13**. Δεν έχει νόημα να αναφερθούμε ιδιαίτερα στην τυποποίηση των ηλεκτροδίων αναγόμενης, η οποία ελάχιστα ακολουθείται. Αυτό που χρειάζεται να γνωρίζουμε, προκειμένου να επιλέξουμε το κατάλληλο υλικό αναγόμενης, είναι ότι τα ηλεκτρόδια και τα σωληνωτά σύρματα αναγόμενης διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- (α) **Αντοχής στην κρούση:** Η βάση τους είναι το **Mn** σε περιεκτικότητες της τάξεως του **14%**. Το χαρακτηριστικό αυτού του χάλυβα, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 1, είναι ότι όσο πιο πολύ τον κτυπάμε τόσο πιο σκληρός γίνεται. Χρησιμοποιείται κυρίως σε θραυστήρες ορυχείων, σε χωματουργικά μηχανήματα κτλ.
- (β) **Αντοχής στην τριβή:** Η κατασκευή τους βασίζεται στο σχηματισμό καρβιδίων τα οποία έχουν πολύ μεγάλη σκληρότητα. Κατά κανόνα έχουν προσμίξεις σε μέταλλα τα οποία έχουν τη δυνατότητα να σχηματίζουν καρβίδια, χωρίς όμως να χάνουν σε μεγάλο βαθμό και την ελαστικότητά τους, όπως είναι το **Cr** και το **Mo**. Όταν η εφαρμογή, για την οποία τα προορίζουμε, έχει και καλή ελαστικότητα, πρέπει να αναζητήσουμε να υπάρχει σ' αυτά και **Nb** για τον περιορισμό του φαινομένου της κατακρήμνισης του χρωμίου. Τα υλικά αυτά συνήθως έχουν αρκετά υψηλές περιεκτικότητες σε άνθρακα. Διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία με διαφορετικούς βαθμούς σκληρότητας. Υπάρχουν υλικά με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε προσμίξεις, που δεν υπερβαίνουν το 5% της μάζας του μετάλλου, επιτυγχάνουν μέτριους βαθμούς σκληρότητας και είναι κατεργάσιμα με μηχανουργικά

μέσα. Υπάρχουν αντίστοιχα και υλικά αναγόμευσης τα οποία έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα προσμίξεων, προσεγγίζουν σε μερικές περιπτώσεις το 40% της μάζας του χάλυβα και είναι κατεργάσιμα μόνο με λειαντικούς τροχούς.

Στο σχήμα (11.4) βλέπουμε περιπτώσεις αναγόμευσης με σκοπό τη σκλήρυνση της υπό αναγόμευση επιφάνειας. Η περίπτωση (Α) αφορά αναγόμευση μεταφορικού κοχλία η οποία δεν πρόκειται να υποβληθεί σε καμία απολύτως κατεργασία (άρα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολύ σκληρό υλικό). Η περίπτωση (Β) αφορά ένα μεγάλο οδοντωτό τροχό, οποίος μετά θα πρέπει να κατεργαστεί μηχανουργικά, οπότε απαιτείται υλικό αναγόμευσης ήπιας σκληρότητας.



Σχήμα (11.4): (Α) Αναγόμευση περυγίων μεταφορικού κοχλία (Β) Αναγόμευση οδοντωτού τροχού

Σημείωση: Εργαστηριακές Ασκήσεις

Η εφαρμογή των ηλεκτροδίων και των συρμάτων αναγόμευσης δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη τεχνική δυσκολία και δε διαφέρει ουσιωδώς από όσα έμαθαν οι μαθητές στα προηγούμενα κεφάλαια περί ηλεκτροσυγκολλήσεων. Συνήθως χρησιμοποιείται η ανάστροφη φορά ηλεκτρικού ρεύματος, για να μη θερμαίνεται πολύ το μέταλλο βάσης και παράλληλα να εναποτίθεται το υλικό με ταχύτερους ρυθμούς. Δεν υπάρχει λόγος να εκτελεστούν εργαστηριακές ασκήσεις για την εξάσκηση των μαθητών σε αυτά τα ηλεκτρόδια, γιατί δεν υπάρχει κάτι επιπλέον να μάθουν από αυτά που ήδη γνωρίζουν. Το μόνο που θα πρέπει να έχουν υπόψη τους είναι ότι, όταν απαιτούνται περισσότερες από μία στρώσεις, τη δεύτερη στρώση την περνάμε σε κάθετη διεύθυνση πάνω στην πρώτη, την τρίτη αντίστοιχα κάθετα πάνω στη δεύτερη κτλ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Αναγόμευση είναι μια μηχανουργική διεργασία **αποκατάστασης** φθαρμένης μεταλλικής επιφάνειας ή τμήματος ενός εξαρτήματος.
- Οι γνωστότερες μέθοδοι αναγόμευσης είναι η μέθοδος **οξυγονοασετιλίνης** και η μέθοδος **ηλεκτρικού τόξου**.
- Στη μέθοδο αναγόμευσης οξυγονοασετιλίνης υπάγεται και η **αναγόμευση με ψεκασμό λιωμένης μεταλλικής σκόνης**.
- Η μέθοδος αναγόμευσης με οξυγονοασετιλίνη χρησιμοποιείται σπάνια και σε ειδικές μόνο περιπτώσεις λόγω των πολλών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει.
- Αντίθετα, η μέθοδος αναγόμευσης με **ψεκασμό λιωμένης μεταλλικής σκόνης** με τη βοήθεια φλόγας οξυγονοασετιλίνης, εφαρμόζεται ευρύτατα στις επισκευές μικρών και μεγάλων αντικειμένων, λόγω της μεγάλης ποικιλίας υλικών αναγόμευσης που κυκλοφορούν στην αγορά και τα άριστης ποιότητας αποτελέσματα που δίνει.
- Η μεταλλική σκόνη αναγόμευσης ρευστοποιείται με τη βοήθεια φλόγας οξυγονοασετιλίνης και, ταυτόχρονα, ψεκάζεται και καλύπτει την προς επισκευή επιφάνεια σε πάχος που απαιτεί η κάθε περίπτωση αναγόμευσης.
- Οι αναγομώσεις με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης μπορεί να γίνουν με χειροκίνητη ή αυτόματη συσκευή.
- Στις επιμεταλλώσεις με ψεκασμό λιωμένου μετάλλου, πρέπει να παίρνονται όλα τα μέτρα ασφαλείας και προστασίας που παίρνονται κατά τις οξυγονοσυγκολλήσεις.
- Η αναγόμευση με ηλεκτρόδιο γίνεται κυρίως με MMA (επενδυμένο ηλεκτρόδιο). Σπανιότερα γίνεται με FCAW ή με SAW.
- Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια και τα σωληνωτά σύρματα διακρίνονται σε αυτά που προορίζονται για αναγομώσεις που αντέχουν σε κρούση και περιέχουν περί το 14% Mn και αυτά που προορίζονται για αναγομώσεις που αντέχουν σε τριβή και περιέχουν Cr και Mo.
- **Τα ρήγματα** στην αναγομωμένη επιφάνεια **δεν έχουν καμία σημασία** σε αναγομώσεις που εκτελούνται με ηλεκτρόδια ή σύρματα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Τι εννοούμε με τον τεχνικό όρο **αναγόμευση** ενός μεταλλικού εξαρτήματος;
2. Ποιες μεθόδους αναγόμευσης γνωρίζετε, ποιες από αυτές χρησιμοποιούνται περισσότερο και γιατί.
3. Ποια στοιχεία καθορίζουν την ποιότητα μιας αναγόμευσης;
4. Γιατί στις αναγομώσεις μεγάλης ακριβείας προτιμάται η μέθοδος αναγόμευσης με ψεκασμό μεταλλικής σκόνης;
5. Πώς γίνεται η ρευστοποίηση και ο ψεκασμός της μεταλλικής σκόνης στο προς αναγόμευση αντικείμενο;
6. Ποιες κατηγορίες επενδυμένων ηλεκτροδίων και συρμάτων αναγόμευσης έχουμε;
7. Με ποιο τρόπο εφαρμόζεται το υλικό αναγόμευσης, όταν απαιτούνται περισσότερα του ενός στρώματα αναγόμευσης;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Ποια μέθοδο θα προτιμούσατε για την επισκευή των δοντιών ενός εκσκαφέα; Δικαιολογήστε την προτίμησή σας.
2. Ο άξονας ενός εξαεριστήρα έχει υποστεί σοβαρές φθορές στα σημεία στήριξής του. Ποια μέθοδο αναγόμευσης θα επιλέγατε και γιατί;
3. Γιατί στην αναγόμευση με επενδυμένα ηλεκτρόδια προτιμάμε την ανάστροφη φορά;
4. Διαπιστώθηκαν ρηγματώσεις στην επιφάνεια που μόλις αναγομώσατε με επενδυμένο ηλεκτρόδιο. Θα βγάλετε το συμπέρασμα ότι το ηλεκτρόδιο δεν ήταν το κατάλληλο;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ο καθηγητής της τάξης χωρίζει τους μαθητές σε τρεις ομάδες και τους αναθέτει τις παρακάτω εργασίες:

Εργασία 1

Η πρώτη ομάδα μαθητών αναλαμβάνει να φέρει στο εργαστήριο μικρά φθαρμένα εξαρτήματα (οδοντωτούς τροχούς, άξονες, κουζινέτα κτλ.). Οι μαθητές συζητούν όλοι μαζί για τη μέθοδο αναγόμωσης που θα χρησιμοποιούσαν για καθένα από τα φθαρμένα εξαρτήματα που έχουν φέρει στο εργαστήριο, δικαιολογώντας την επιλογή τους.

Εργασία 2

Η δεύτερη ομάδα αναλαμβάνει να επισκεφτεί αντιπροσωπείες μηχανών υλικών αναγόμωσης, να φέρει πληροφοριακό υλικό, να το οργανώσει σε φάκελο και να συντάξει τεχνική έκθεση.

Εργασία 3

Η τρίτη ομάδα αναλαμβάνει να κατεβάσει από το internet πληροφοριακό υλικό σχετικό με αναγομώσεις. Το υλικό συγκεντρώνεται στο εργαστήριο και, στη συνέχεια, η κάθε ομάδα παρουσιάζει το υλικό της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΕΧΝΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ & ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ

- 1.1. Α. Καρμίρη, Τεχνολογία Συγκολλήσεων, Έκδοση Ιδρύματος Ευγενίδη
- 1.2. Δ. Δελαπόρτας, Θ. Μανίκας, Ε. Τσούμας, Τεχνολογία Μηχανολογικών κατασκευών, Εκδόσεις Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- 1.3. Κ. Κονοφάγου, Μεταλλογνωσία
- 1.4. MUREX, Τεχνικό Εγχειρίδιο συγκολλήσεων
- 1.5. Π. Παπαδοπούλου, Συγκολλήσεις II, έκδοση ΙΒΕΠΕ
- 1.6. Π. Πετροπούλου, Μηχανουργική τεχνολογία (εργαστήριο I), Έκδοση Ιδρύματος Ευγενίδη
- 1.7. ΤΕΜΚΑ Ε.Π.Ε.- Γ. Παπαθανασίου, Η τεχνική της συγκολλήσεως
- 1.8. Dieter Brehme, Εργαστήριο συγκολλήσεων, εκδόσεις ΙΩΝ
- 1.9. Jay Storer, Welding Manual
- 1.10. Mike Gellerman, Welding Fundamentals
- 1.11. Olof Dellby, Metal Repair and Maintenance, έκδοση ESAB A.B.
- 1.12. Peter Simpson, Car Mechanics on Welding
- 1.13. The-land-Rover, Chapter 5: Welding and Cutting Equipment, Chapter 10: Arc Welding and cutting processes (διεύθυνση Internet: www.the-land-rover.com/Weldshop)
- 1.14. Welding and Cutting manual, έκδοση UNIWEL
- 1.15. P.T. Houldcroft, Welding Processes, Engineering Design Guides 06

2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ

- 2.1. Lincoln Electric, Πλήρης σειρά τεχνικών άρθρων επί των συγκολλήσεων που διατίθενται στο Internet (<http://www.lincolnelectric.com/knowledge>). Αναλυτικά, ο πίνακας των άρθρων αναφέρεται στο παράρτημα «Α»
- 2.2. Intergrated Publishing (tpub), Σειρά τεχνικών άρθρων επί των συγκολλήσεων που διατίθενται στο Internet (<http://www.tpub.com/air>). Αναλυτικά, ο πίνακας των άρθρων αναφέρεται στο παράρτημα «Α»

- 2.3. Συνεργιακά παλμορεύματα στην ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG, Περιοδικό Τεχνολογία και Συγκόλληση. Το άρθρο προέρχεται από το περιοδικό Welding Design and Fabrication και η απόδοση στα Ελληνικά έγινε από την εταιρεία ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Α.Ε.
- 2.4. Κ. Διακουμάκου, Το σύστημα τυποποίησης των ηλεκτροδίων και η αλλαγή του ISO 2560, ΔΕΛΤΙΟ Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων

3. ΠΡΟΤΥΠΑ

Ο πλήρης κατάλογος των προτύπων που βρίσκουν εφαρμογή στις ηλεκτροσυγκολλήσεις φαίνεται στο παράρτημα «Β». Περισσότερο χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω - το αντικείμενο ενός εκάστου αναφέρεται περιληπτικά σε παρένθεση. Η πλήρης ονομασία αυτών των προτύπων αναφέρεται στο παράρτημα «Β». Τα περισσότερα από τα πρότυπα EN υπάρχουν και σε ελληνική έκδοση από τον ΕΛΟΤ, με τον ίδιο αριθμό. Με αστερίσκο (*) είναι σημειωμένα τα πρότυπα για τα οποία προτείνεται να υπάρχουν στη βιβλιοθήκη του σχολείου.

- 3.1. ISO-6947 (Θέσεις συγκόλλησης)
- 3.2. ISO-2560* (Επενδυμένα ηλεκτρόδια ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων)
- 3.3. ISO-3581* (Επενδυμένα ηλεκτρόδια ανοξείδωτων χαλύβων)
- 3.4. ISO-14343* (Σύρματα και ράβδοι ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων)
- 3.5. ISO-14175 (Προστατευτικά αέρια ηλεκτροσυγκολλήσεων)
- 3.6. ISO-3677* (Αναλώσιμα μαλακών και σκληρών κολλήσεων)
- 3.7. ISO-6848 (Μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια TIG)
- 3.8. ISO-9454 (Πάστες μαλακών κολλήσεων)
- 3.9. EN-439 (Προστατευτικά αέρια ηλεκτροσυγκολλήσεων)
- 3.10. EN-440* (Σύρματα ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων)
- 3.11. EN-758* (Σωληνωτά σύρματα ανθρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων)

- 3.12. EN-499* (Επενδυμένα ηλεκτρόδια αν-
θρακούχων και λεπτόκοκκων χαλύβων)
- 3.13. EN-1071* (Επενδυμένα ηλεκτρόδια χυτο-
σιδήρου)
- 3.14. EN-12072* (Ανοξείδωτα ηλεκτρόδια, σύρ-
ματα, ράβδοι)
- 3.15. AWS-A5 (Πλήρης σειρά 29 προτύπων
που καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις τυ-
ποποίησης των υλικών ηλεκτροσυγκόλ-
λησης)

4. ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

- 4.1. ΔΕΛΤΙΟ Πανελληνίου Συλλόγου Διπλω-
ματούχων Μηχανολόγων-Ηλεκτρολόγων
- 4.2. Κοπή και συγκόλληση, εκδότης Π. Μωυ-
σιάδης
- 4.3. Μ.Ι., έκδοση Τεχνοεκδοτικής
- 4.4. Τεχνολογία και συγκόλληση, εκδότης Π.
Μωυσιάδης
- 4.5. Auto specialist, εκδότης Δ. Κοσκινάς
- 4.6. Car Mechanics, εκδόσεις KELSEY
- 4.7. Svetsaren, έκδοση ESAB A.B
- 4.8. Auto Specialist, εκδότης Δ. Κοσκινάς

5. ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTERNET

- 5.1. <http://www.iso.org/iso/en>
- 5.2. <http://www.cenorm.be>
- 5.3. <http://www.lincolnelectric.com/knowledge>
- 5.4. <http://www.the-land-rover.com/Weldshop>
- 5.5. <http://www.tpub.com/air>
- 5.6. <http://www.tpub.com/steelworker1>
- 5.7. [http://www.fresnooxygenc.com/
products.mci](http://www.fresnooxygenc.com/products.mci)
- 5.8. <http://www.key-to-steel.com>
- 5.9. <http://www.trinex.ca>
- 5.10. <http://www.millerwelds.com>
- 5.11. <http://www.esab.co.uk>
- 5.12. <http://www.murexwelding.co.uk>
- 5.13. <http://www.ama-co.uk>
- 5.14. <http://www.uniweld.uk>
- 5.15. <http://www.corrugated-metals.com>
- 5.16. <http://www.avestapolarit.com/welding>
- 5.17. <http://www.metalography.com>
- 5.18. <http://store.welding.com>
- 5.19. <http://www.asedeals.com>
- 5.20. <http://www.nrsr.com>
- 5.21. <http://www.cgi.ebay.com>
- 5.22. <http://www.fostertool.com>
- 5.23. <http://www.weldingdepot.com>
- 5.24. <http://www.varunelectrodes.com>
- 5.25. <http://www.generalwelding.co.uk>
- 5.26. <http://www.dynamictechnologies.net>

- 5.27. <http://www.gullco.com>
- 5.28. <http://www.tjsnow.com>
- 5.29. <http://www.mitrowskiwelding.com>
- 5.30. <http://www.arc-zone.com>
- 5.31. <http://www.lencocanada.com>
- 5.32. <http://www.midwestfasteners.com>
- 5.33. <http://www.mwa-international.com>
- 5.34. <http://www.welding.com>
- 5.35. <http://www.weldingmaterialsales.com>
- 5.36. <http://www.meg.co.uk/meg>
- 5.37. <http://www.welding-equipment.net>
- 5.38. <http://www.diamondground.com>
- 5.39. <http://www.pro-fusiononline.com>
- 5.40. <http://www.multistrikeitungstengs.com>
- 5.41. [http://members.aol.com/carleyware/
library/ar497c.htm](http://members.aol.com/carleyware/library/ar497c.htm)
- 5.42. <http://cgi.ebay.com/ebaymotors>
- 5.43. <http://www.thermoprene.com/images>
- 5.44. <http://www.chinaplumbing.com>

6. ΠΡΟΣΠΕΚΤΟΥΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ

Παρακάτω αναφέρονται τα ονόματα των εται-
ρειών, των οποίων χρησιμοποιήθηκαν τα προ-
σπέκτους. Οι ονομασίες είναι όπως ακριβώς
αναγράφονται πάνω στα προσπέκτους. Η χρή-
ση φωτογραφιών και σχημάτων έγινε κατόπιν
αδείας.

- 6.1. AIR LIQUIDE WELDING
- 6.2. BINZEL
- 6.3. CASTOLIN
- 6.4. CEBORA
- 6.5. ESAB
- 6.6. ETC
- 6.7. GBROS
- 6.8. EMPORIKI GROUP
- 6.9. Esseti
- 6.10. EWM
- 6.11. JACKLE
- 6.12. Johnson Matthey
- 6.13. KEMPPI
- 6.14. LINCOLN ELECTRIC
- 6.15. ΜΠΗΤΡΟΣ Α.Ε.Β.Ε.
- 6.16. MUREX
- 6.17. Optrel
- 6.18. OTC
- 6.19. Plymovent
- 6.20. Parweld
- 6.21. Safrs s.p.a.
- 6.22. TANAKA
- 6.23. TRIODYN

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»

Πίνακες τεχνικών άρθρων από τις σελίδες του internet

Από την σελίδα :

www.lincolnelectric.com/knowledge

1. Basic Welding Terms
2. 20 Frequently asked questions
3. TIG Welding Series: The power to perform How to strike and establish an Arc
4. Common questions about Helmets & Eye protection Understanding Polarity
5. Controlling Welding Fume, a total system approach
6. Frequently asked questions in Aluminum welding
7. Frequently asked MIG welding questions
8. Selecting Filler Metals - Low Hydrogen
9. Aluminum: Experience in applications
10. Aluminum: Inverter based welding power supplies
11. Kicking the Stick Habit... Cored Electrodes Add Welding Versatility
12. Pulsed MIG Welding Provides Increased Quality
13. AWS Classification explained
14. Common Problems and Remedies for GMAW
15. Ask the Experts: Aluminum cracking Ask the Experts: Using 4043 & 5356
16. Ask the Experts: Using 308L, 309L 316L filler metal
17. Ask the Experts: Hardfacing cracks
18. Ask the Experts: Using Ni electrodes
19. Creating high quality stick welds: A user guide
20. A guide to Aluminum Welding
21. Semiautomatic Wire Feeders
22. Storing and Re-drying Electrodes Preventing Arc Blow
23. Weld Cracking
24. Arc-Welding Fundamentals
25. What is Preheat?
26. Controlling Welding Fume (5 parts)
27. Learn how to weld Aluminum
28. How to successfully weld Aluminum with MIG
29. A guide to Aluminum Welding (2 parts)
30. Common mistakes in design Aluminum Welding
31. Guidelines for Welding Cast Iron
32. How to select a compact wire Feed Welder

33. MIG vs. Flux-Cored: Which Welding Process is right for you?
34. MIG Welding Stainless Steel
35. Plasma Cutting: Is it the right for you
36. Power: choosing the Ideal Power Prevention and control of Weld Distortion
37. TIG Welding Aluminum
38. Using Tools - Wire-Feed Welders
39. AC/DC Understanding Polarity
40. Added Low Hydrogen Designators don't change Electrodes
41. Energy Efficiency: What you may don't Know...
42. Make Checklist for an Arc Welding Robot System
43. TIG Welding: The power to perform (5 parts)
44. The importance of connections when Welding What is preheat
45. Safe Practices in arc welding safety
46. Welding safety table

Από την σελίδα : www.tpub.com/air

10. Welding
12. Acetylene Cylinders
13. Welding Flames
14. Backfire and flashback
15. Forehand welding
16. Backhand Welding
17. Welded Joints
18. Butt joints
19. Edge joints
20. Acetylene safety precautions
21. Gas tungsten Arc Welding - TIG
22. Welding Equipment - TIG
23. Welding procedures - TIG
24. Gas Metal Arc Welding - MIG
25. GMA Welding Equipment - MIG
26. Welding Safety Precautions
27. Principles of heat treatment
30. Forms of heat treatment of steel
31. Tempering
33. Heat treatment of nonferrous metals (aluminum alloys)

Από την σελίδα : www.tpub/steelworker1

68. Arc welding positions
69. Horizontal position welding
71. Overhead position welding
74. Weather conditions
75. Carbon Arc Cutting
76. Air Carbon
81. GTA welding equipment and supplies
82. Torches
83. Shielding Gas
84. GTA Welding Preparation

Από την σελίδα :

www.millerwelds.com/education/tech_articles

1. Joining Aluminum with GTAW
2. GMAW (MIG) Aluminum welding Hints
3. Choosing a TIG system - Q&A
4. Five tips to improve welding repair - Q&A
5. The history of welding
6. Welding Dictionary

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β»

Πίνακες προτύπων ISO και EN

Πρότυπα ISO για ηλεκτροσυγκολλήσεις

ISO 544:2003	Welding consumables - Technical delivery conditions for welding Filler materials - Type of product, dimensions/ tolerances and markings
ISO 636:1989	Bare solid filler rods for oxy-acetylene and tungsten inert gas arc (TIG) welding/ depositing an unalloyed or low alloyed steel - Codification
ISO 1071:2003	Welding consumables - Covered electrodes/ wires, rods and tubular cored electrodes for fusion welding of cast iron - Classification
ISO 2401:1972	Covered electrodes - Determination of the efficiency/ metal recovery and deposition coefficient
ISO 2560:2002	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels - Classification
ISO 3580:1975	Covered electrodes for manual arc welding of creep-resisting steels - Code of symbols for identification
ISO 3581:2003	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification
ISO 5182:1991	Welding - Materials for resistance welding electrodes and ancillary equipment
ISO 5184:1979	Straight resistance spot welding electrodes
ISO 6847:2000	Welding consumables - Deposition of a weld metal pad for chemical analysis
ISO 6848:1984	Tungsten electrodes for inert gas shielded arc welding/ and for plasma cutting and welding - Codification
ISO 14171:2002	Welding consumables - Wire electrodes and wire-flux combinations for submerged arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification
ISO 14172:2003	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of nickel and nickel alloys - Classification
ISO 14175:1997	Welding consumables - Shielding gases for arc welding and cutting
ISO 14341:2002	Welding consumables - Wire electrodes and deposits for gas shielded metal arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification
ISO 14343:2002	Welding consumables - Wire electrodes/ wires and rods for arc welding of stainless and heat resisting steels - Classification
ISO 14344:2002	Welding and allied processes - Flux and gas shielded electrical welding processes - ~ Procurement guidelines for consumables
ISO 14372:2000	Welding consumables - Determination of moisture resistance of manual metal arc welding electrodes by measurement of diffusible hydrogen
ISO 15792-1:2000	Welding consumables - Test methods - Part 1: Test methods for all-weld metal test specimens in steel/ nickel and nickel alloys
ISO 15792-2:2000	Welding consumables - Test methods - Part 2: Preparation of single-run and two-run technique test specimens in steel
ISO 15792-3:2000	Welding consumables - Test methods - Part 3: Classification testing of positional capacity and root penetration of welding consumables in a fillet weld

Πρότυπα ISO για μαλακές και σκληρές συγκολλήσεις

ISO 3677:1992	Filler metal for soft soldering, brazing and braze welding - Designation
ISO 5179:1983	Investigation of brazeability using a varying gap test piece
ISO 5187:1985	Welding and allied processes - Assemblies made with soft solders and brazing filler metals - Mechanical test methods
ISO 9453:1990	Soft solder alloys - Chemical compositions and forms
ISO 9454-1:1990	Soft soldering fluxes - Classification and requirements - Part 1: Classification/ labelling and packaging
ISO 9454-2:1998	Soft soldering fluxes - Classification and requirements - Part 2: Performance requirements
ISO 9455-1:1990	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 1: Determination of nonvolatile matter, gravimetric method
ISO 9455-2:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 2: Determination of nonvolatile matter, ebulliometric method
ISO 9455-3:1992	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 3: Determination of acid value, potentiometric and visual titration methods
ISO 9455-5:1992	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 5: Copper mirror test
ISO 9455-6:1995	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 6: Determination and detection of halide (excluding fluoride) content

ISO 9455-8:1991	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 8: Determination of zinc content
ISO 9455-9:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 9: Determination of ammonia content
ISO 9455-10:1998	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 10: Flux efficacy tests, solder spread method
ISO 9455-11:1991	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 11: Solubility of flux residues
ISO 9455-12:1992	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 12: Steel tube corrosion test
ISO 9455-13:1996	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 13: Determination of flux spattering
ISO 9455-14:1991	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 14: Assessment of tackiness of flux residues
ISO 9455-15:1996	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 15: Copper corrosion test
ISO 9455-16:1998	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 16: Flux efficacy tests, wetting balance method
ISO 9455-17:2002	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 17: Surface insulation resistance comb test and electrochemical migration test of flux residues
ISO 10564:1993	Soldering and brazing materials - Methods for the sampling of soft solders for analysis
ISO 12224-1:1997	Solder wire, solid and flux cored - Specification and test methods - Part 1: Classification and performance requirements
ISO 12224-2:1997	Flux cored solder wire - Specification and test methods - Part 2: Determination of flux content
ISO 12224-3:2003	Solder wire, solid and flux cored - Specifications and test methods - Part 3: Wetting balance test method for flux cored solder wire efficacy
ISO 14112:1996	Gas welding equipment - Small kits for gas brazing and welding

Πρότυπα EN για ηλεκτροσυγκολλήσεις

EN 12070:1999	Welding consumables - Wire electrodes, wires and rods for arc welding of creep-resisting steels - Classification
EN 12071:1999	Welding consumables - Tubular cored electrodes for gas shielded metal arc welding of creep-resisting steels - Classification
EN 12072:1999	Welding consumables - Wire electrodes, wires and rods for arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification
EN 12073:1999	Welding consumables - Tubular cored electrodes for metal arc welding with or without a gas shield of stainless and heat-resisting steels - Classification
EN 12074:2000	Welding consumables - Quality requirements for manufacture, supply and distribution of consumables for welding and allied processes
EN 12534:1999	Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded metal arc welding of high strength steels - Classification
EN 12535:2000	Welding consumables - Tubular cored electrodes for gas shielded metal arc welding of high strength steels - Classification
EN 12536:2000	Welding consumables - Rods for gas welding of non alloy and creep-resisting steels - Classification
EN 12943:1999	Filler materials for thermoplastics - Scope; designation, requirements/ tests
EN 13347:2002	Copper and copper alloys - Rod and wire for welding and braze welding
EN 1597-1:1999	Welding consumables - Test methods - Part 1; Test piece for all-weld metal test specimens in steel, nickel and nickel alloys
EN 1597-2:1997	Welding consumables - Test methods - Part 2: Preparation of test piece for single run and two-run technique test specimens in steel
EN 1597-3:1997	Welding consumables - Test methods - Part 3: Testing of positional capability of welding consumables in a fillet weld
EN 1599:1997	Welding consumables - Covered electrodes for manual arc welding of creep-resisting steels - Classification
EN 1600:1997	Welding consumables - Covered electrodes for manual arc welding of stainless and heat resisting steels - Classification
EN 1668:1997	Welding consumables - Rods, wires and deposits for tungsten inert gas welding of non alloy and fine grain steels - Classification
EN 22401:1994	Covered electrodes - Determination of the efficiency, metal recovery and deposition coefficient (ISO 2401:1972)
EN 25184:1994	Straight resistance spot welding electrodes (ISO 5184:1979)
EN 26848:1991	Tungsten electrodes for inert gas shielded arc welding and for plasma cutting and welding - Codification (ISO 6848:1984)
EN 288-5:1994	Specification and approval of welding procedures for metallic materials - Part 5: Approval by using approved welding consumables for arc welding
EN 439:1994	Welding consumables - Shielding gases for arc welding and cutting
EN 440:1994	Welding consumables - Wire electrodes and deposits for gas shielded metal arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification
EN 499:1994	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification

EN 756:1995	Welding consumables - Wire electrodes and wire-flux combinations for submerged arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification
EN 757:1997	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of high strength steels - Classification
EN 758:1997	Welding consumables - Tubular cored electrodes for metal arc welding with and without a gas shield of non alloy and fine grain steels - Classification
EN 759:1997	Welding consumables - Technical delivery conditions for welding filler metals - Type of product, dimensions, tolerances and marking
EN 760:1996	Welding consumables - Fluxes for submerged arc welding - Classification
EN ISO 1071:2003	Welding consumables - Covered electrodes/E wires, rods and tubular cored electrodes for fusion welding of cast iron - Classification (ISO 1071:2003)
EN ISO 12224-1:1998	Solder wire, solid and flux cored - Specification and test methods - Part 1: Classification and performance requirements (ISO 12224-1:1997)
EN ISO 12224-2:1999	Flux cored solder wire - Specification and test methods - Part 2: Determination of flux content (ISO 12224-2:1997)
EN ISO 13918:1998	Welding - Studs and ceramic ferrules for arc stud welding (ISO 13918:1998)
EN ISO 14372:2001	Welding consumables - Determination of moisture resistance of manual metal arc welding electrodes by measurement of diffusible hydrogen (ISO 14372:2000)
EN ISO 6847L2001	Welding consumables - Deposition of a weld metal pad for chemical analysis (ISO 6847:2000)
EN ISO 8166:2003	Resistance welding - Procedure for the evaluation of the life of spot welding electrodes using a constant machine settings CISO 8166:2003)

Πρότυπα EN για μαλακές και σκληρές συγκολλήσεις

EN 1044:1999	Brazing - Filler metals
EN 1045:1997	Brazing - Fluxes for brazing - Classification and technical delivery conditions
EN 12797:2000	Brazing - Destructive tests of brazed joints
EN 12799:2000	Brazing - Non-destructive examination of brazed joints
EN 13133:2000	Brazing - Brazer approval
EN 13134:2000	Brazing - Procedure approval
EN 1326:1996	Gas welding equipment - Small kits for gas brazing and welding
EN 13347:2002	Copper and copper alloys - Rod and wire for welding and braze welding
EN 14612:20JD3	Space product assurance - Verification and approval of automatic machine wave soldering
EN 29453:1993	Soft soldering fluxes - Chemical compositions and forms (ISO 9453:1990)
EN 29454-1:1993	Soft soldering fluxes - Classification and requirements - Part 1: Classification, labelling and packaging (ISO 9454-1:1990)
EN 29455-1:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 1: Determination of non-volatile matter, gravimetric method (ISO 9455-1:1990)
EN 29455-11:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 11: Solubility of flux residues (ISO 9455-11:1991)
EN 29455-14:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 14: Assessment of tackiness of flux residues (ISO 9455-14:1991)
EN 29455-5:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 5: Copper mirror test (ISO 9455-5:1992)
EN 29455-8:1993	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 8: Determination of zinc content (ISO 9455-8:1991)
EN ISO 10564:1997	Soldering and brazing materials - Methods for the sampling of soft solders for analysis (ISO 10564:1993)
EN ISO 12224-3:2003	Solder wire, solid and flux cored - Specifications and tests methods - Part 3: Wetting balance test method for flux cored solder wire efficacy (ISO 12224-3:2003)
EN ISO 3677:1995	Filler metal for soft soldering, brazing and braze welding - Designation (ISO 3677:1992)
EN ISO 4063:2000	Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers (ISO 4063:1998)
EN ISO 9454-2:2000	Soft soldering fluxes - Classification and requirements - Part 2: Performance requirements (ISO 9454-2:1998)
EN ISO 9455-10:2000	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 10: Flux efficacy test, solder spread method (ISO 9455-10:1998)
EN ISO 9455-12:1994	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 12: Steel tube corrosion test (ISO 9455-12:1992)
EN ISO 9455-13:1999	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 13: Determination of flux spattering (ISO 9455-13:1996)
EN ISO 9455-15:1999	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 15: Copper corrosion test (ISO 9455-15:1996)
EN ISO 9455-16:2001	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 16: Flux efficacy tests, wetting balance method (ISO 9455-16:1998)
EN ISO 9455-2:1995	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 2: Determination of non-volatile matter, ebulliometric method (ISO 9455-2:1993)
EN ISO 9455-3:1994	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 3: Determination of acid value, potentiometric and visual titration methods (ISO 9455-3:1992)
EN ISO 9455-6:1,997	Soft soldering fluxes - Test methods - Part 6: Determination and detection of halide (excluding fluoride) content (ISO 9455-6:1995)

Πίνακας εταιρειών που χορήγησαν άδειες αναδημοσίευσης φωτογραφιών, σχημάτων κτλ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΩΝ

Αναφέρονται παρακάτω, κατά **αλφαβητική σειρά**, όλες οι εταιρείες που συμμετείχαν στην προσπάθεια της σύνταξης του παρόντος βιβλίου, θέτοντας στην διάθεση των συγγραφέων τεχνικά φυλλάδια, φωτογραφίες, σχήματα κλπ.

Τους εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες

ΑΛΕΞΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ο.Ε. – LINCOLN ELECTRIC

ΑΝΑΤΟΛΗ ΕΜΠ. ΕΠΕ

Αφοι ΓΙΑΝΝΑΚΗ

Αφοι ΓΚΙΚΑ Ο.Ε.

Αφοι ΣΙΑΡΑΒΑ (Επισκευές αυτοκινήτων)

ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΕ (Π. Μαυρουδής)

ΕΥΤΗΣΙΑ ΕΠΕ – ΥΛΙΚΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Α.Ε.

ΡΟΥΣΣΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΦΟΙΛΟΠΟΙΜΗΝ Σ. ΤΖΙΓΚΑΣ

ADECA A.C.

ALCOR S.A.

ARCON ΕΠΕ (Δ. Κόντης)

ESAB INTERNATIONAL

EUROMACH S.A.

STARWELD (Α. Φωτιάδου)

SYGOMETAL (Δ. Κοκκίνης)

TOYOTA HELLAS ABEE

TRIODYN – Σ. Μητροπολίτης & Σια

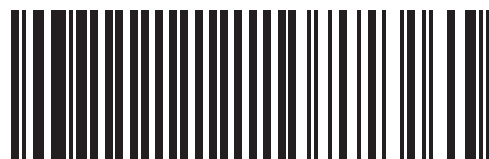
ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Το δικαίωμα της εκμετάλλευσης των πνευματικών δικαιωμάτων του παρόντος βιβλίου έχει μεταβιβαστεί από τους συγγραφείς στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Εξαιρούνται οι φωτογραφίες και τα σχήματα που προέρχονται από τρίτους. Επί αυτών το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο έχει μόνο την άδεια χρήσης τους για τις ανάγκες του παρόντος βιβλίου.

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0076
ISBN 978-960-06-2863-0



(01) 000000 0 24 0076 1