

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Χρονόπουλος Βασίλειος, Ηλιόπουλος Δημήτριος, Διαμαντόπουλος Ελευθέριος

# ΟΔΟΝΤΟΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Γ' ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Βοηθών Οδοντοτεχνιτών



ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΙΑΣ - ΕΥΕΞΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΟΔΟΝΤΟΤΕΧΝΙΚΑ  
ΥΛΙΚΑ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

#### **Χρονόπουλος Βασίλειος**

Οδοντίατρος, Εξειδικευθείς στην Προσθητική,  
Μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στα Βιοϋλικά

#### **Ηλιόπουλος Δημήτριος**

Οδοντίατρος, Υγιεινολόγος, Εξειδίκευση στην Ακτινοδιαγνωστική Στόματος,  
Μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στην Παθολογία Στόματος

#### **Διαμαντόπουλος Ελευθέριος**

Οδοντίατρος – Εκπαιδευτικός

### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

#### **Σταθόπουλος Απόστολος**

Επίκουρος Καθηγητής Οδοντιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών

#### **Κουϊκούμης Νικόλαος**

Οδοντίατρος, Εξειδικευθείς στην Προσθητική,  
Μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης στα Βιοϋλικά

#### **Παππάς Αθανάσιος**

Οδοντίατρος – Εκπαιδευτικός

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

#### **Κατονιάς Γεώργιος**

Τεχν. Τροφίμων, Εκπαιδευτικός, Διευθυντής Ι.Ε.Κ. Σιβιτανιδείου

### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Ζαχαράκη Ελένη, Φιλολόγος

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

#### **Γραμματικόπουλος Βικέντιος**

Εκπ/κός Δ/θμιας Εκπ/σης

Το σκίτσο του εξωφύλλου επιμελήθηκε η Χριστίνα Φραντζή του Photo & Graphic Creations

### ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

#### **Υπεύθυνη του τομέα «Υγείας και Πρόνοιας»**

**Ματίνα Στάππα**, Οδοντίατρος

Πάρεδρος ε.θ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

#### **Ενέργεια 2.3.2:**

**«Ανάπτυξη των Τ.Ε.Ε. και Σ.Ε.Κ.**

**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Σταμάτης Αλαχιώτης**

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

#### **Έργο:**

**«Βιβλία Τ.Ε.Ε.»**

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου

**Γεώργιος Βούτσινος**

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Υπεύθυνη του Τομέα Υγείας και Πρόνοιας

**Ματίνα Στάππα**, Οδοντίατρος

Πάρεδρος ε.θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

**Ηλεκτρονική σελιδοποίηση, επεξεργασία εικόνας, φιλμ-μοντάζ: METAIXMIO**

Ασκληπιού 18, 106 80 Αθήνα · Τηλ.: 010 3647 433, Fax: 010 3610 750

Internet Site: [www.metaixmio.gr](http://www.metaixmio.gr) · e-mail: [metaixmio@metaixmio.gr](mailto:metaixmio@metaixmio.gr)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

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

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Χρονόπουλος Βασίλειος    Ηλιόπουλος Δημήτριος    Διαμαντόπουλος Ελευθέριος

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

# ΟΔΟΝΤΟΤΕΧΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Γ' ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Βοηθών Οδοντοτεχνιτών



ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΙΑΣ - ΕΥΕΞΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ  
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	17
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ</b>	
<b>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΔΟΝΤΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b>	
<b>2.1</b> Εισαγωγή .....	21
<b>2.2</b> Καταστάσεις της ύλης.....	22
<b>2.3</b> Μηχανικές Ιδιότητες .....	23
<b>2.3.1</b> Τάση - Παραμόρφωση .....	23
2.3.1.1 Τάση.....	23
2.3.1.2 Παραμόρφωση.....	24
2.3.1.3 Ελαστική - Πλαστική παραμόρφωση .....	24
2.3.1.4 Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης .....	24
<b>2.3.2</b> Όριο Αναλογίας .....	24
<b>2.3.3</b> Όριο Ελαστικότητας .....	25
<b>2.3.4</b> Μέτρο Ελαστικότητας .....	25
<b>2.3.5</b> Όριο Διαρροής .....	26
<b>2.3.6</b> Όριο θραύσης .....	26
<b>2.3.7</b> Επιμήκυνση - Συμπίεση .....	27
<b>2.3.8</b> Ολκιμότητα - Ψαθυρότητα - Ελατότητα .....	27
<b>2.3.9</b> Ελαστικότητα - Ενέργεια θραύσης - Σκληρότητα .....	27
<b>2.3.10</b> Κόπωση .....	28
<b>2.3.11</b> Ερπυσμός .....	28
<b>2.4</b> Ρεολογικές Ιδιότητες .....	29
<b>2.4.1</b> Ιξώδες .....	29
<b>2.4.2</b> Ιξωδοελαστική συμπεριφορά .....	29

<b>2.5</b>	Θερμικές Ιδιότητες.....	29
<b>2.5.1</b>	Θερμική αγωγιμότητα.....	29
<b>2.5.2</b>	Συντελεστής Θερμικής Διαστολής .....	30
<b>2.6</b>	Ηλεκτροχημικές Ιδιότητες .....	30
<b>2.6.1</b>	Γαλβανισμός .....	30
<b>2.6.2</b>	Διάβρωση .....	31
<b>2.6.3</b>	Αμαύρωση (Αλλαγή χρώματος των μετάλλων στο στόμα) .....	31
<b>2.7</b>	Ιδιότητες Επιφάνειας .....	32
<b>2.7.1</b>	Συνοχή και Συνάφεια .....	32
<b>2.7.2</b>	Επιφανειακή Τάση - Επιφανειακή Ενέργεια .....	32
<b>2.7.3</b>	Διαβροχή.....	33
<b>2.8</b>	Οπτικές ιδιότητες.....	34
<b>2.8.1</b>	Χρώμα .....	34
<b>2.8.2</b>	Διαστάσεις χρώματος .....	35
<b>2.8.3</b>	Μεταμερισμός .....	35
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	36
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	37

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΑΠΟΤΥΠΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

<b>3.1</b>	Εισαγωγή .....	39
<b>3.2</b>	Ταξινόμηση Αποτυπωτικών Υλικών .....	42
<b>3.3</b>	Θερμοπλαστικό .....	42
<b>3.4</b>	Φύραμα Οξειδίου του ψευδαργύρου και Ευγενόλης (ZnOE) .....	44
<b>3.5</b>	Υδροκολλοειδή .....	45
<b>3.5.1</b>	Άγαρ-άγαρ .....	46
<b>3.5.2</b>	Αλγινικό .....	48
<b>3.6</b>	Ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά .....	50
<b>3.6.1</b>	Πολυσουλφίδια ή ελαστικομερή της μερκαπτάνης .....	51
<b>3.6.2</b>	Σιλικόνες συμπύκνωσης .....	53
<b>3.6.3</b>	Πολυαιθέρες .....	55
<b>3.6.4</b>	Σιλικόνες προσθήκης ή πολύ-βινύλ σιλοζάνες.....	57
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	60
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

**ΓΥΨΟΣ**

<b>4.1</b>	Εισαγωγή .....	63
<b>4.2</b>	Παρασκευή της γύψου .....	63
<b>4.3</b>	Είδη της γύψου .....	64
<b>4.3.1</b>	Αποτυπωτική γύψος .....	64
<b>4.3.2</b>	Κοινή γύψος ή γύψος των Παρισίων.....	64
<b>4.3.3</b>	Σκληρή γύψος .....	64
<b>4.3.4</b>	Υπέρσκληρη γύψος .....	65
<b>4.4</b>	Πήξη της γύψου .....	66
<b>4.4.1</b>	Πλεονάζον ύδωρ .....	66
<b>4.5</b>	Χρόνος Εργασίας - Χρόνος Πήξης .....	67
<b>4.6</b>	Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πήξης της γύψου .....	68
<b>4.7</b>	Διαστολή πήξης .....	70
<b>4.8</b>	Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαστολή της γύψου.....	70
<b>4.9</b>	Μηχανικές ιδιότητες .....	71
<b>4.9.1</b>	Αντοχή στη θλίψη .....	71
<b>4.9.2</b>	Αντοχή στον εφελκυσμό .....	72
<b>4.9.3</b>	Σκληρότητα της επιφάνειας και αντοχή στην αποτριβή.....	72
<b>4.10</b>	Παράγοντες που επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες της γύψου .....	73
<b>4.11</b>	Ανάμιξη της γύψου .....	73
<b>4.12</b>	Κατασκευή εκμαγείων .....	74
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	76
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

**ΠΥΡΟΧΩΜΑΤΑ**

<b>5.1</b>	Εισαγωγή .....	79
<b>5.2</b>	Ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα πυρόχωμα .....	80
<b>5.3</b>	Σύσταση Πυροχωμάτων .....	81
<b>5.4</b>	Απλά Πυροχώματα - Πυροχώματα Γύψου .....	82
<b>5.4.1</b>	Σύνθεση .....	82
<b>5.4.2</b>	Ιδιότητες .....	82
<b>5.5</b>	Ειδικά Πυροχώματα .....	86



<b>5.5.1</b>	Πυροχώματα Φωσφορικού Τύπου .....	86
5.5.1.1	Σύνθεση .....	87
5.5.1.2	Πήξη.....	87
5.5.1.3	Θερμική και υγροσκοπική διαστολή.....	88
5.5.1.4	Θερμική συστολή .....	88
5.5.1.5	Πόρωση .....	89
5.5.1.6	Αντοχή .....	89
<b>5.5.2</b>	Πυροχώματα Πυριτικού Τύπου .....	89
5.5.2.1	Σύνθεση .....	89
5.5.2.2	Πήξη.....	90
5.5.2.3	Συστολή πήξης - Θερμική συστολή.....	90
5.5.2.4	Θερμική διαστολή .....	90
5.5.2.5	Αποθήκευση .....	90
<b>5.5.3</b>	Πυροχώματα για συγκόλληση.....	91
<b>5.6</b>	Επιλογή του Κατάλληλου Πυροχώματος .....	91
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	93
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ		
<b>ΚΕΡΙΑ</b>		
<b>6.1</b>	Εισαγωγή .....	95
<b>6.2</b>	Γενικά .....	95
<b>6.3</b>	Ιδιότητες των κεριών .....	96
<b>6.3.1</b>	Τρόποι θέρμανσης των κεριών .....	98
<b>6.4</b>	Είδη οδοντιατρικών κεριών.....	99
<b>6.4.1</b>	Κερί για βασικές πλάκες.....	99
<b>6.4.2</b>	Κερί ενθέτων .....	99
<b>6.4.3</b>	Κερί χυτών εργασιών .....	100
<b>6.4.4</b>	Συγκολλητικό κερί .....	100
<b>6.4.5</b>	Κερί δήξης.....	100
<b>6.5</b>	Άλλα οδοντοτεχνικά κεριά .....	101
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	103
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

**ΡΗΤΙΝΕΣ**

<b>7.1</b>	Πολυμερισμός .....	105
<b>7.1.1</b>	Γενικά .....	105
<b>7.1.2</b>	Πολυμερισμός προσθήκης .....	105
<b>7.1.3</b>	Πολυμερισμός συμπύκνωσης .....	106
<b>7.1.4</b>	Συμπολυμερισμός .....	106
<b>7.2</b>	Συνθετικές ρητίνες .....	107
<b>7.2.1</b>	Ιστορική ανασκόπηση .....	107
<b>7.2.2</b>	Ταξινόμηση .....	107
<b>7.2.3</b>	Χαρακτηριστικά των ρητινών .....	108
<b>7.2.4</b>	Ακρυλικές ρητίνες .....	109
7.2.4.1	Γενικά περί ακρυλικών ρητινών .....	109
7.2.4.2	Μεθακρυλικό μεθύλιο .....	109
7.2.4.3	Μηχανισμός Πολυμερισμού .....	110
7.2.4.4	Ιδιότητες ακρυλικών ρητινών .....	111
<b>7.3</b>	Είδη ακρυλικών ρητινών .....	112
<b>7.3.1</b>	Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή βάσης ολικών οδοντοστοιχιών ή εν θερμώ πολυμεριζόμενες .....	113
7.3.1.1	Χρήσεις .....	113
7.3.1.2	Ιδιότητες .....	113
<b>7.3.2</b>	Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή όψης στεφανών VENEER, γεφυρών VENEER και ολικών ακρυλικών στεφανών .....	114
7.3.2.1	Γενικά .....	114
7.3.2.2	Χρήσεις .....	114
<b>7.3.3</b>	Αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες ή εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες .....	115
7.3.3.1	Χρήσεις .....	115
7.3.3.2	Ιδιότητες .....	116
<b>7.3.4</b>	Ακρυλικά ταχέως πολυμερισμού ή βρασμού .....	116
<b>7.4</b>	Σύνθετες ρητίνες .....	117
<b>7.4.1</b>	Ιδιότητες .....	117

7.4.2	Ταξινόμηση .....	118
7.4.3	Εφαρμογή στην οδοντοτεχνία .....	118
<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ .....</b>		<b>121</b>
<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ .....</b>		<b>123</b>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ		
<b>ΚΡΑΜΑΤΑ</b>		
8.1	Γενικά για τα μέταλλα .....	125
8.1.1	Ορισμός - Γενικά χαρακτηριστικά των μετάλλων .....	125
8.1.2	Μεταλλικός δεσμός .....	126
8.1.3	Κρυσταλλική δομή των μετάλλων .....	126
8.2	Κράματα .....	127
8.2.1	Έννοια - Ιδιότητες - Ταξινόμηση κραμάτων .....	127
8.2.2	Κατεργασίες μετάλλων - κραμάτων.....	128
8.2.2.1	Εν ψυχρώ παραμόρφωση .....	129
8.2.2.2	Ανόπτηση για αποκατάσταση .....	129
8.2.2.3	Εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση .....	130
8.2.2.4	Ανόπτηση για ομοιογενοποίηση .....	130
8.2.2.5	Ανόπτηση για απαερίωση .....	130
8.3	Ταξινόμηση οδοντιατρικών κραμάτων .....	130
8.4	Κράματα για μεταλλικές χυτές και μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις .....	131
8.4.1	Κράματα χρυσού .....	131
8.4.2	Κράματα με μειωμένη περιεκτικότητα σε χρυσό .....	134
8.4.3	Κράματα Αργύρου - Παλλαδίου .....	134
8.4.4	Κράματα βασικών μετάλλων .....	134
8.5	Κράματα για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις .....	134
8.5.1	Κατάταξη κραμάτων μεταλλοκεραμικής .....	136
8.5.2	Η επίδραση της σύστασης ενός κράματος στις ιδιότητές του ..	137
8.6	Χημική σύσταση, ιδιότητες και χρήση των κραμάτων μεταλλοκεραμικής.....	141
8.6.1	Σύστημα χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου (Au-Pt-Pd) .....	141
8.6.2	Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag) .....	142
8.6.2.1	Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag)	

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

(Υψηλής περιεκτικότητας σε άργυρο) .....	142
8.6.2.2 Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag) (Χαμηλής περιεκτικότητας σε άργυρο) .....	143
<b>8.6.3</b> Κράματα χρυσού - παλλαδίου (Au-Pd) .....	143
<b>8.6.4</b> Κράματα παλλαδίου .....	144
8.6.4.1 Κράματα παλλαδίου - αργύρου (Pd -Ag) .....	144
8.6.4.2 Συστήματα υψηλής περιεκτικότητας σε παλλάδιο .....	146
8.6.4.3 Παλλαδίου - αργύρου - χρυσού (Pd-Ag-Au) .....	148
<b>8.6.5</b> Κράματα Βασικών Μετάλλων .....	149
8.6.5.1 Νικελίου - χρωμίου (Ni-Cr) .....	149
8.6.5.2 Σύστημα κοβαλτίου - χρωμίου (Co-Cr) .....	151
<b>8.6.7</b> Άλλα Συστήματα .....	151
<b>8.7</b> Κράματα για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών.....	153
<b>8.7.1</b> Κράματα τύπου IV .....	153
<b>8.7.2</b> Κράματα βασικών μετάλλων Co-Cr/Ni-Cr.....	153
8.7.2.1 Σύσταση .....	154
8.7.2.2 Φυσικομηχανικές ιδιότητες.....	156
<b>8.8</b> Συγκόλληση .....	157
<b>8.8.1</b> Εισαγωγή .....	157
<b>8.8.2</b> Είδη κολλήσεων.....	158
<b>8.8.3</b> Ιδιότητες μιας κόλλησης.....	158
<b>8.8.4</b> Επιλογή μιας κόλλησης .....	159
<b>8.8.5</b> Αρτύματα κράσης.....	160
<b>8.8.6</b> Αντιρροϊκά.....	161
<b>8.8.7</b> Συγκόλληση με Laser.....	162
<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	163
<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	167
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ</b>	
<b>ΠΟΡΣΕΛΑΝΗ</b>	
<b>9.1</b> Γενικά - Ιστορική ανασκόπηση .....	169
<b>9.2</b> Οδοντιατρική πορσελάνη .....	170
<b>9.3</b> Συστατικά οδοντιατρικών πορσελανών .....	174

<b>9.4</b>	Μεταλλοκεραμικές εργασίες .....	174
<b>9.4.1</b>	Μεταλλοκεραμικός δεσμός.....	174
<b>9.4.2</b>	Τύποι οδοντιατρικής πορσελάνης για μεταλλοκεραμική .....	174
<b>9.5</b>	Ταξινόμηση των οδοντιατρικών πορσελανών .....	176
<b>9.5.1</b>	Οδοντιατρικές πορσελάνες υψηλού και μέσου σημείου τήξης .	177
<b>9.5.2</b>	Οδοντιατρικές πορσελάνες χαμηλού σημείου τήξης .....	177
<b>9.5.3</b>	Οδοντιατρικές πορσελάνες πολύ χαμηλού σημείου τήξης .....	178
<b>9.6</b>	Ιδιότητες πορσελάνης.....	178
<b>9.6.1</b>	Αντοχή στον εφελκυσμό .....	178
<b>9.6.2</b>	Συστολή της πορσελάνης.....	178
<b>9.6.3</b>	Αντοχή στην κάμψη .....	179
<b>9.6.4</b>	Αντοχή στην θλίψη.....	179
<b>9.6.5</b>	Ανθεκτικότητα πορσελάνης .....	179
<b>9.7</b>	Αισθητικές ιδιότητες της πορσελάνης .....	179
<b>9.8</b>	Σύγχρονα κεραμικά συστήματα χωρίς μεταλλικό υπόστρωμα .....	180
<b>9.9</b>	Πλεονεκτήματα της οδοντιατρικής πορσελάνης .....	181
<b>9.10</b>	Μειονεκτήματα της οδοντιατρικής πορσελάνης .....	181
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	182
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	184

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

### ΟΡΘΟΔΟΝΤΙΚΑ ΣΥΡΜΑΤΑ

<b>10.1</b>	Ορθοδοντικά σύρματα.....	185
<b>10.1.1</b>	Ανοξειδωτοι χάλυβες.....	185
<b>10.1.2</b>	Κράματα κοβαλτίου - χρωμίου - νικελίου .....	186
<b>10.1.3</b>	Κράματα νικελίου -τιτανίου.....	187
<b>10.1.4</b>	Κράματα β -τιτανίου .....	187
<b>10.2</b>	Σχήμα - μέγεθος συρμάτων.....	188
<b>10.3</b>	Ιδιότητες ορθοδοντικών συρμάτων.....	188
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	189
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	190

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

**ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

<b>11.1</b>	Εισαγωγή .....	191
<b>11.2</b>	Ιδιότητες των διαχωριστικών υλικών .....	191
<b>11.3</b>	Κυριότερα διαχωριστικά υλικά .....	192
<b>11.4</b>	Χρήσεις των διαχωριστικών υλικών στην οδοντοτεχνία .....	192
	<b>11.4.1</b> Κινητή προσθετική .....	192
	<b>11.4.2</b> Ακίνητη προσθετική .....	194
<b>11.5</b>	Πλεονεκτήματα διαχωριστικών υλικών .....	194
<b>11.6</b>	Μειονεκτήματα διαχωριστικών υλικών .....	194
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	195
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	196

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

**ΕΚΤΡΙΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

<b>12.1</b>	Εισαγωγή .....	197
<b>12.2</b>	Ιδιότητες των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών .....	197
<b>12.3</b>	Κυριότερα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά .....	198
<b>12.4</b>	Πλεονεκτήματα των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών .....	200
<b>12.5</b>	Μειονεκτήματα των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών .....	200
	<b>ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ</b> .....	201
	<b>ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ</b> .....	202
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	203



---

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται στους μαθητές και στις μαθήτριες της Β΄ τάξης του 1ου κύκλου των ΤΕΕ της ειδικότητας βοηθών οδοντοτεχνιτών.

Σκοπός του είναι να γνωρίσουν οι μαθητές και οι μαθήτριες τα οδοντοτεχνικά υλικά για να βοηθηθούν στο έργο τους, όταν έρθουν σε επαφή με αυτά στον εργαστηριακό χώρο.

Η ύλη που περιέχεται σε αυτό το βιβλίο περιλαμβάνει την ταξινόμηση και τις βασικές ιδιότητες των οδοντιατρικών υλικών, καθώς και την καθημερινή τους χρήση στο εργαστήριο.

Οι συγγραφείς ακολούθησαν το αντίστοιχο αναλυτικό πρόγραμμα και τις υποδείξεις του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Οι συγγραφείς εκφράζουν τις ευχαριστίες τους προς τους κριτές για τις υποδείξεις και παρατηρήσεις τους, οι οποίες συνέβαλαν εποικοδομητικά στη συγγραφή του βιβλίου αυτού, καθώς επίσης στην υπεύθυνη για τη γλωσσική επιμέλεια φιλόλογο. Οι συγγραφείς θα δεχθούν ευχαρίστως παρατηρήσεις και υποδείξεις όσο αφορά το περιεχόμενο του βιβλίου.

*ΟΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ*





Κάνοντας μια αναδρομή στο παρελθόν, διαπιστώνουμε ότι η εξέλιξη των οδοντοτεχνικών υλικών εξαρτάται άμεσα από την εξέλιξη της οδοντιατρικής επιστήμης. Έτσι, πρώτη πληροφορία που έχουμε για οδοντιατρικά υλικά, που βρήκαν εφαρμογή στην στοματική κοιλότητα, είναι από την ιστορία των Φοινίκων και αφορούσε μία περίδεση με χρυσό σύρμα, η οποία συγκρατούσε δύο πρόσθετα ανθρώπινα δόντια που έλειπαν.

Από την εποχή των Ρωμαίων και των Ετρούσκων, βρέθηκαν χρυσές γέφυρες ενώ και άλλοι λαοί είχαν χρησιμοποιήσει διάφορα υλικά για την αντικατάσταση ή διακόσμηση των δοντιών.

Η πρώτη αναφορά για κατασκευή χυτών μεταλλικών αντικειμένων γίνεται τον 11ο αιώνα (Θεόφιλος). Τον 17ο αιώνα ο Fauchard χρησιμοποίησε τεχνητά δόντια από ελεφαντόδοντο. Την ίδια περίπου εποχή ο Etienne Bourdet κατασκεύασε μια οδοντοστοιχία με μεταλλική βάση, ανθρώπινα δόντια και πορσελάνη.

Το 18ο αιώνα ο Γερμανός Pfaff χρησιμοποίησε το κερί για αποτυπώματα και έφτιαχνε γύψινα εκμαγεία. Επίσης, ο Γάλλος οδοντίατρος Dubois de Chemant κατασκεύαζε δόντια από πορσελάνη.

Τη μεγάλη όμως ανάπτυξη των οδοντοτεχνικών υλικών τη διαπιστώνουμε τον 19ο αιώνα με την ίδρυση της πρώτης πανεπιστημιακής Οδοντιατρικής Σχολής, στη Βαλτιμόρη των Η.Π.Α.

Οι εμπειρικές γνώσεις που υπήρχαν μέχρι τότε, θα μετατραπούν σε γνώσεις που στηρίζονται σε επιστημονικά δεδομένα. Σ' αυτό θα συμβάλλει πολύ και η ανάπτυξη των άλλων επιστημών (Χημεία, Φυσική, Βιολογία, Μηχανική).

Το 1919 οι ΗΠΑ θα καθιερώσουν την ταξινόμηση και την τυποποίηση των οδοντιατρικών προϊόντων για να εξασφαλίσουν την παραγωγή υλικών με συγκεκριμένες επιθυμητές ιδιότητες και για συγκεκριμένη χρήση.

Τα οδοντιατρικά και οδοντοτεχνικά υλικά είναι υλικά που χρησιμοποιεί ο οδοντίατρος αλλά και ο οδοντοτεχνίτης για να κατασκευάσει προσθετικές και

ορθοδοντικές εργασίες που έχουν σκοπό την αποκατάσταση της λειτουργίας του στοματογναθικού συστήματος και της αισθητικής του ασθενούς.

Τα υλικά αυτά κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	
1. Αποτυπωτικά υλικά	6. Κράματα
2. Οδοντιατρική γύψος	7. Πορσελάνες
3. Πυροχρώματα	8. Ορθοδοντικά σύρματα
4. Κερία	9. Διαχωριστικά υλικά
5. Ρητίνες	10. Εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά

Τα διάφορα οδοντιατρικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των προσθετικών εργασιών που τοποθετούνται στη στοματική κοιλότητα, μπορεί μερικές φορές να προκαλέσουν βλάβες στον οργανισμό. Ο κίνδυνος από τη χρήση των υλικών αυτών αφορά τον ασθενή, τον οδοντίατρο και τον οδοντοτεχνίτη. Τα τελευταία χρόνια η επιστήμη των οδοντιατρικών υλικών έχει δώσει πολύ μεγάλη σημασία στην τοξικότητα και τη βιοσυμβατότητα των υλικών.

Βιοσυμβατότητα είναι η συμπεριφορά και οι επιδράσεις των διαφόρων οδοντοτεχνικών υλικών απέναντι στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι τοπικές (στους ιστούς της στοματικής κοιλότητας) ή συστηματικές (να εκδηλώνονται δηλαδή με διάφορους τρόπους μακριά από τη στοματική κοιλότητα). Ένα υλικό είναι βιοσυμβατό όταν δεν έχει επιπτώσεις, τόσο τοπικές όσο και συστηματικές στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι δυσάρεστες επιδράσεις που μπορεί να έχουν τα διάφορα υλικά στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να οφείλονται, σε χημική τοξική δράση, σε αλλεργικές αντιδράσεις, σε μηχανικό ερεθισμό και σε δημιουργία γαλβανικών ρευμάτων. Από τα οδοντοτεχνικά υλικά ιδιαίτερα ενοχοποιούνται για τέτοιες δυσάρεστες επιδράσεις κάποια κράματα και η ακρυλική ρητίνη.

Η τοξικότητα των διαφόρων κραμάτων μπορεί να εκδηλωθεί ως

- μεταλλική γεύση,
- αίσθημα καύσου (καψίματα), και
- άφθες και έλκη στο στόμα.

Το μονομερές της ακρυλικής ρητίνης, το νικέλιο των κραμάτων, καθώς και οι υπολειπόμενοι δεσμοί άνθρακος των ρητινών έχουν ενοχοποιηθεί για αλλεργικές αντιδράσεις (αλλεργική στοματίτιδα). Εκτός αυτού το νικέλιο, το κοβάλτιο, και ιδιαίτερα το βηρύλλιο, όταν εισπνέονται σε μορφή σκόνης ή ατμών κατά την επεξεργασία των κραμάτων, ενοχοποιούνται για καρκίνο των πνευμόνων, αν και δεν έχει αποδειχθεί ότι έχουν σίγουρα καρκινογόνο δράση.

Γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται προστατευτικά μέτρα, κατά την επεξεργασία τους, όπως η χρήση масκών και ισχυρών απορροφητήρων και να γίνεται έλεγχος της ποιότητας του εισπνεόμενου αέρα.

Επίσης το στοματικό περιβάλλον μπορεί να επιδράσει στη συμπεριφορά των οδοντοτεχνικών υλικών, ιδιαίτερα των κραμάτων. Τα διάφορα υγρά και οι τροφές αλλάζουν τη σύσταση του σάλιου, με αποτέλεσμα να δημιουργείται περιβάλλον δυσμενές για τα διάφορα οδοντοτεχνικά υλικά π.χ. διάβρωση κραμάτων, αποχρωματισμός ακρυλικής ρητίνης κ.τλ.

Οι προσπάθειες των επιστημόνων έχουν επικεντρωθεί τα τελευταία χρόνια στην αναζήτηση σύγχρονων υλικών και μεθόδων, που θα βοηθούν στην αποκατάσταση της λειτουργίας του στοματογναθικού συστήματος, περιορίζοντας τις αντιδράσεις των ιστών του στόματος, αλλά και θα βελτιώνουν την αισθητική. Παραδείγματα τέτοιων υλικών είναι οι πολύ-βυνιλ σιλοξάνες για τη λήψη αποτυπώματος, τα συστήματα χυτής πορσελάνης χωρίς τη χρησιμοποίηση μεταλλικού σκελετού, το τιτάνιο για μεταλλοκεραμικές εργασίες, τα σύγχρονα κράματα για μεταλλοακρυλικές και μεταλλοκεραμικές εργασίες κ.ά.



## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΔΟΝΤΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

### ■ 2.1 Εισαγωγή

Κάθε σώμα αποτελείται από άτομα, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους και δημιουργούν τα μόρια. Κατά την δημιουργία των μορίων, τα άτομα, δεν έρχονται σε επαφή το ένα με το άλλο, αλλά διατηρούν σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ των ατόμων αναπτύσσονται δυνάμεις έλξης και απώθησης. Η συνισταμένη αυτών των δυνάμεων διατηρεί τα άτομα στις θέσεις τους.

Οι μεσοατομικές αυτές δυνάμεις, που συγκρατούν τα άτομα στις θέσεις τους, ονομάζονται *ατομικοί δεσμοί*. Οι δεσμοί αυτοί καθορίζουν σε μεγάλο ποσοστό τη δομή και τις ιδιότητες των σωμάτων. Οι ατομικοί δεσμοί διακρίνονται σε:

- α) Μεταλλικούς
- β) Ιοντικούς ή ετεροπολικούς
- γ) Ομοιοπολικούς
- δ) Μοριακούς ή δυνάμεις Van der Waal's

Οι έλξεις ανάμεσα στα άτομα και τα μόρια του σώματος καθορίζουν εάν ένα σώμα είναι στερεό, υγρό ή αέριο και τις ιδιότητές του. Οι ιδιότητες που μας ενδιαφέρουν στα οδοντοτεχνικά υλικά είναι μηχανικές, θερμικές, ηλεκτροχημικές, ιδιότητες επιφάνειας και οπτικές. Η κατανόηση των ιδιοτήτων των οδοντιατρικών και οδοντοτεχνικών υλικών έχει τεράστια σημασία. Οι ιδιότητές τους πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με το στοματικό περιβάλλον, τους ιστούς, αλλά και τα άλλα βιοϋλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή. Σημαντικό ρόλο έχει η κατανόηση των ιδιοτήτων των υλικών για τη διαδικασία κατασκευής μιας προσθετικής αποκατάστασης. Η τεχνολογία γύρω από τα οδοντοτεχνικά και οδοντιατρικά υλικά σήμερα εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς. Η εποχή του εμπειρικού τεχνίτη έχει παρέλθει ανεπιστρεπτί και μόνο η βαθιά γνώση των τεχνικών και των υλικών μπορεί να βοηθήσει έναν οδοντοτεχνίτη να παρακολουθήσει αυτή την εξέλιξη.

## ■ 2.2 Καταστάσεις της ύλης

Οι καταστάσεις της ύλης είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια.

Η **στερεή κατάσταση** διακρίνεται από τον ορισμένο όγκο και σχήμα που διαθέτει. Οι δύο αυτές βασικές ιδιότητες των στερεών σωμάτων (ορισμένος όγκος και σχήμα) οφείλονται στις ισχυρές δυνάμεις ανάμεσα στα δομικά σωματίδια του σώματος (άτομα, ιόντα ή μόρια). Τα στερεά σώματα διακρίνονται σε κρυσταλλικά και σε άμορφα. *Κρυσταλλικό* ονομάζεται ένα σώμα που οι δομικές του μονάδες τοποθετούνται στο χώρο ακολουθώντας κάποιο γεωμετρικό νόμο και εμφανίζουν μια συμμετρία. Η διάταξη αυτή στο χώρο ονομάζεται κρυσταλλικό πλέγμα. *Άμορφο* ονομάζεται το σώμα στο οποίο οι βασικές δομικές του μονάδες (άτομα, ιόντα ή μόρια) βρίσκονται τυχαία διασκορπισμένες στο χώρο. Τα άμορφα σώματα θεωρούνται ότι πλησιάζουν την συμπεριφορά των υγρών και αντιμετωπίζονται ως υγρά με μεγάλο ιξώδες. Άμορφα σώματα είναι το γυαλί και το κερί. Ένα σώμα μπορεί να μεταπέσει, κάτω από ορισμένες συνθήκες, από την άμορφη στην κρυσταλλική κατάσταση.

Η **υγρή κατάσταση** χαρακτηρίζεται από καθορισμένο όγκο και από μη καθορισμένο σχήμα. Οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι μικρότερες από των στερεών. Τα μόρια των σωμάτων στην υγρή κατάσταση κινούνται, όπως και στην αέρια, αλλά οι αποστάσεις ανάμεσά τους είναι μικρές και οι δυνάμεις έλξεως μεγαλύτερες από των αερίων. Τα υγρά είναι πρακτικά ασυμπίεστα

Στην **αέρια κατάσταση** τα σώματα δεν παρουσιάζουν ούτε καθορισμένο σχήμα ούτε καθορισμένο όγκο. Παίρνουν πάντα το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει και καταλαμβάνουν όλο τον όγκο του. Αυτό συμβαίνει γιατί οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι χαλαρές. Τα αέρια είναι πολύ συμπίεστα.

Ένα σώμα κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να μεταπέσει από την μία κατάσταση της ύλης στην άλλη.

## ■ 2.3 Μηχανικές ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες υποδηλώνουν τον τρόπο που συμπεριφέρεται ένα υλικό κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων. Η σημασία των μηχανικών ιδιοτήτων των οδοντιατρικών υλικών είναι πολύ μεγάλη και μπορεί κανείς να την συνειδητοποιήσει αν σκεφθεί τις καταπονήσεις στις οποίες υπόκει-

νται τα δόντια, και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη μάσηση. Στους γομφίους αναπτύσσεται δύναμη 60 kgf, ενώ στους προγόμφιους και στους κυνόδοντες 35 και 25 kgf αντίστοιχα. Έχοντας αυτά υπόψη, μαζί με το γεγονός ότι το τελικό προϊόν της εργασίας του οδοντοτεχνίτη θα υποκαταστήσει ελλείποντα δόντια ή τμήματα αυτών και θα δεχθεί αυτές τις δυνάμεις, γίνεται φανερό πόση σημασία έχουν οι μηχανικές ιδιότητες που αφορούν τα υλικά αυτά. Είναι ανάγκη, συνεπώς, να αναφέρουμε τις σημαντικότερες από αυτές.

## 2.3.1 Τάση - Παραμόρφωση

### 2.3.1.1 Τάση

Όταν εφαρμόζεται μία εξωτερική δύναμη σε ένα υλικό, δημιουργείται μία αντίδραση μέσα στο υλικό σ' αυτή τη δύναμη. Η δύναμη κατανέμεται σε μία περιοχή και ο λόγος της δύναμης προς το εμβαδόν της περιοχής ονομάζεται τάση. Με άλλα λόγια τάση είναι η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας. Έτσι, για μία δεδομένη δύναμη, όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της τάσης. Η τάση μετριέται σε  $Mpa$  (Μεγαπασκάλ), δηλ. σε  $MN/m^2$

Στις ιδιότητες των υλικών σημασία έχει η τάση και όχι η δύναμη. Εάν εφαρμόσουμε συγκεκριμένη τάση σε ένα υλικό θα έχουμε πάντα το ίδιο αποτέλεσμα. Σε συγκεκριμένη δύναμη όμως το αποτέλεσμα εξαρτάται από τον όγκο, τις διαστάσεις και το σχήμα του υλικού.

Ένα σώμα μπορεί να δεχθεί πολλών ειδών τάσεις. Όπως τάσεις θλίψης (συμπίεσης), εφελκυσμού και διάτμησης (compressive, tensile and shear stress). Η *τάση εφελκυσμού* (tensile stress) δημιουργείται από μία δύναμη που τείνει να τεντώσει ή να επιμηκύνει ένα σώμα παράλληλα με τη φορά της δύναμης. Η *συμπιεστική ή θλιπτική τάση* (compressive stress) είναι η αντίδραση ή αντίσταση ενός σώματος σε μία εξωτερική δύναμη που τείνει να το συμπιέσει ή να το βραχύνει παράλληλα με τη φορά της δύναμης. Η *διατμητική τάση* (shear stress), τέλος, είναι η αντίσταση ενός σώματος σε δύο παράλληλες δυνάμεις, αλλά με αντίθετη φορά, που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους και εφαρμόζονται σε δύο σημεία απέναντι το ένα από το άλλο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διατμητικής δύναμης είναι το ψαλίδι.



### 2.3.1.2 Παραμόρφωση

Είναι η αλλαγή του σχήματος ενός υλικού όταν αυτό υπόκειται σε μία δύναμη. Επειδή η συνολική παραμόρφωση είναι δύσκολο να μετρηθεί, μετριέται η γραμμική παραμόρφωση. Δηλαδή μετριέται η μεταβολή ( $\Delta \ell$ ) ανά μονάδα μήκους ( $\ell$ ). *Γραμμική παραμόρφωση =  $\Delta \ell / \ell$ .*

### 2.3.1.3 Ελαστική - Πλαστική παραμόρφωση

Ένα σώμα, υπό την επίδραση μιας εξωτερικής τάσης, παραμορφώνεται. Εάν μετά την άρση της τάσης επανέλθει πλήρως στην προηγούμενη κατάσταση του, τότε η παραμόρφωση ονομάζεται ελαστική. Εάν το σώμα μετά την άρση της τάσης δεν επανέλθει πλήρως, αλλά παραμένει ένα ποσοστό παραμόρφωσης, τότε η παραμόρφωση ονομάζεται πλαστική. Πολύ συχνά ορισμένα σώματα παρουσιάζουν ελαστική παραμόρφωση μέχρι μια συγκεκριμένη τάση. Εάν ασκήσουμε μεγαλύτερη τάση το σώμα δεν επανέρχεται ποτέ στην προηγούμενη κατάσταση και η παραμόρφωση είναι μόνιμη.

### 2.3.1.4 Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης

Είναι ένας εύχρηστος τρόπος σύγκρισης της συμπεριφοράς των υλικών στις καταπονήσεις. Στον άξονα των τετημένων (οριζόντιος άξονας), έχουμε τις τιμές της παραμόρφωσης που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες τάσεις, οι οποίες αναγράφονται στον άξονα των τεταγμένων (κάθετος άξονας) (Εικ. 2.1). Όλες οι τάσεις που ασκούνται μέχρι του σημείου E δημιουργούν ελαστική παραμόρφωση στο σώμα. Όλες οι μεγαλύτερες τάσεις δημιουργούν πλαστική παραμόρφωση.

Τα διαγράμματα τάσης - παραμόρφωσης μπορούν να κατασκευασθούν για δυνάμεις συμπίεσης, εφελκυσμού ή διάτμησης. Σε κάποια υλικά (πχ. κράματα) είναι πιο εύκολο να μετρηθεί ο εφελκυσμός, ενώ σε άλλα (πχ. κόνιες) η θλίψη.

### 2.3.2 Όριο αναλογίας (Proportional limit)

Είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να δεχθεί ένα υλικό χωρίς παρέκκλιση από την αναλογικότητα της τάσης ως προς την παραμόρφωση. Στην καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης, είναι το υψηλότερο σημείο (A) του αρχικού *ευθύγραμμου τμήματος* (Εικ. 2.1). Σε τάσεις μικρότερες του ορίου αναλογίας το υλικό συμπεριφέρεται ελαστικά και επιστρέφει στις αρχικές του διαστάσεις

μετά την άρση της δύναμης. Γι' αυτό και η περιοχή της καμπύλης, πριν το όριο αναλογίας, λέγεται και *ελαστική*. Στην ελαστική αυτή περιοχή ισχύει ο νόμος του Hooke, που λέει, ότι για μικρές τιμές εξωτερικών δυνάμεων οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι ανάλογες με τις παραμορφώσεις που προκαλούν.

Ο *νόμος του Hooke* εκφράζεται με τη σχέση:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ , όπου  $\sigma$  = τάση,  $\varepsilon$  = παραμόρφωση λόγω της τάσης  $\sigma$  και  $E$  = μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young.

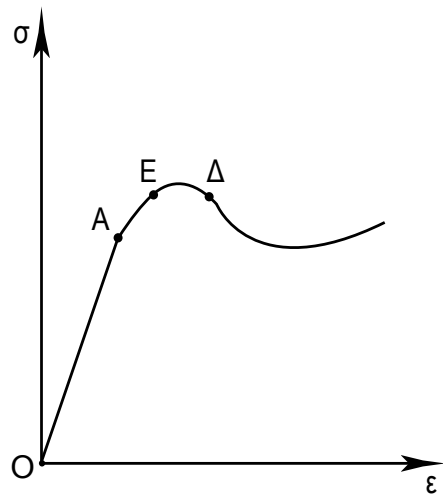
### 2.3.3 Όριο ελαστικότητας

Το όριο ελαστικότητας είναι η μέγιστη ελαστική παραμόρφωση που επιδέχεται ένα σώμα. Προκύπτει εάν φορτίσουμε ένα σώμα πέρα από το όριο αναλογίας. Τότε, ενώ η σχέση τάσης - παραμόρφωσης παύει να είναι γραμμική, το υλικό συνεχίζει να συμπεριφέρεται ελαστικά μέχρι ενός ορισμένου σημείου (όριο ελαστικότητας). Εάν η παραμόρφωση περάσει το όριο ελαστικότητας (σημείο E στην Εικ. 2.1), παύει να είναι ελαστική και το σώμα δεν επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

### 2.3.4 Μέτρο ελαστικότητας (Elastic modulus)

Ονομάζεται και *μέτρο του Young* και συμβολίζεται με το γράμμα E. Εκφράζει τη δυσκαμψία ενός υλικού μέσα στην ελαστική περιοχή (OA στην Εικ. 2.1), δηλ. την αντίστασή τους στην ελαστική παραμόρφωση. Μετριέται με την κλίση του ευθύγραμμου αρχικού τμήματος της καμπύλης τάσης - παραμόρφωσης και ορίζεται ως ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση στην ελαστική περιοχή. Μονάδα μέτρησης είναι το Mpa.

Για την ελαστική συμπεριφορά είναι υπεύθυνες οι μεσοατομικές ή μεσομοριακές δυνάμεις συνοχής του υλικού. Όσο μεγαλύτερες, τόσο μεγαλύτερο και το μέτρο ελαστικότητας. Σαν αποτέλεσμα το μέτρο ελαστικότητας είναι το ίδιο, είτε το διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης



Εικ. 2.1. Διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης

είναι εφελκυσμού, είτε είναι θλίψης.

Η ιδιότητα του μέτρου του Young εξαρτάται από τη σύνθεση και τη δομή του υλικού. Δεν επηρεάζεται από θερμικές ή μηχανικές κατεργασίες, στις οποίες μπορεί να υποβληθεί ένα σώμα, εάν πρόκειται για ένα κράμα ή μέταλλο, αλλά επηρεάζεται, εάν πρόκειται για πολυμερές ή άμορφο γενικά στερεό.

### 2.3.5 Όριο διαρροής (Yield strength)

Εάν φορτίσουμε ένα σώμα πέρα από το όριο ελαστικότητας παρατηρούμε ότι με μικρή αύξηση τάσης έχουμε μεγάλη αύξηση της παραμόρφωσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διαρροή (Yielding). Η τάση στην οποία παρατηρείται η διαρροή (πλαστική παραμόρφωση) ονομάζεται όριο διαρροής (σημείο Δ στην Εικ. 2.1).

Οι καμπύλες τάσης - παραμόρφωσης ενός υλικού που υπολογίζονται εργαστηριακά δεν είναι αρκετά ακριβείς. Σαν αποτέλεσμα ο προσδιορισμός του ορίου διαρροής είναι δύσκολος και συχνά ανακριβής. Αντί αυτού λοιπόν έχει οριστεί μία συγκεκριμένη πλαστική παραμόρφωση (0,1%, 0,2% ή 0,5%) και υπολογίζεται η τάση που την προκαλεί. Ονομάζεται η τάση αυτή όριο διαρροής και χρησιμοποιείται σαν μέτρο σύγκρισης των υλικών. Η σύγκριση των ορίων διαρροής των περισσοτέρων υλικών πρέπει πάντα να γίνεται για συγκεκριμένη απόκλιση (0,1%, 0,2%, κ.τ.λ.). Η παραμόρφωση αυτή είναι μόνιμη και το υλικό δεν επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Άρα όριο ή τάση διαρροής ενός υλικού ονομάζεται η τάση που αντιστοιχεί σε προκαθορισμένη (0,1% ή 0,2%) αρχική πλαστική παραμόρφωση.

### 2.3.6 Όριο θραύσης

Έτσι ονομάζεται η τιμή της τάσης εφελκυσμού, η οποία προκαλεί θραύση του σώματος.

Σε πολλά υλικά, όπως τα κράματα, το όριο θραύσης δεν έχει μεγάλη σημασία αφού η πλαστική παραμόρφωση θα έχει ήδη επέλθει νωρίτερα, καθιστώντας το υλικό ακατάλληλο. Μεγαλύτερη σημασία έχει να γνωρίζουμε το όριο ελαστικότητας και διαρροής.

### 2.3.7 Επιμήκυνση - Συμπίεση

Η επιμήκυνση ενός υλικού είναι η εκατοστιαία αναλογία της παραμόρφωσης του υλικού όταν εκτεθεί σε εφελκυστικές δυνάμεις.

Η συμπίεση ενός υλικού είναι η εκατοστιαία αναλογία της παραμόρφωσης του υλικού όταν εκτεθεί σε θλιπτικές δυνάμεις.

### 2.3.8 Ολκιμότητα - Ψαθυρότητα - Ελατότητα

Ολκιμότητα (ductility) είναι η ικανότητα ενός υλικού να διαρρέει (επιμηκύνεται) και να παρουσιάζει πλαστική παραμόρφωση.

Ψαθυρότητα (brittleness) είναι η αντίθετη έννοια της ολκιμότητας. Είναι δηλαδή η ικανότητα ενός υλικού να μην παρουσιάζει πλαστικές παραμορφώσεις πριν από τη θραύση του. Αυτό σημαίνει ότι, μόλις η τάση υπερβεί το όριο ελαστικότητας, το υλικό, αντί να παραμορφώνεται πλαστικά, σπάει. Επειδή δε κανένα υλικό δε σπάει αμέσως μόλις η τάση ξεπεράσει το όριο ελαστικότητας, ψαθυρά θεωρούνται τα υλικά όπου η παραμόρφωση δεν ξεπερνάει το 5%, ενώ μπορεί να φτάσει και κάτω από 0,5%. Ψαθυρά υλικά είναι η πορσελάνη και η γύψος.

Δεν υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ ψαθυρών και όλκιμων υλικών, επειδή η εκδήλωση ψαθυρής ή όλκιμης συμπεριφοράς εξαρτάται και από την ταχύτητα επιβολής της τάσης, τη θερμοκρασία κ.τ.λ. Η θερμική κατεργασία των μετάλλων μπορεί να αυξήσει την αντοχή τους, αλλά και να μειώσει την ολκιμότητά τους.

Ελατότητα είναι η ικανότητα ενός μετάλλου να διαμορφώνεται σε έλασμα. Η ελατότητα μπορεί να αυξηθεί με αρκετούς τρόπους όπως με την αύξηση της θερμοκρασίας, της πίεσης κτλ.

### 2.3.9 Ελαστικότητα - Ενέργεια θραύσης - Σκληρότητα

Ελαστικότητα (resilience) είναι η αντοχή ενός υλικού στη μόνιμη παραμόρφωση. Μας δίνει το ποσό της ενέργειας που χρειάζεται για να παραμορφωθεί ένα υλικό έως το όριο αναλογίας του.

Ενέργεια θραύσης (toughness) είναι η αντίσταση ενός υλικού στη θραύση και αντιστοιχεί στο ποσό της ενέργειας που χρειάζεται να καταβληθεί για τη θραύση του υλικού. Ο όρος στην ελληνική βιβλιογραφία αναφέρεται και ως σφιφρότητα ή δυσθραυστότητα.

Ως σκληρότητα μπορεί να ορισθεί, υπό την ευρεία έννοια, η αντίσταση που προβάλλει η επιφάνεια ενός υλικού στην διείσδυση από ένα άλλο σκληρότερο υλικό.

Η σκληρότητα εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού, αλλά και από το υλικό, τη μορφή, την ταχύτητα και τη θερμοκρασία του διεισδυτή. Υπάρχουν αρκετές δοκιμασίες σκληρότητας με πιο συχνές τις Brinell, Rockwell, Vickers & Knoop.

### 2.3.10 Κόπωση

Κόπωση ενός υλικού ονομάζεται η παραμόρφωση του υλικού μέχρι την θραύση του κάτω από την επίδραση επαναλαμβανόμενων, μικρής έντασης, τάσεων.

Οι μασητικές δυνάμεις δημιουργούν στις προσθετικές αποκαταστάσεις επαναλαμβανόμενες τάσεις. Οι τάσεις αυτές είναι δυνατόν να σπάσουν (θραύση) την προσθετική αποκατάσταση. Η θραύση του κράματος της προσθετικής αποκατάστασης κάτω από επαναλαμβανόμενες τάσεις, μικρότερες από το όριο αναλογίας του κράματος, ονομάζεται κόπωση του υλικού.

Η αντοχή στην κόπωση του υλικού εξαρτάται από την συχνότητα ασκούμενων τάσεων, από τις ατέλειες δομής του υλικού, από τις ανωμαλίες της επιφάνειας της κατασκευής (πχ. κακή λείανση), από τη θερμοκρασία και από το σχήμα της κατασκευής.

### 2.3.11 Ερπυσμός

Στις παραπάνω ιδιότητες εξετάζεται η τάση και η επίδρασή της πάνω στο υλικό, αλλά δε λαμβάνεται υπόψη το χρονικό διάστημα που επιδρά η τάση. Υπάρχουν ιδιότητες που λαμβάνουν υπ' όψιν τους τον παράγοντα χρόνο.

Η μεταβολή της παραμόρφωσης ενός σώματος, σε σταθερή θερμοκρασία και τάση, σε συνάρτηση με το χρόνο ονομάζεται ερπυσμός.

Πολλές φορές σαν τάση λειτουργεί και η βαρύτητα. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα είναι η πλαστελίνη, που όταν την αφήσουμε πάνω σε μια επιφάνεια επί ένα χρονικό διάστημα αλλάζει σχήμα και «απλώνει».

## ■ 2.4 Ρεολογικές ιδιότητες

Οι ρεολογικές ιδιότητες των υλικών ασχολούνται με τον τρόπο που ρέουν τα διάφορα σώματα, τους παράγοντες που επηρεάζουν τη ροή τους, και τη συμπεριφορά τους στις διάφορες συνθήκες.

### 2.4.1 Ιξώδες

Ιξώδες είναι το μέτρο της εσωτερικής τριβής των υγρών. Όσο αυξάνεται το ιξώδες ενός υγρού τόσο μειώνεται η ρευστότητά του, δηλαδή ρέει πιο δύσκολα. Για παράδειγμα το νερό έχει μικρότερο ιξώδες από το μέλι.

### 2.4.2 Ιξωδοελαστική συμπεριφορά

Όλα τα σώματα δεν συμπεριφέρονται ως απολύτως υγρά (νερό) ή ως απολύτως ελαστικά (ελατήριο). Κάποια σώματα, ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να εμφανίζουν συμπεριφορά υγρού σώματος ή ελαστικού σώματος ή και τα δύο μαζί. Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται ιξωδοελαστική συμπεριφορά.

## ■ 2.5 Θερμικές ιδιότητες

Η μεταβολή των διαστάσεων κατά τη διάρκεια των οδοντοτεχνικών διαδικασιών έχει μεγάλη σημασία στην ακρίβεια των προσθετικών αποκαταστάσεων. Μεταβολή των διαστάσεων των κραμάτων, των κεραμικών (πορσελάνες) και των πυροχωμάτων συμβαίνει κυρίως κατά τη θέρμανση και την ψύξη τους. Γι' αυτό το ενδιαφέρον μας εστιάζεται στη θερμική αγωγιμότητα και στη μεταβολή των διαστάσεων λόγω θερμότητας, δηλαδή στο συντελεστή θερμικής διαστολής.

### 2.5.1 Θερμική αγωγιμότητα

Θερμική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα των σωμάτων να επιτρέπουν να περάσει μέσα από τη μάζα τους θερμότητα. Ανάλογα με το βαθμό της αγωγιμότητας που παρουσιάζουν, τα σώματα διακρίνονται σε καλούς και κακούς αγωγούς της θερμότητας.

Τα μέταλλα είναι οι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας (και του ηλεκτρισμού). Οι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας είναι ο άργυρος και ο χαλκός. Η πορσελάνη είναι κακός αγωγός της θερμότητας.

### 2.5.2 Συντελεστής θερμικής διαστολής

Η επίδραση της θερμότητας στα υλικά εκδηλώνεται ως αύξηση του μήκους (και του όγκου) με την άνοδο της θερμοκρασίας και μείωση του μήκους (και του όγκου) με την αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας. Η γραμμική επιμήκυνση των υλικών μετρείται με τον προσδιορισμό της μεταβολής του μήκους ενός δοκιμίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Για να είναι ευκολότερη η σύγκριση των διαφόρων υλικών, η γραμμική επιμήκυνση σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία εκφράζεται ως συντελεστής θερμικής διαστολής και προσδιορίζεται από τον τύπο:  $\lambda = \Delta \ell / \ell_0 \cdot \Delta\theta$ .

Όπου:

$\Delta \ell$  = επιμήκυνση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας

$\ell_0$  = το αρχικό μήκος

$\Delta\theta$  = η μεταβολή της θερμοκρασίας

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής δεν είναι ενιαίος σε όλες τις θερμοκρασίες και εξαρτάται από το υλικό. Συνήθως αναφερόμαστε στο γραμμικό συντελεστή θερμικής διαστολής και όχι στον ογκομετρικό.

Σαν θερμικός συντελεστής γραμμικής διαστολής ορίζεται η μεταβολή που υφίσταται η μονάδα μήκους του υλικού όταν η θερμοκρασία αυξηθεί 1°C.

Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη θερμική διαστολή ενός σώματος είναι πολύ μεγάλες και ισούνται με τις δυνάμεις που θα χρειάζονταν για μία αντίστοιχη μηχανική επιμήκυνση. Μεγάλη σημασία έχει η θερμική μεταβολή των διαστάσεων σε σώματα που έχουν συγκολληθεί μεταξύ τους. Η ασυμβατότητα στη θερμική διαστολή, μεταξύ μεταλλικού σκελετού και πορσελάνης, είναι συχνά η αιτία της θραύσης της πορσελάνης η οποία είχε οπτηθεί σε μεταλλικό σκελετό.

## ■ 2.6 Ηλεκτροχημικές Ιδιότητες

### 2.6.1 Γαλβανισμός

Προέρχεται από την παρουσία δύο διαφορετικών μετάλλων μέσα σε έναν ηλεκτρολύτη. Ανάμεσα στα δύο μέταλλα δημιουργείται μία διαφορά δυναμικού. Η διαφορά αυτή δυναμικού, που μεταξύ αλουμινίου και χρυσού μπορεί να φτάσει και τα 2,69 Volts, είναι υπεύθυνη για τον πόνο που βιώνουν οι ασθενείς όταν δύο διαφορετικές μεταλλικές επιφάνειες έρχονται σε επαφή. Με τη μέθοδο του γαλβανισμού μπορούν να κατασκευαστούν και μεταλλικοί σκελετοί για στεφάνες (γαλβανοκεραμικές).

### 2.6.2 Διάβρωση (Erosion)

Ως διάβρωση χαρακτηρίζεται κάθε ηλεκτροχημική και χημική αλλοίωση στην επιφάνεια των μετάλλων ή των κραμάτων που οδηγεί σε απώλεια υλικού. Ως αλλοίωση ορίζουμε κάθε μετατροπή του μετάλλου ή του κράματος από την αρχική του μορφή. Στη διάβρωση η κύρια δράση είναι η οξειδωση με απομάκρυνση ηλεκτρονίων από το μέταλλο. Η διάβρωση στο στόμα μπορεί να προέλθει από γαλβανικά ρεύματα ανόμοιων (διαφορετικής χημικής σύνθεσης) μεταλλικών κατασκευών αλλά και από χημική προσβολή των μετάλλων από συστατικά της τροφής και του σάλιου.

Τα είδη της διάβρωσης κατατάσσονται: α) σε ομοιόμορφη ή γενική διάβρωση (general corrosion), β) σε διάβρωση με βελονισμούς (pitting corrosion), γ) σε διάβρωση με μηχανική καταπόνηση που οδηγεί σε ψαθυρή θραύση (stress corrosion cracking) και δ) σε σπηλαιώδη μηχανική διάβρωση (cavitation erosion).

Στις χυτές προσθετικές εργασίες η διάβρωση μπορεί να εμφανισθεί με τη μορφή ομοιόμορφης προσβολής, εκλεκτικής προσβολής, περικρυσταλλικής προσβολής (κατά μήκος των ορίων των κόκκων), προσβολή με μορφή βελονισμών, διάβρωση σχισμών και διάβρωση τάσης.

### 2.6.3 Αμαύρωση (Αλλαγή χρώματος των μετάλλων στο στόμα) - (Tarnish)

Τα διάφορα μέταλλα και κράματα που τοποθετούνται στη στοματική κοιλότητα εμφανίζουν μερικές φορές αλλαγή του χρώματός τους. Η αλλαγή οφείλεται σε εναποθέσεις στην επιφάνεια του μετάλλου. Οι εναποθέσεις διευκολύνονται από την αδρότητα της επιφάνειας. Οι συνηθέστερες εναποθέσεις είναι οξείδια, υδροξείδια και σουλφίδια. Η αλλαγή του χρώματος (θάμπωμα) ενός μετάλλου αποτελεί και το πρώτο ορατό στάδιο της διάβρωσης και συνήθως είναι αποτέλεσμα γαλβανικών ρευμάτων.

Προκειμένου να αποφεύγεται κατά το δυνατόν η αμαύρωση ή η αλλαγή χρώματος των μετάλλων/κραμάτων που τοποθετούνται στο στόμα, πρέπει να σπλιβώνεται καλά όλη η εκτεθειμένη στα στοματικά υγρά επιφάνεια, να αποφεύγονται οι πόροι και να εξαλείφονται, κατά το δυνατόν, τα γαλβανικά ρεύματα με κατάλληλη επεξεργασία.



## ■ 2.7 Ιδιότητες επιφάνειας

### 2.7.1 Συνοχή και συνάφεια

Με τους όρους αυτούς χαρακτηρίζονται οι ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ στοιχειωδών σωματιδίων (μορίων-ιόντων-ατόμων). Ανάμεσα σε στοιχειώδη σωματίδια του ίδιου σώματος ή ομοίων σωμάτων που έρχονται σε επαφή αναπτύσσονται δυνάμεις συνοχής. Ανάμεσα σε στοιχειώδη σωματίδια διαφορετικών σωμάτων που έρχονται σε επαφή αναπτύσσονται δυνάμεις συνάφειας.

### 2.7.2 Επιφανειακή τάση - Επιφανειακή ενέργεια

Στα μόρια ή στα άτομα στο εσωτερικό ενός σώματος (υγρού ή στερεού) αναπτύσσονται ελκτικές δυνάμεις από τα γειτονικά μόρια ή άτομα. Οι δυνάμεις αυτές αλληλοεξουδετερώνονται και η συνισταμένη τους παραμένει συνήθως μηδέν. Τα άτομα ή μόρια της επιφάνειας δέχονται ελκτικές δυνάμεις μόνο προς το εσωτερικό του σώματος. Η συνισταμένη αυτών των δυνάμενων -η εσωτερική αυτή τάση- ονομάζεται επιφανειακή τάση. Η επιφανειακή τάση δείχνει το μέτρο της συνοχής των μορίων ή των ατόμων ενός σώματος και δρα στην επιφάνεια των υγρών κυρίως, ως μία μεμβράνη που προσπαθεί να ελαττώσει την επιφάνειά τους. Τα μόρια της επιφάνειας έχουν μία δυναμική ενέργεια, η οποία ονομάζεται επιφανειακή ενέργεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του σώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιφανειακή ενέργεια. Η σχέση αυτή εκφράζεται με τον τύπο ( $F=\gamma.S$ ), όπου  $\gamma$  η επιφανειακή τάση και  $S$  η επιφάνεια. Η επιφανειακή ενέργεια των στερεών μπορεί να μειωθεί από προσμίξεις που απορροφούνται από την επιφάνεια του υλικού (π.χ. αέρια, ιόντα κ.τ.λ.).

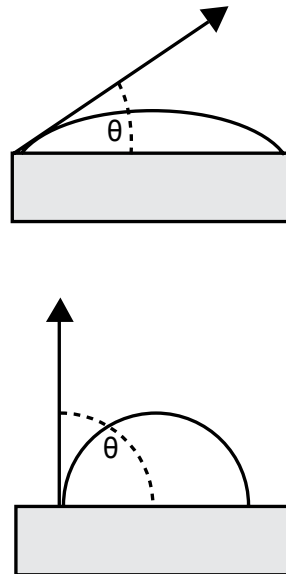
Η επιφανειακή τάση και η επιφανειακή ενέργεια εξηγούνται από το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής στον οποίο υπακούουν όλα τα σώματα. Σύμφωνα με αυτό το νόμο όλα τα σώματα τείνουν να υποβιβαστούν ενεργειακά. Η ενεργειακή αυτή υποβάθμιση γίνεται με τη μείωση της επιφάνειας. Μια και το σχήμα που έχει τη μικρότερη επιφάνεια για συγκεκριμένο όγκο είναι η σφαίρα, είναι κατανοητό γιατί όλα τα σώματα τείνουν να πάρουν σφαιρικό σχήμα. Αυτό είναι προφανές στα υγρά. Η ελάττωση της επιφάνειας των στερεών δεν είναι τόσο εύκολη όπως στα υγρά, γιατί δεν είναι εύκολη η μετακίνηση των μορίων. Η μετακίνηση αυτή απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα και υψηλή θερμοκρασία.

### 2.7.3 Διαβροχή

Είναι το φαινόμενο της ικανότητας εξάπλωσης ενός υγρού πάνω στην επιφάνεια ενός στερεού σώματος. Αυτό οφείλεται στην έλξη των μορίων του υγρού από τα μόρια της επιφάνειας του στερεού και εξαρτάται από την επιφανειακή τάση του υγρού και από την ελεύθερη ενέργεια της επιφάνειας του στερεού.

Στις περιπτώσεις λοιπόν, που οι δυνάμεις συνάφειας μεταξύ των μορίων της επιφάνειας του στερεού και των μορίων μιας σταγόνας υγρού είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις συνοχής των μορίων του υγρού, έχουμε διαβροχή της επιφάνειας. Όσο αυξάνει η διαφορά, τόσο καλύτερη είναι η διαβροχή. Υγρά με μεγάλες δυνάμεις συνεχείς (δηλαδή με μεγάλη επιφανειακή τάση), όπως ο υδράργυρος, διαβρέχουν πολύ δύσκολα μία επιφάνεια. Η ικανότητα διαβροχής της επιφάνειας ενός στερεού από ένα υγρό μας δίνεται από τη *γωνία επαφής* (*contact angle*). Αυτή είναι η γωνία που σχηματίζεται από την εφαπτομένη της σταγόνας του υγρού και της προσφυτικής επιφάνειας στο σημείο πρόσφυσης (Εικ. 2.2). Σε περίπτωση πλήρους διαβροχής η γωνία είναι  $0^\circ$ .

Η επιφανειακή τάση ενός υγρού σε συγκεκριμένη θερμοκρασία δεν αλλάζει. Για να βελτιωθεί η διαβροχή, πρέπει είτε να αυξηθεί η ελεύθερη ενέργεια της επιφάνειας του στερεού, είτε να αυξηθεί η θερμοκρασία του υγρού. Στη συγκόλληση δύο τμημάτων ενός μεταλλικού σκελετού, η πλήρης διαβροχή των επιφανειών από την κόλληση είναι προϋπόθεση της επιτυχίας. Για να βελτιωθεί η διαβροχή αυξάνεται η θερμοκρασία της συγκόλλησης, οπότε αυξάνεται η επιφανειακή ενέργεια της επιφάνειας του κράματος, αλλά αυξάνεται και η επιφανειακή τάση (ρευστής) κόλλησης με αποτέλεσμα την βελτίωση της ροής και την καλύτερη διαβροχή.



**Εικ. 2.2.** Σχηματική απεικόνιση της γωνίας επαφής μιας σταγόνας υγρού, με μια στερεή επιφάνεια

Επίσης η αυξημένη θερμοκρασία αυξάνει και άλλο την ήδη υψηλή ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια του κράματος, το οποίο, προσπαθώντας να τη μειώσει, προσροφά οξυγόνο δημιουργώντας επιφανειακά οξειδία. Για να αυξήσουμε την ελεύθερη ενέργεια της προς συγκόλληση επιφάνειας, προσθέτουμε βόρακα, ο οποίος έχει την τάση να απομακρύνει τα οξειδία. Σαν αποτέλεσμα αυξάνεται η ενέργεια των επιφανειών και επιτυγχάνεται καλύτερη διαβροχή τους από την κόλληση. Ένας άλλος τρόπος αύξησης της διαβροχής είναι η προσθήκη ουσιών, όπως ο φώσφορος και ο ψευδάργυρος στο κράμα της κόλλησης, με συνέπεια την αύξηση της ρευστότητας.

Στην επένδυση του δακτυλίου χύτευσης με πυρόχωμα, σημασία έχει η καλή διαβροχή του κέρινου ομοιώματος από το ρευστό πυρόχωμα. Το πυρόχωμα έχει συγκεκριμένη επιφανειακή τάση. Για τη βελτίωση της διαβροχής πρέπει να αυξηθεί η επιφανειακή ενέργεια του κεριού. Αυτό επιτυγχάνεται με την επάλειψη του κέρινου ομοιώματος με διαλύματα σαπουνιού.

## ■ 2.8 Οπτικές ιδιότητες

### 2.8.1 Χρώμα

Τα σώματα διακρίνονται σε *αυτόφωτα* και *ετερόφωτα*. Το χρώμα των αυτόφωτων σωμάτων οφείλεται στα φωτεινά κύματα που εκπέμπουν. Το χρώμα των ετερόφωτων σωμάτων οφείλεται στην ικανότητα ανάκλασης ή απορρόφησης του φωτός, που προσπίπτει σε αυτά από εξωτερικές πηγές.

Τα λευκό φως αναλύεται σε διαφορετικά χρώματα όταν περάσει μέσα από ένα πρίσμα και υποστεί διάθλαση (ουράνιο τόξο). Τα διάφορα χρώματα στα οποία αναλύεται το λευκό φως ονομάζονται *φάσμα* του φωτός. Το καθένα από αυτά τα χρώματα αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Τα διαφανή σώματα χρωματίζονται από το χρώμα της ακτινοβολίας, που επιτρέπουν να περάσει από μέσα τους. Τα αδιαφανή σώματα χρωματίζονται από το χρώμα της ακτινοβολίας που αντανακλούν.

### 2.8.2 Διαστάσεις χρώματος

Η κατανόηση της έννοιας του χρώματος είναι πολύ δύσκολη. Ως διαστάσεις έχουν οριστεί κάποια χαρακτηριστικά του χρώματος που βοηθούν να κατανοηθεί καλύτερα.

**Χροιά ή απόχρωση (Hue).** Η χροιά είναι το βασικό χρώμα ενός αντικείμενου (μπλε, κόκκινο, πράσινο κλπ) και καθορίζεται από το μήκος κύματος του φωτός. Περιγράφει την ποιότητα του χρώματος.

**Χρωματική πυκνότητα (Chroma).** Έχει σχέση με το πόσο κορεσμένο είναι ένα χρώμα. Εάν σε ένα μισογεμάτο ποτήρι με νερό προσθέσουμε μια σταγόνα κόκκινη μπογιά θα έχουμε ένα υγρό κόκκινου χρώματος. Αν προσθέσουμε και άλλο νερό θα έχουμε ένα υγρό με το ίδιο χρώμα (χροιά) αλλά λιγότερο πυκνό (χαμηλότερη χρωματική πυκνότητα). Ενώ λοιπόν η χροιά περιγράφει την ποιότητα του χρώματος, η χρωματική πυκνότητα περιγράφει την ποσότητα του χρώματος.

**Ένταση του χρώματος ή φωτεινότητα (Value).** Μας δείχνει πόσο λαμπρό ή σκοτεινό είναι ένα χρώμα. Τα χρώματα με υψηλή ένταση είναι πιο φωτεινά και πλησιάζουν προς το λευκό, ενώ τα χρώματα με χαμηλή ένταση είναι πιο σκοτεινά (λιγότερο φωτεινά) και πλησιάζουν το μαύρο. Η ένταση δεν εξαρτάται από την χροιά. Η ένταση είναι πολύ σημαντική στην οδοντιατρική γιατί το μάτι, ενώ δεν αντιλαμβάνεται εύκολα μικρές αποκλίσεις στην απόχρωση και στον κορεσμό, αντιλαμβάνεται με ακρίβεια την παραμικρή απόκλιση στην φωτεινότητα.

### 2.8.3 Μεταμερισμός

Μεταμερισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο αντικείμενα που έχουν το ίδιο χρώμα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες φωτισμού διαφέρουν στο χρώμα, όταν αλλάξουν οι συνθήκες φωτισμού. Το φαινόμενο αυτό έχει πολύ μεγάλη σημασία στην οδοντιατρική, γιατί μπορεί ένα δόντι και μια προσθετική αποκατάσταση να έχουν το ίδιο χρώμα στο ιατρείο με τον τεχνητό φωτισμό αλλά διαφορετικό χρώμα στο φως της ημέρας. Γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία η επιλογή του κατάλληλου φωτισμού στο ιατρείο και στο εργαστήριο. Το φαινόμενο του μεταμερισμού δεν μπορεί να εξαλειφθεί, μπορεί όμως να μειωθεί σημαντικά.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Ο** τελικός αποδέκτης των προσθετικών κατασκευών είναι ο ασθενής και όλες οι οδοντιατρικές και οδοντοτεχνικές εργασίες πρέπει να γίνονται με γνώμονα την καλύτερη δυνατή συμπεριφορά των κατασκευών αυτών στο στόμα. Οι ιδιότητες των οδοντιατρικών υλικών αποτελούν κριτήριο για την συμπεριφορά των υλικών.

Η σταθερότητα των διαστάσεων είναι μια ιδιότητα απαραίτητη σε όλα τα οδοντιατρικά υλικά που έχει άμεση σχέση με την ακρίβεια των προσθετικών αποκαταστάσεων. Η θερμική αγωγιμότητα είναι σημαντική ως μέτρηση του κρύου και του ζεστού που περνάει στους ιστούς που βρίσκονται κάτω από την προσθετική αποκατάσταση. Οι ηλεκτροχημικές ιδιότητες είναι σημαντικές, διότι η παρουσία των γαλβανικών ρευμάτων είναι ενοχλητική για τον ασθενή, και η διάβρωση μειώνει το χρόνο ζωής της προσθετικής κατασκευής. Η διαβροχή των οδοντιατρικών υλικών είναι σημαντική και για τις ενδοστοματικές εργασίες, όπως τα αποτυπώματα, αλλά και για τις εργαστηριακές εργασίες, όπως η κατασκευή των εκμαγείων και η επένδυση των κέρινων προτύπων με πυρόχωμα.

Οι μηχανικές ιδιότητες, όπως σκληρότητα, αντοχή, ελαστικότητα, καθορίζουν τις τάσεις που μπορεί ένα υλικό να δεχθεί μέσα στο στόμα και από αυτές κρίνεται σε μεγάλο βαθμό η επιτυχία μιας προσθετικής αποκατάστασης.

Η καλή γνώση του χρώματος και των υλικών αισθητικής επικάλυψης των προσθετικών αποκαταστάσεων συντελεί στην κατασκευή αισθητικών αποδεκτών προσθετικών αποκαταστάσεων.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια τα είδη των ατομικών δεσμών;
2. Ποιες οι καταστάσεις της ύλης;
3. Τι ονομάζεται κρυσταλλικό και τι άμορφο σώμα;
4. Τι ονομάζεται ελαστική και τι πλαστική παραμόρφωση;
5. Τι είναι το όριο αναλογίας;
6. Τι είναι το όριο ελαστικότητας;
7. Τι εκφράζει το μέτρο ελαστικότητας;
8. Τι ονομάζεται όριο διαρροής;
9. Τι ονομάζεται όριο θραύσης;
10. Τι είναι η ολκιμότητα και τι η ψαθυρότητα ενός υλικού;
11. Τι ονομάζεται κόπωση ενός υλικού;
12. Τι ονομάζεται ερπυσμός;
13. Τι ονομάζεται ιξώδες ενός υγρού;
14. Ποια η σημασία του συντελεστή θερμικής διαστολής στην οδοντοτεχνική;
15. Τι ονομάζεται διάβρωση;
16. Πού αναπτύσσονται οι δυνάμεις συνοχής και πού οι δυνάμεις συνάφειας;
17. Τι είναι η διαβροχή, πού οφείλεται και από τι εξαρτάται;
18. Ποιες οι διαστάσεις του χρώματος;
19. Τι είναι ο μεταμερισμός; Δώστε ένα παράδειγμα.



### ■ 3.1 Εισαγωγή

Για να κατασκευάσει ο οδοντοτεχνίτης μια προσθετική εργασία πρέπει να έχει στη διάθεσή του κάποιο ομοίωμα της στοματικής κοιλότητας του ασθενούς που να αναπαριστά όλα τα απαραίτητα ανατομικά μέρη, όπως δόντια, φατνιακές ακρολοφίες κ.τ.λ. Το ομοίωμα αυτό πρέπει να είναι ακριβές αντίγραφο των ανατομικών μορίων του ασθενούς και κατασκευάζεται ως εξής:

Με τη χρήση των αποτυπωτικών υλικών κατασκευάζουμε ένα αποτύπωμα (Εικ. 3.1). Το αποτύπωμα είναι ένα αρνητικό εντύπωμα ενός ή περισσότερων ανατομικών μορίων της στοματικής κοιλότητας. Ακολούθως χρησιμοποιούμε το αποτύπωμα για την κατασκευή ενός θετικού ομοιώματος των ανατομικών μορίων. Το θετικό αυτό ομοίωμα ονομάζεται εκμαγείο και συνήθως είναι κατασκευασμένο από γύψο (Εικ. 3.2).



**Εικ. 3.1.** Αποτύπωμα άνω γνάθου





**Εικ. 3.2.** Εκμαγείο άνω γνάθου

Η κατασκευή των αποτυπωμάτων είναι αποκλειστική δουλειά του οδοντίατρου. Γίνεται με τη βοήθεια του αποτυπωτικού δισκαρίου (Εικ. 3.3, 3.4 και 3.5) και του αποτυπωτικού υλικού. Ο οδοντοτεχνίτης παραλαμβάνει το αποτύπωμα έτοιμο και αναλαμβάνει την κατασκευή του εκμαγείου και της προσθετικής εργασίας. Ο σύγχρονος οδοντοτεχνίτης πρέπει να γνωρίζει καλά τα υλικά με τα οποία εργάζεται, αλλά και να γνωρίζει το χειρισμό των υλικών που του αποστέλλει ο οδοντίατρος. Έτσι επιτυγχάνεται μια αρμονική συνεργασία για το καλό του ασθενούς.

Οι ιδιότητες που πρέπει να διαθέτει ένα ιδανικό αποτυπωτικό υλικό, και αφορούν τον οδοντοτεχνίτη, είναι οι ακόλουθες:

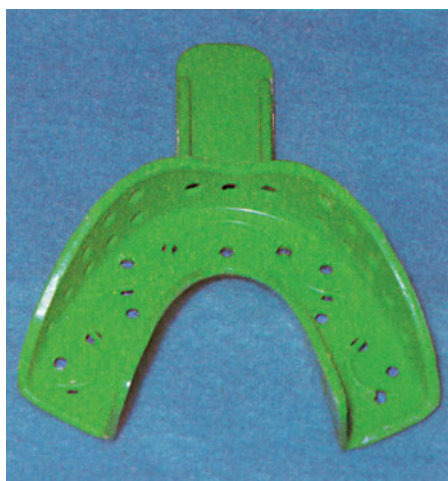
1. Να παρέχει ακριβή αποτύπωση, ώστε να αποδίδει σωστά τις λεπτομέρειες.
2. Να διατηρεί σταθερές τις διαστάσεις του, κάτω από τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν στο ιατρείο και στο εργαστήριο, για χρονικό διάστημα τέτοιο, που να επιτρέπει την κατασκευή του εκμαγείου.
3. Να είναι συμβατό με τα υλικά κατασκευής των εκμαγείων.
4. Να μπορεί να απολυμανθεί, χωρίς να επηρεάζεται η ακρίβεια της αποτύπωσης.
5. Να μην απελευθερώνονται παραπροϊόντα κατά τον πολυμερισμό του υλικού ή κατά την πήξη της γύψου.

6. Να μπορεί να επιμεταλλωθεί.

Ο οδοντοτεχνίτης πρέπει να γνωρίζει καλά τον χειρισμό των αποτυπωμάτων που παίρνει από τον οδοντίατρο. Ο χειρισμός αυτός διαφέρει ανάλογα με το αποτυπωτικό υλικό. Μερικά στάδια όμως είναι κοινά για όλα τα υλικά. Το σημαντικότερο ίσως στάδιο είναι η απολύμανση των αποτυπωμάτων. Τα αποτυπώματα που έρχονται από τον οδοντίατρο μπορεί να έχουν ήδη απο-



**Εικ. 3.3.** Αποτυπωτικό δισκάριο εμπορίου (μεταλλικό)



**Εικ. 3.4.** Αποτυπωτικό δισκάριο εμπορίου (πλαστικό-μιας χρήσης)



**Εικ. 3.5.** Αποτυπωτικό δισκάριο (ατομικό)

λυμανθεί στο ιατρείο. Αν δεν έχουν πρέπει οπωσδήποτε να απολυμαίνονται στο εργαστήριο πριν την κατασκευή των εκμαγείων.

### ■ 3.2 Ταξινόμηση αποτυπωτικών υλικών

Τα αποτυπωτικά υλικά μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους. Η συνηθέστερη ίσως κατάταξη είναι αυτή που γίνεται με βάση την ελαστικότητα και την αμφίδρομη ή μη αντίδραση πήξης (Πίνακας 3.1). Επίσης χρησιμοποιούνται και άλλες συμπληρωματικές κατατάξεις. Για παράδειγμα, τα αντιστρεπτά υλικά, που η μετάβαση από την μια κατάσταση στην άλλη επιτυγχάνεται με την αλλαγή της θερμοκρασίας, ονομάζονται θερμοπλαστικά. Τα ελαστικομερή μπορούμε να τα κατατάξουμε με βάση τη σύστασή τους σε λεπτόρρευστα, μέσης ρευστότητας, παχύρρευστα και στοκκώδη.

<b>Πίνακας 3.1</b>	<b>Κατάταξη Αποτυπωτικών Υλικών</b>
<b>Μη ελαστικά - Αντιστρεπτά</b> Θερμοπλαστικό Γουταπέρκα Κερί	<b>Μη ελαστικά - Μη αντιστρεπτά</b> Απτυπωτική Γύψος Φύραμα ZnO - Ευγενόλης Συνθετικές Ρητίνες
<b>Ελαστικά - Αντιστρεπτά</b> Άγαρ - άγαρ	<b>Ελαστικά - Μη Αντιστρεπτά</b> Αλγινικό Ελαστικομερή Πολυσουλφίδια ή Μερκαπτάνες Σιλικόνες Πολυαιθέρες

### ■ 3.3 Θερμοπλαστικό

Το θερμοπλαστικό είναι από τα παλαιότερα αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην Οδοντιατρική. Εκτός από την λήψη αποτυπωμάτων χρησιμοποιείται παλαιότερα και για την κατασκευή δισκαρίων αποτύπωσης, βασικών πλακών κ.τ.λ. Σήμερα στις πιο πολλές εφαρμογές έχει αντικατασταθεί από άλλα υλικά, όπως το ακρυλικό.

#### Σύσταση

Το θερμοπλαστικό για οδοντιατρική χρήση περιέχει ρητίνες, κεριά, ενισχυτικές ουσίες και ελάχιστες ποσότητες χρώματος. Κυκλοφορεί σε

πλάκες ή ραβδία και σε διάφορα χρώματα όπως άσπρο, πράσινο, καφέ και μαύρο.

### Ιδιότητες

Το θερμοπλαστικό είναι υλικό αντιστρεπτό, που σημαίνει ότι μπορεί να μεταπίπτει από την ρευστή κατάσταση στη στερεή και αντιστρόφως. Η μετάπτωση αυτή γίνεται, όπως λέει και το όνομά του, με τη βοήθεια της θερμότητας. Έτσι όταν θερμανθεί το θερμοπλαστικό μαλακώνει και όταν ψυχθεί σκληραίνει.

Το θερμοπλαστικό είναι υλικό μη ελαστικό. Αυτό σημαίνει, ότι όταν πήξει, είναι δύσκαμπτο και δεν έχει καμία ελαστικότητα.

### Πλεονεκτήματα

Το θερμοπλαστικό είναι υλικό οικονομικό, εύχρηστο και μπορεί να αποθηκευτεί, πριν τη χρησιμοποίησή του, για απεριόριστο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθεί. Δεν απαιτείται ατομικό δισκάριο. Εκτός από αποτυπωτικό υλικό έχει αρκετές εφαρμογές και στην καθημερινή εργαστηριακή πράξη.

### Μειονεκτήματα

Είναι υλικό μη ελαστικό και δε μπορεί να αποτυπώσει περιοχές με έντονες εσοχές. Είναι ευαίσθητο στις αλλαγές θερμοκρασίας. Δεν έχει μεγάλη ακρίβεια στην αποτύπωση και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό τελικού αποτυπώματος. Συχνά χρειάζεται να καταστρέψουμε το αποτύπωμα κατά την αφαίρεση του εκμαγείου.

### Χρήσεις

Επειδή το θερμοπλαστικό είναι μη ελαστικό δε μπορεί να αφαιρεθεί από τα δόντια όταν πήξει. Γι' αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στην κινητή προσθετική για αρχικά αποτυπώματα ολικών οδοντοστοιχιών και για τη διαμόρφωση των ορίων του ατομικού δισκαρίου (τμηματική θέρμανση) των τελικών αποτυπωμάτων. (Εικ. 3.6)



**Εικ. 3.6.** Διαμόρφωση ορίων ατομικού δισκαρίου με θερμοπλαστικό

Όταν έρχεται ένα αποτύπωμα από θερμοπλαστικό στο εργαστήριο πρέπει να το απολυμάνουμε, να το εγκιβωτίσουμε και να κατασκευάσουμε το εκμαγείο. Προσοχή απαιτείται στο θερμοπλαστικό, να μην το τοποθετούμε σε σημεία με υψηλή θερμοκρασία, διότι έτσι θα καταστραφεί το αποτύπωμα. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται στην αφαίρεση της πηγμένης γύψου από το αποτύπωμα. Το θερμοπλαστικό είναι πολύ σκληρό με αποτέλεσμα το εκμαγείο να μην αφαιρείται εύκολα, ιδιαίτερα σε περιοχές που παρουσιάζουν εσοχές, και να κινδυνεύει να σπάσει. Γι' αυτό συχνά εμβαπτίζουμε το αποτύπωμα μαζί με το εκμαγείο σε μπολ με ζεστό νερό, για να μαλακώσει το θερμοπλαστικό υλικό και να αφαιρεθεί το εκμαγείο χωρίς κίνδυνο.

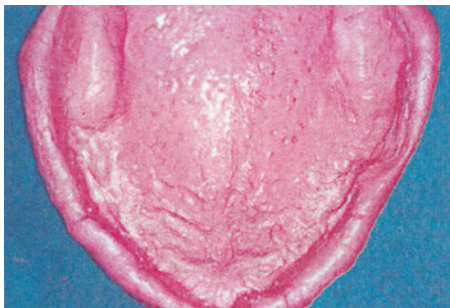
Το θερμοπλαστικό ελάχιστα χρησιμοποιείται σήμερα για την κατασκευή ατομικών δισκαρίων ή βασικών πλακών λόγω της ευαισθησίας του στην θερμοκρασία και της ευθραυστότητάς του, και έχει σχεδόν πλήρως αντικατασταθεί από την ακρυλική ρητίνη.

### ■ 3.4 Φύραμα οξειδίου του ψευδαργύρου και ευγενόλης (ZnOE)

Το φύραμα ZnOE χρησιμοποιείται στην Οδοντιατρική από το 1930. Κυρίως χρησιμοποιείται για την κατασκευή τελικών αποτυπωμάτων ολικών οδοντοστοιχιών με τη βοήθεια ατομικών δισκαρίων (Εικ.3.7). Σήμερα έχει σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά.

#### Σύσταση

Το φύραμα ZnOE προσφέρεται σε δύο σωληνάκια που το ένα περιέχει την ευγενόλη (E), ενώ το άλλο περιέχει το οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO). Η ευγενόλη είναι που δίνει την χαρακτηριστική μυρωδιά στα αποτυπώματα από ZnOE.



**Εικ. 3.7.** Αποτύπωμα από φύραμα ZnOE

#### Ιδιότητες

Το φύραμα ZnOE είναι υλικό μη αντιστρεπτό, άρα από τη στιγμή που θα πήξει δεν επιδέχεται καμία αλλαγή. Είναι μη ελαστικό και τα αποτυπώματα εύθρυπτα και δύσκαμπτα.

Το φύραμα ZnOE είναι αρκετά ρευστό μετά από την ανάμειξη και για την αποτύπωση απαιτείται ατομικό δισκάριο. Παρουσιάζει ικανοποιητική προσκόλληση στο δισκάριο και γι' αυτό δεν χρειάζεται συγκολλητική ουσία στο δισκάριο ή οπές συγκράτησης.

Το φύραμα ZnOE, 30 λεπτά μετά από την πήξη του, παρουσιάζει συστολή από 0,1 έως και 3%. Μετά την πάροδο 24 ωρών δεν παρατηρείται καμία μεταβολή.

### **Πλεονεκτήματα**

Δίνει αποτυπώματα με καλή ακρίβεια, τα οποία έχουν σταθερότητα διαστάσεων. Είναι σχετικά οικονομικό. Μπορεί να αποτυπώσει καλά τον βλεννογόνο των νωδών ασθενών. Κατά την τοποθέτηση της γύψου στο αποτύπωμα δεν χρειάζεται διαχωριστικό.

### **Μειονεκτήματα**

Η ευγενόλη είναι ερεθιστική στους ιστούς των ασθενών και έχει έντονη χαρακτηριστική οσμή. Είναι μη ελαστικό μετά την πήξη του και δε μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα από τις εσοχές. Είναι υλικό εύθρυπτο.

### **Χρήσεις**

Επειδή το φύραμα ZnOE είναι μη ελαστικό υλικό, δε μπορεί να αφαιρεθεί από τα δόντια και από τις εσοχές του στόματος όταν πήξει. Γι' αυτό η χρήση του περιορίζεται στα τελικά αποτυπώματα των ολικών οδοντοστοιχιών.

Όταν έρχεται ένα αποτύπωμα από φύραμα ZnOE στο εργαστήριο πρέπει να το απολυμάνουμε, να το εγκιβωτίσουμε και να κατασκευάσουμε το εκμαγείο. Τα εκμαγεία, στα αποτυπώματα από ZnOE, κατασκευάζονται αποκλειστικά από γύψο. Πολλές φορές όταν, αφαιρείται το εκμαγείο από το αποτύπωμα, μπορεί το αποτύπωμα να καταστραφεί.

## **■ 3.5 Υδροκολλοειδή**

Τα υδροκολλοειδή αποτυπωτικά υλικά στην οδοντιατρική διακρίνονται στα αντιστρεπτά (Άγαρ-άγαρ) και στα μη αντιστρεπτά (αλγινικό).



### 3.5.1 Άγαρ-άγαρ



**Εικ. 3.8.** Αποτύπωμα από άγαρ-άγαρ

Το Άγαρ-άγαρ ήταν το πρώτο ελαστικομερές αποτυπωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην οδοντιατρική (Εικ. 3.8). Συχνά ονομάζεται και *αντιστρεπτό υδροκολλοειδές*.

Επί χρόνια χρησιμοποιείται και στην οδοντοτεχνική ως υλικό ανατύπωσης των εκμαγείων κατασκευής σκελετών των μερικών οδοντοστοιχιών. Σήμερα έχει αρχίσει προοδευτικά να περιορίζεται η χρήση του και να αντικαθίσταται από τις σιλικόνες.

#### Σύσταση

Το Άγαρ-άγαρ αποτελείται από 12-15% άγαρ, διάφορα πρόσθετα και 80-85% νερό.

#### Ιδιότητες

Το Άγαρ-άγαρ είναι υλικό αντιστρεπτό. Στη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι σε μορφή πηκτής (gel). Όταν θερμανθεί στους 100°C μεταπίπτει σε μια ημίρρευστη κατάσταση όπου ονομάζεται sol. Όταν η θερμοκρασία πέσει στους 37°C τότε το υλικό μετατρέπεται πάλι σε gel. Κλινικά η μείωση αυτή της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών δισκαρίων που ψύχονται με τη διέλευση νερού μέσα από αυτά.

Το υδροκολλοειδές έχει εξαιρετική ακρίβεια αναπαραγωγής των λεπτομερειών. Εάν όμως μείνει στον αέρα, αρχίζει απώλεια του νερού από τη μάζα του υλικού, το οποίο αποτελείται από 85% περίπου νερό. Η απώλεια αυτή του νερού έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των διαστάσεων του αποτυπώματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *ρίκνωση*. Εάν το αποτύπωμα τοποθετηθεί μέσα σε νερό, τότε διαστέλλεται, διότι απορροφά νερό. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *σπάργωση*. Για να αποφευχθεί η μεταβολή των διαστάσεων επιβάλλεται η κατασκευή του εκμαγείου αμέσως. Όπως είναι προφανές δεν μπορεί να κατασκευαστεί δεύτερο εκμαγείο από το ίδιο αποτύπωμα, διότι μέχρι να πήξει το πρώτο εκμαγείο, θα έχουν μεταβληθεί οι διαστάσεις του αποτυπώματος.

Το Άγαρ-άγαρ είναι υδρόφιλο υλικό, πράγμα που το κάνει εξαιρετικό για

οδοντιατρική χρήση, αφού δεν επηρεάζεται από την υγρασία και το σάλιο του στόματος. Έχει καλή ελαστικότητα και μπορεί να αποτυπώνει εύκολα περιοχές με έντονες εσοχές.

### **Πλεονεκτήματα**

Είναι υδρόφιλο, ελαστικό και έχει εξαιρετική ακρίβεια αποτύπωσης. Είναι υλικό πάρα πολύ φθινό.

### **Μειονεκτήματα**

Απαιτείται ειδικός εξοπλισμός από τον οδοντίατρο. Παρουσιάζει τα φαινόμενα της ρίκνωσης και της σπάργωσης. Δε μπορεί να κατασκευαστεί δεύτερο εκμαγείο από το ίδιο αποτύπωμα. Χρειάζεται προσοχή στην απολύμανση με διαλύματα.

### **Χρήσεις**

Το Άγαρ-άγαρ, παρά τις εξαιρετικές του υδρόφιλες ιδιότητες που το κάνουν ιδανικό υλικό για αποτύπωση μέσα στο υγρό στοματικό περιβάλλον, δε χρησιμοποιείται ευρέως από τους οδοντιάτρους σήμερα. Τα φαινόμενα της ρίκνωσης και της σπάργωσης που παρουσιάζει δημιουργούν προβλήματα στην κατασκευή του εκμαγείου. Είναι πρακτικά αδύνατον το αποτύπωμα να μεταφερθεί από το οδοντιατρείο στο εργαστήριο χωρίς να μεταβληθούν οι διαστάσεις του. Πρέπει το εκμαγείο να κατασκευάζεται αμέσως μετά τη λήψη του αποτυπώματος. Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάζει είναι η δυσκολία απολύμανσής του. Επειδή απορροφά νερό, δε μπορούμε να το εμβαπτίσουμε σε απολυμαντικό διάλυμα επί πάρα πολλή ώρα. Θα πρέπει είτε να απολυμανθεί σε ισχυρό αντισηπτικό διάλυμα για σύντομο χρονικό διάστημα, είτε να απολυμανθεί με κάποιο άλλο τρόπο όπως ψεκασμό με απολυμαντικό κ.τ.λ. Το εκμαγείο πρέπει να αφαιρείται από το αποτύπωμα μόλις ολοκληρωθεί η πήξη της γύψου, διότι αλλιώς, το άγαρ-άγαρ που λόγω της ρίκνωσης έχει χάσει νερό, απορροφά νερό από τη γύψο με αποτέλεσμα η επιφάνεια του εκμαγείου να γίνεται ψαθυρή και εύθρυπτη.

Στην οδοντοτεχνική το άγαρ-άγαρ χρησιμοποιείται επί σειρά ετών στην ανατύπωση των εκμαγείων για την κατασκευή των μεταλλικών σκελετών των μερικών οδοντοστοιχιών. Το αντιστρεπτό υδροκολλοειδές που χρησιμοποιείται στην οδοντοτεχνική είναι παρόμοιο με τη μορφή του αποτυπωτικού υλικού, αλλά οι συσκευασίες διαφέρουν. Η χρησιμότητά του οφείλεται στο γεγονός ότι



είναι αντιστρεπτό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές. Επίσης έχει χαμηλό κόστος και μεγάλη ακρίβεια αναπαραγωγής λεπτομερειών. Σήμερα και στην οδοντοτεχνική αρχίζει να εκτοπίζεται από άλλα υλικά.

### 3.5.2 Αλγινικό

Το αλγινικό χρησιμοποιείται από τη δεκαετία του 1930 και είναι σήμερα ένα από τα πιο διαδεδομένα αποτυπωτικά υλικά. Είναι υδροκολλοειδές, όπως και το άγαρ-άγαρ, αλλά είναι μη αντιστρεπτό. Συγκρινόμενο με το άγαρ-άγαρ πλεονεκτεί, διότι δεν χρειάζεται ειδικά δισκάρια και εξοπλισμό.

#### Σύσταση

Το αλγινικό υδροκολλοειδές αποτελείται από σκόνη που περιέχει άλατα αλγινικού νατρίου ή καλίου. Η σκόνη αναμινύεται με νερό. Η πήξη του αλγινικού οφείλεται σε χημική αντίδραση και όχι μεταβολή της θερμοκρασίας όπως στο άγαρ-άγαρ.

#### Ιδιότητες

Το αλγινικό υδροκολλοειδές έχει πολλές κοινές ιδιότητες με το άγαρ-άγαρ. Παρουσιάζει και αυτό τα φαινόμενα της *σπάργωσης* (προσρόφηση νερού) και της *ρίκνωσης* (αποβολή νερού). Γι' αυτό πρέπει το εκμαγείο να κατασκευάζεται αμέσως μόλις το αποτύπωμα αφαιρεθεί από το στόμα του ασθενούς από τον οδοντίατρο.

Το αλγινικό έχει καλή ελαστικότητα, ευκαμψία και αντοχή στη θλίψη. Δεν έχει όμως καλή αντοχή στον εφελκυσμό με αποτέλεσμα να σχίζεται εύκολα, ιδιαίτερα στα μεσοδόντια διαστήματα. Το γεγονός αυτό το κάνει ακατάλληλο για αποτύπωση σε ακίνητη προσθετική εργασία.

Το αλγινικό υδροκολλοειδές μπορεί να αποτυπώσει ικανοποιητικά τις λεπτομέρειες, αλλά υπολείπεται σε ακρίβεια του άγαρ-άγαρ και των ελαστικομερών αποτυπωτικών υλικών. Σε αντίθεση με το άγαρ-άγαρ το αλγινικό είναι μη αντιστρεπτό.

#### Πλεονεκτήματα

Το αλγινικό υδροκολλοειδές είναι υλικό με υδρόφιλο χαρακτήρα, ελαστικότητα και καλή αντοχή στη θλίψη. Αποτυπώνει καλά τις λεπτομέρειες, έχει χαμηλό κόστος και δεν χρειάζεται ειδικό εξοπλισμό από τον οδοντίατρο. Έχει ανεκτή γεύση και οσμή.

### Μειονεκτήματα

Παρουσιάζει τα φαινόμενα της ρίκνωσης και της σπάργωσης. Ως αποτέλεσμα δεν μπορεί να κατασκευαστεί δεύτερο εκμαγείο από το ίδιο αποτύπωμα και χρειάζεται προσοχή στην απολύμανση με διαλύματα. Έχει μικρή αντοχή στην απόσχιση.

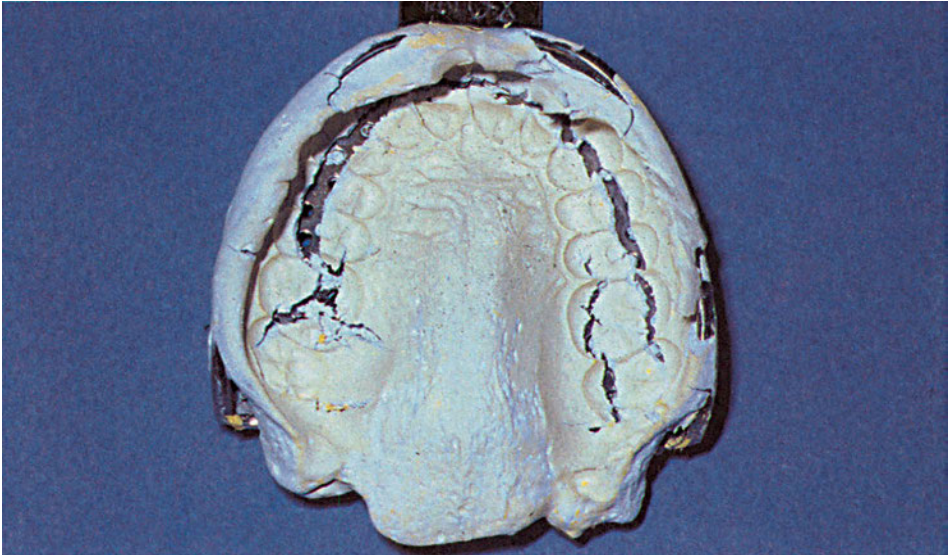
### Χρήσεις

Το αλγινικό χρησιμοποιείται ευρέως για την κατασκευή αρχικών διαγνωστικών αποτυπωμάτων (Εικ. 3.9). Από αυτά κατασκευάζονται τα αρχικά διαγνωστικά εκμαγεία. Αυτά ονομάζονται και εκμαγεία μελέτης ή εκμαγεία προτέρας κατάστασης του ασθενούς ανάλογα με τη χρησιμότητά τους. Χρησιμοποιείται και για αποτυπώματα μερικών οδοντοστοιχιών.



**Εικ. 3.9.** Αποτύπωμα από αλγινικό

Το εκμαγείο πρέπει να κατασκευάζεται αμέσως μετά από την λήψη του αποτυπώματος αλγινικού (Εικ 3.10). Συχνά είναι πρακτικά αδύνατο να μεταφερθεί το αποτύπωμα από το ιατρείο στο εργαστήριο γιατί μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Η τοποθέτηση του αποτυπώματος σε νερό πρέπει να αποφεύγεται, γιατί το αλγινικό θα προσροφήσει νερό (σπάργωση). Τα αποτυπώματα πρέπει να καθαρίζονται από τυχόν υπολείμματα σάλιου ή αίματος, μια και αυτά τα υγρά παρεμβαίνουν στην πήξη της γύψου. Αφού το αποτύπωμα πλυθεί σχολαστικά, απολυμαίνεται, ξεπλένεται με νερό και στεγνώνεται με αέρα. Πολλή προσοχή πρέπει να δίνεται στο στέγνωμα των αλγινικών αποτυπωμάτων, διότι, εάν στεγνωθούν πολύ αποξηραίνονται και αυτό οδηγεί σε αλλοίωση των διαστάσεών τους. Εάν δεν απομακρυνθεί το νερό επιμελώς, ιδιαίτερα από τα εντυπώματα των φυμάτων, το γύψινο εκμαγείο γίνεται πιο εύθρυπτο σε αυτές τις περιοχές. Το εκμαγείο πρέπει να αφαιρείται από το αποτύπωμα μόλις ολοκληρωθεί η πήξη της γύψου διότι το αποτύπωμα χάνει την υγρασία του και απορροφά υγρασία από τη γύψο του εκμαγείου. Επίσης το αλγινικό με την απώλεια νερού χάνει την ελαστικότητά του και συρρικνώνεται με αποτέλεσμα να κινδυνεύει το εκμαγείο να σπάσει κατά την αφαίρεσή του από το αποτύπωμα.



**Εικ. 3.10.** Αποτύπωμα από αλγινικό μετά την πάροδο 12 ωρών. Είναι εμφανής η μεγάλη ρίκνωση που έχει υποστεί.

Η απολύμανση των αποτυπωμάτων αλγινικού παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με αυτά του άγαρ-άγαρ. Πρέπει να απολυμαίνονται είτε σε ισχυρό αντισηπτικό διάλυμα για σύντομο χρονικό διάστημα είτε με κάποιο άλλο τρόπο όπως ψεκασμό με απολυμαντικό κ.τ.λ.

### ■ 3.6 Ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά

Ελαστικό χαρακτηρίζεται ένα υλικό, το οποίο παραμορφώνεται κάτω από την άσκηση πίεσης, αλλά επανέρχεται στην προηγούμενη κατάσταση μόλις η πίεση παύσει. Τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά διαθέτουν αυτή την ελαστικότητα, ιδιότητα απαραίτητη για την αφαίρεση του δισκαρίου από το στόμα και από τις υποσκαφές που παρουσιάζουν τα δόντια.

Τα πρώτα ελαστικά αποτυπωτικά υλικά, υπήρξαν τα *πολυσουλφίδια* ή *ελαστικομερή υλικά της μερκαππάνης*, που πρωτοεμφανίστηκαν την δεκαετία του 1950. Σε μικρό χρονικό διάστημα μετά από την εμφάνιση των πολυσουλφιδίων μια νέα ομάδα ελαστικών αποτυπωτικών υλικών, οι *σιλικόνες συμπύκνωσης*, εισάγεται στην οδοντιατρική. Η ευκολία χρήσης τους τις κάνει αμέσως ευρέως αποδεκτές. Βασικό όμως πρόβλημα των σιλικονών συμπύκνωσης είναι η μεταβολή των διατάσεών τους. Οι *πολυαιθέρες* αποτελούν την

τρίτη ομάδα ελαστικομερών υλικών και εμφανίστηκαν το 1969. Βασικό τους πλεονέκτημα είναι η ακριβής αναπαραγωγή των λεπτομερειών των δοντιών. Η τελευταία ομάδα ελαστικών αποτυπωτικών υλικών είναι οι *πολύ-βινύλ σιλοξάνες ή σιλικόνες προσθήκης*, που ανακαλύφθηκαν προς το τέλος της δεκαετίας του 1970. Παρουσιάζουν ένα σημαντικό αριθμό πλεονεκτημάτων και σήμερα είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο αποτυπωτικό υλικό.

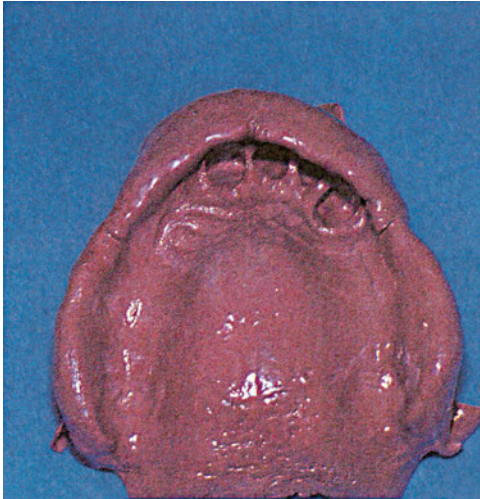
Οι τέσσερις ομάδες που προαναφέρθηκαν αποτελούν την κατηγορία των ελαστικομερών αποτυπωτικών υλικών, στην οποία ανήκει ένας μεγάλος αριθμός προϊόντων που χρησιμοποιούνται ευρύτατα από τους οδοντιάτρους και με τα οποία καλούνται οι οδοντοτεχνίτες να εργαστούν καθημερινά στο εργαστήριο.

Τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά πολυμερίζονται με δύο διαφορετικούς τρόπους: 1) *Με πολυμερισμό προσθήκης* (Addition Polymerization) και 2) *Με πολυμερισμό συμπύκνωσης* (Condensation Polymerization). Τα υλικά που πολυμερίζονται με πολυμερισμό προσθήκης είναι πιο σταθερά, δεν μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους, και συχνά εμφανίζουν μεγαλύτερη ακρίβεια αναπαραγωγής λεπτομερειών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ελαστικομερή υλικά.

Εκτός από τους προαναφερθέντες τρόπους κατάταξης τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά ταξινομούνται και με βάση το ιξώδες τους. Η κατάταξη αυτή έχει κυρίως κλινική σημασία για τους οδοντιάτρους και δεν παίζει σημαντικό ρόλο στο χειρισμό του αποτυπώματος από τον οδοντοτεχνίτη. Με βάση το ιξώδες τους τα διακρίνουμε σε χαμηλού ιξώδους (low viscosity) ή λεπτόρρευστα, σε μέσου ιξώδους (medium viscosity) ή μέσης ρευστότητας και σε υψηλού ιξώδους (high viscosity) ή παχύρρευστα. Οι σιλικόνες διατίθενται και σε πολύ υψηλό ιξώδες (very high viscosity) ή αλλιώς ονομαζόμενη ζυμώδη ή στοκκώδη μορφή (putty). Οι σιλικόνες συμπύκνωσης διατίθενται σε λεπτόρρευση και στοκκώδη μορφή.

### 3.6.1 Πολυσουλφίδια ή ελαστικομερή της μερκαπτάνης

Οι μερκαπτάνες σήμερα έχουν περιορισμένη χρήση στην ακίνητη προσθετική. Πιο πολύ χρησιμοποιούνται στην κινητή προσθετική για αποτυπώματα ολικών ή μερικών οδοντοστοιχιών (Εικ. 3.11).



**Εικ. 3.11.** Αποτύπωμα από πολυσουλφίδιο

### Σύσταση

Οι μερκαπτάνες διατίθενται σε μορφή φυραμάτων (πάστας) μέσα σε 2 σωληνάρια. Το ένα σωληνάριο αναγράφει την ονομασία βάση και το άλλο καταλύτης. Η βάση περιέχει ενώσεις θείου, γι' αυτό η μυρωδιά των υλικών αυτών είναι όμοια με αυτή του υδρόθειου. Η χημική αντίδραση είναι πολυμερισμός τύπου συμπύκνωσης και έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ύδατος ως παραπροϊόντος

### Ιδιότητες

Οι μερκαπτάνες είναι ελαστικά μη αντιστρεπτά αποτυπωτικά υλικά. Ανάλογα με το ιξώδες διακρίνονται σε πυκνόρρευστες, λεπτόρρευστες και μέσης ρευστότητας. Μετά την ανάμειξη είναι αρκετά ρευστές και για την αποτύπωση χρειάζεται ατομικό δισκάριο. Οι μερκαπτάνες είναι υλικά υδρόφοβα και απαιτείται στεγνό περιβάλλον κατά την αποτύπωση.

Η ύπαρξη ύδατος ως παραπροϊόντος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των διαστάσεων των αποτυπωμάτων με την πάροδο της ώρας. Η συστολή μετά την πάροδο 24 ωρών μπορεί να φτάσει και το 0,4%, γι' αυτό και η κατασκευή των εκμαγείων δεν πρέπει να καθυστερεί. Παρ' όλα αυτά οι μερκαπτάνες διατηρούν τις διαστάσεις τους καλύτερα από τις σιλικόνες συμπύκνωσης.

### Πλεονεκτήματα

Οι μερκαπτάνες έχουν καλή ακρίβεια αναπαραγωγής λεπτομερειών, καλή ελαστική συμπεριφορά και καλή ογκομετρική σταθερότητα. Διαθέτουν μεγάλο χρόνο εργασίας (διευκολύνεται η αποτύπωση πολλαπλών παρασκευών εντός του στόματος). Έχουν χαμηλότερο κόστος από τα άλλα ελαστικομερή. Μπορούν να επιμεταλλωθούν.

### Μειονεκτήματα

Τα πολυσουλφίδια έχουν μεγάλο χρόνος πήξης, πράγμα που μπορεί να είναι και μειονέκτημα μερικές φορές. Έχουν πολύ δυσάρεστη μυρωδιά και

γεύση και είναι υδρόφοβα υλικά. Για την αποτύπωση χρειάζεται κατασκευή ατομικού δισκαρίου. Εάν κατασκευάσουμε δεύτερο εκμαγείο από το ίδιο αποτύπωμα δεν παρουσιάζει την ίδια ακρίβεια με το πρώτο.

### Χρήσεις

Οι μερκαπτάνες διατηρούν τις διαστάσεις τους καλύτερα από τις σιλικόνες συμπύκνωσης, και, επειδή αποτελούν χρονολογικά την πρώτη κατηγορία ελαστικών αποτυπωτικών υλικών, χρησιμοποιούνται ευρύτατα για πολλά χρόνια. Σήμερα αντικαθίστανται σταδιακά από τις σιλικόνες προσθήκης και τους πολυαιθέρες.

Η κατασκευή των εκμαγείων πρέπει να γίνεται αφού παρέλθουν 30 λεπτά από την λήψη του αποτυπώματος. Επειδή υπάρχει όμως μεταβολή των διαστάσεων στα αποτυπώματα από μερκαπτάνες, μετά την πάροδο μιας ώρας από τον πολυμερισμό, συνιστάται η κατασκευή εκμαγείων το συντομότερο δυνατό. Το ατομικό δισκάριο πρέπει να επαλειφθεί με ειδικές κολλώδεις ουσίες για να επιτευχθεί καλύτερη συγκράτηση του υλικού (Εικ. 3.12). Οι οπές συγκράτησης δεν βοηθούν, αντιθέτως εμποδίζουν την σωστή αποτύπωση μια και το υλικό ρέει από αυτές και πρέπει να αποφεύγουμε να τις κατασκευάζουμε στα ατομικά δισκάρια.

Οι μερκαπτάνες είναι αρκετά ελαστικές ώστε να αφαιρείται το εκμαγείο από το αποτύπωμα χωρίς κίνδυνο σπασίματος κολοβωμάτων ή δοντιών. Το δεύτερο εκμαγείο δεν έχει την ακρίβεια του πρώτου, διότι οι μερκαπτάνες αποσχίζονται σχετικά εύκολα κατά την αφαίρεση του πρώτου και δε διατηρούν τις διαστάσεις τους σταθερές για αρκετό χρόνο.

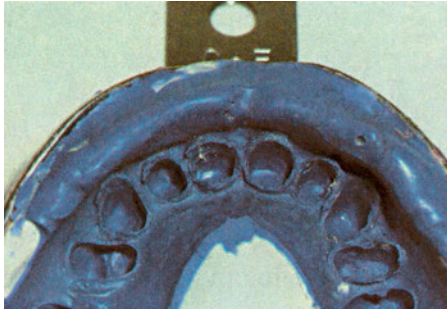


*Εικ. 3.12. Ατομικό δισκάριο με επάλειψη ειδικής κολλώδους ουσίας.*

### 3.6.2 Σιλικόνες συμπύκνωσης (Condensation silicones).

Οι σιλικόνες συμπύκνωσης εισήχθησαν στην οδοντιατρική ως εναλλακτική λύση στα πολυσουλφίδια, τα οποία με την άσχημη μυρωδιά τους και την μεταβολή των διαστάσεών τους παρουσίαζαν αρκετά μειονεκτήματα (3.13).





**Εικ. 3.13.** Αποτύπωμα από σιλικόνη συμπύκνωσης

### Σύσταση

Οι οδοντιατρικές σιλικόνες δι-ατίθεται σε βάση και καταλύτη. Η βάση περιέχει ενισχυτικές ουσίες που δίνουν την επιθυμητή σύσταση στο υλικό. Συνήθως διακρίνονται σε στοκκώδεις και λεπτόρρευστες. Ο καταλύτης είναι είτε σε μορφή υγρού σε σταγονομετρική φιάλη είτε σε μορφή πάστας.

### Ιδιότητες

Οι σιλικόνες συμπύκνωσης είναι ελαστικά μη αντιστρεπτά αποτυπωτικά υλικά. Ανάλογα με το ιξώδες διακρίνονται σε στοκκώδεις και λεπτόρρευστες. Οι στοκκώδεις τοποθετούνται στο δισκάριο του εμπορίου ως βάση για το λεπτόρρευστο υλικό. Για τις σιλικόνες συμπύκνωσης δεν κατασκευάζουμε ατομικά δισκάρια.

Είναι υλικά υδρόφοβα και απαιτείται στεγνό περιβάλλον κατά την αποτύπωση.

Πολυμερίζονται με αντίδραση συμπύκνωσης και έχουν ως *παραπροϊόν της αντίδρασης αιθυλική αλκοόλη*. Η εξάτμιση της αιθυλικής αλκοόλης είναι η αιτία που μετά την ολοκλήρωση της πήξης τους παρατηρείται μεγάλη μεταβολή των διαστάσεών τους (συστολή). Αυτό είναι και το σημαντικότερο πρόβλημα με αυτή την κατηγορία ελαστικών αποτυπωτικών υλικών. Η παρατηρούμενη συστολή στις σιλικόνες συμπύκνωσης φτάνει το 0,60% στις 24 ώρες.

### Πλεονεκτήματα

Για την αποτύπωση με σιλικόνες συμπύκνωσης δε χρειάζεται ατομικό δισκάριο. Δεν αποσχίζονται εύκολα κατά την αφαίρεσή τους από το στόμα. Έχουν αποδεκτή οσμή και γεύση και πήζουν γρήγορα. Αποτυπώνουν με ακρίβεια τις λεπτομέρειες. Μπορούν να επιμεταλλωθούν. Οι σιλικόνες συμπύκνωσης απολυμαίνονται σε διαλύματα και έχουν σχετικά χαμηλό κόστος.

### Μειονεκτήματα

Το αποτύπωμα μεταβάλλει τις διαστάσεις του και συρρικνώνεται με την πάροδο του χρόνου. Ο σιλικόνες έχουν μικρό χρόνο αποθήκευσης (περίπου 1 χρόνο) και είναι υλικά υδρόφοβα.

### Χρήσεις

Τα μειονεκτήματα των σιλικονών συμπύκνωσης έχουν περιορίσει σημαντικά την χρήση τους. Η μεγάλη συστολή που παρουσιάζουν μετά την πήξη τους, κάνει πρακτικά αδύνατη την κατασκευή ενός εκμαγείου, που να έχει την ακρίβεια των διαστάσεων που απαιτείται για μια σωστή προσθετική εργασία. Τα εκμαγεία εργασίας πρέπει να κατασκευάζονται εντός μιας ώρας. Απαιτείται προσοχή, επειδή η γύψος δε ρέει πολύ εύκολα στην επιφάνεια των σιλικονών, ώστε να μην εγκλωβιστούν φυσαλίδες στο αποτύπωμα. Εάν κατασκευάσουμε δεύτερο εκμαγείο από το ίδιο αποτύπωμα δεν παρουσιάζει την ίδια ακρίβεια με το πρώτο.

Σήμερα οι σιλικόνες συμπύκνωσης, επειδή είναι σχετικά οικονομικές, χρησιμοποιούνται πιο πολύ στο εργαστήριο σε μια σειρά εργασιών όπου δεν επηρεάζονται πολύ από τη μεταβολή των διαστάσεων.

### 3.6.3 Πολυαιθέρες (Polyethers)

Οι πολυαιθέρες αποτελούν την τρίτη ομάδα ελαστικομερών υλικών. Δεν εμφανίζουν μεταβολή διαστάσεων όπως οι σιλικόνες συμπύκνωσης, αλλά η δυσκαμψία μετά την πήξη τους και ο μικρός χρόνος εργασίας που διαθέτουν αποτελούν μειονεκτήματα για τον οδοντίατρο και τον οδοντοτεχνίτη.

### Σύσταση

Οι πολυαιθέρες διατίθενται σε μορφή φυράματος εντός σωληναρίων. Η τυπική συσκευασία περιέχει 2 σωληνάκια, ένα με το πολυμερές (βάση) και ένα με τον καταλύτη.

Η βάση αντιδρά με τον καταλύτη συνθέτοντας το τελικό ελαστικομερές, χωρίς την παραγωγή παραπροϊόντος. Το γεγονός ότι δεν υπάρχει παραπροϊόν στη χημική αντίδραση έχει μεγάλη σημασία και είναι η αιτία που οι πολυαιθέρες παρουσιάζουν διατήρηση των διαστάσεων του αποτυπώματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Διατίθενται σε τρεις διαφορετικές ρευστότητες, ως λεπτόρρευστα, μέσης ρευστότητας και παχύρρευστα υλικά.



### **Ιδιότητες**

Οι πολυαιθέρες είναι ελαστικά αποτυπωτικά υλικά. Παρουσιάζουν πολύ μικρή συστολή πολυμερισμού, καλή αντοχή στην απόσχιση και σχετικά υψηλή μόνιμη παραμόρφωση υπό πίεση.

Μετά την πήξη τους οι πολυαιθέρες χάνουν μεγάλο μέρος της ελαστικότητάς τους και γίνονται δύσκαμπτοι. Η δυσκαμψία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την δυσκολία αφαίρεσης του δισκαρίου από το στόμα όταν υπάρχουν μεγάλα μεσοδόντια τρίγωνα ή ενδιάμεσα γεφυρών. Επίσης είναι η αιτία που παρατηρείται καταστροφή των γύψινων κολοβωμάτων όταν το εκμαγείο εργασίας αφαιρείται από το αποτύπωμα απρόσεκτα.

Οι πολυαιθέρες είναι λιγότερο υδρόφοβοι από τα άλλα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά, αλλά χρειάζονται και αυτοί στεγνό περιβάλλον για τη λήψη του αποτυπώματος. Μετά από τον πλήρη πολυμερισμό τους είναι δυνατόν να απορροφήσουν υγρασία και γι' αυτό το αποτύπωμα δεν πρέπει να διατηρείται σε υγρό περιβάλλον. Εάν το αποτύπωμα έρθει σε επαφή με υγρασία αλλάζουν πολύ οι διαστάσεις του.

Η ρευστότητά τους δεν επιτρέπει τη χρησιμοποίηση δισκαρίων εμπορίου και πρέπει να κατασκευάζουμε ατομικά δισκάρια.

### **Πλεονεκτήματα**

Εξαιρετική ακρίβεια αναπαραγωγής λεπτομερειών. Ογκομετρική σταθερότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Καλή αντοχή στην απόσχιση. Είναι λιγότερο υδρόφοβοι από τα άλλα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά.

### **Μειονεκτήματα**

Χρειάζεται κατασκευή ατομικού δισκαρίου. Οι πολυαιθέρες μετά την πήξη χάνουν την ελαστικότητά τους και παρουσιάζουν δυσκολία αφαίρεσης από το στόμα και το εκμαγείο. Απορροφούν νερό μετά τον πολυμερισμό, όταν έρθουν σε επαφή με υγρασία, και γι' αυτό απολυμαίνονται δύσκολα. Έχουν υψηλό κόστος.

### **Χρήσεις**

Οι πολυαιθέρες χρησιμοποιούνται για αποτύπωση στην ακίνητη (Εικ.3.14) αλλά και στην κινητή προσθετική. Είναι υλικά με εξαιρετικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται ευρέως από τους οδοντιάτρους.

Για τους πολυαιθέρες χρειάζεται η κατασκευή ατομικού δισκαρίου. Το δισκάριο είναι τύπου χώρου. Η συγκράτηση του αποτυπωτικού υλικού γίνεται

με τη χρήση ειδικής κολλώδους ουσίας. Η δημιουργία οπών συγκράτησης πρέπει να αποφεύγεται, διότι δεν βοηθά στη συγκράτηση και επιτρέπει τη διαφυγή του υλικού.

Η προσρόφηση υγρών από τους πηγμένους πολυαιθέρες εμποδίζει την απολύμανση των αποτυπωμάτων σε κοινά απολυμαντικά διαλύματα. Η απολύμανση πρέπει να γίνεται είτε σε πολύ ισχυρά διαλύματα για σύντομο χρονικό διάστημα ή με άλλους εναλλακτικούς τρόπους, όπως ψεκασμό με απολυμαντικές ουσίες.

Οι πολυαιθέρες διατηρούν σταθερές τις διαστάσεις τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι η κατασκευή του εκμαγείου μπορεί να καθυστερήσει για αρκετές μέρες. Ο πολυαιθέρας επιτρέπει στη γύψο να ρέει πολύ καλά στην επιφάνειά του, κατά την κατασκευή του εκμαγείου, περιορίζοντας έτσι την πιθανότητα δημιουργίας φυσαλίδων και ατελειών. Ο πολυαιθέρας δεν αποσχίζεται εύκολα και μπορούμε να κατασκευάσουμε πολλαπλά εκμαγεία από το ίδιο αποτύπωμα. Η αφαίρεση του εκμαγείου από το αποτύπωμα του πολυαιθέρα θέλει μεγάλη προσοχή. Ο πολυαιθέρας, όταν πήξει, γίνεται δύσκαμπτος και μπορεί να σπάσουν κολοβώματα ή δόντια από το εκμαγείο, εάν η αφαίρεσή του γίνει απρόσεκτα.



*Εικ. 3.14. Αποτύπωμα από πολυαιθέρα*

#### **3.6.4 Σιλικόνες προσθήκης ή πολύ-βινύλ σιλοξάνες (Addition silicones, poly-vinyl siloxanes)**

Η κατηγορία αυτή αποτελεί τη νεότερη ομάδα σύνθετων ελαστικών αποτυπωτικών υλικών. Ονομάζονται σιλικόνες προσθήκης λόγω του είδους του πολυμερισμού. Οι σιλικόνες προσθήκης μαζί με τους πολυαιθέρες αποτελούν τα καλύτερα αποτυπωτικά υλικά, όσον αφορά την ακρίβεια αναπαραγωγής των λεπτομερειών.

#### **Σύσταση**

Στο εμπόριο οι πολύ-βινύλ σιλοξάνες διατίθενται σαν βάση και καταλύτης όπου αναμιγνύονται σε ίσες ποσότητες. Κυκλοφορούν σαν λεπτόρρευστες, μέσης ρευστότητας, παχύρρευστες και στοκκώδεις.

Η βάση αντιδρά με τον καταλύτη και σχηματίζεται το τελικό πολυμερές (πηγμένη σιλικόνη). Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης *δεν παράγεται παραπροϊόν*.

### **Ιδιότητες**

Οι σιλικόνες προσθήκης είναι ελαστικά μη αντιστρεπτά αποτυπωτικά υλικά με υδρόφοβο χαρακτήρα. Πολυμερίζονται με αντίδραση προσθήκης χωρίς τη δημιουργία παραπροϊόντος. Έχουν τη μικρότερη συστολή από όλα τα άλλα αποτυπωτικά υλικά. Διατηρούν τις διαστάσεις τους σταθερές ακόμα και μετά την πάροδο μιας εβδομάδας. Παρουσιάζουν καλή αντοχή στην απόσχιση και μικρή μόνιμη παραμόρφωση υπό πίεση.

Οι σιλικόνες προσθήκης δεν παρουσιάζουν ορισμένα από τα μειονεκτήματα των πολυαιθέρων. Ο χρόνος εργασίας και ο χρόνος πήξης είναι μεγαλύτεροι των πολυαιθέρων και έτσι η χρήση τους σε αποτύπωμα πολλαπλών οδοντικών παρασκευών είναι ευκολότερη. Επίσης δεν παρουσιάζουν τη δυσκαμψία που παρουσιάζουν οι πολυαιθέρες μετά την πήξη.

### **Πλεονεκτήματα**

Εμφανίζουν ογκομετρική σταθερότητα και εξαιρετική ακρίβεια αποτύπωσης. Η κατασκευή εκμαγείων μπορεί να καθυστερήσει για μερικές ημέρες, και η κατασκευή δεύτερου εκμαγείου από το ίδιο αποτύπωμα παρουσιάζει την ίδια ακρίβεια όπως το πρώτο. Η διαδικασία ανάμιξης είναι πάρα πολύ απλή.

### **Μειονεκτήματα**

Έχουν το υψηλότερο κόστος από όλα τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά. Είναι υδρόφοβα υλικά και απαιτείται απόλυτα στεγνό περιβάλλον κατά τη διάρκεια της λήψης του αποτύπωματος.

### **Χρήσεις**

Η ευκολία στη διαδικασία αποτύπωσης, οι εύχρηστες συσκευασίες που κυκλοφορούν σήμερα, η ακρίβεια στην αποτύπωση, η σταθερότητα των διαστάσεών τους, η ευκολία απολύμανσης και η δυνατότητα κατασκευής πολλαπλών εκμαγείων από το ίδιο αποτύπωμα έχουν κάνει τις σιλικόνες προσθήκης ένα από τα υλικά εκλογής για οδοντιάτρους και οδοντοτεχνίτες σε όλο τον κόσμο. Η χρήση τους δεν περιορίζεται στην ακίνητη προσθετική αλλά επεκτείνεται και στην κινητή.



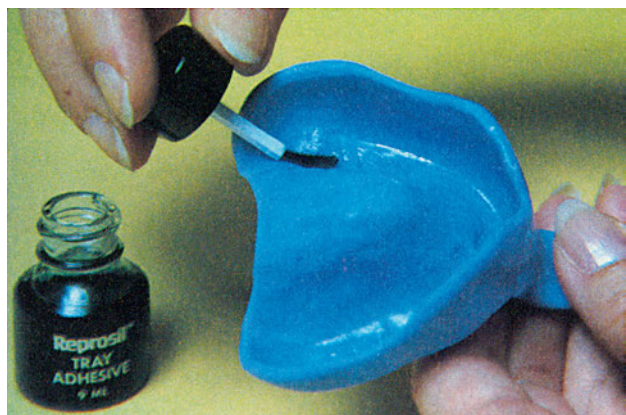
**Εικ. 3.15.** Αποτύπωμα από σιλικόνη προσθήκης, με δισκάριο του εμπορίου.



**Εικ. 3.16.** Αποτύπωμα από σιλικόνη προσθήκης με τη χρήση ατομικού δισκαρίου

Η αποτύπωση μπορεί να γίνει με δισκάρια του εμπορίου (Εικ. 3.15) και τη χρήση στοκκώδους υλικού σαν βάση για το λεπτόρρευστο, ή με ατομικό δισκάριο χώρου και τη χρήση αποτυπωτικού υλικού χαμηλής, μέσης ή υψηλής ρευστότητας (Εικ. 3.16). Το υλικό προσκολλάται στο δισκάριο με τη χρήση ειδικής κολλώδους ουσίας και δε χρειάζεται η δημιουργία οπών διαφυγής (Εικ. 3.17).

Η απολύμανση του αποτυπώματος γίνεται σε διαλύματα μια και οι σιλικόνες προσθήκης δεν επηρεάζονται από την υγρασία. Η κατασκευή του εκμαγείου μπορεί να καθυστερήσει έως και μία εβδομάδα χωρίς να κινδυνεύει η ακρίβεια αναπαραγωγής των λεπτομερειών. Το εκμαγείο πρέπει να κατασκευάζεται αφού έχει παρέλθει τουλάχιστον μία ώρα από την λήψη του αποτυπώματος.



**Εικ. 3.17.** Επάλειψη ατομικού δισκαρίου με ειδική κολλώδη ουσία για αποτύπωμα με σιλικόνη προσθήκης.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Τα αποτυπωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική σήμερα είναι τα ακόλουθα:

### **Θερμοπλαστικό**

Χρησιμοποιείται κυρίως στην κινητή προσθετική για αρχικά αποτυπώματα ολικών οδοντοστοιχιών και για τη διαμόρφωση των ορίων του ατομικού δισκαρίου (τμηματική θέρμανση) των τελικών αποτυπωμάτων. Σήμερα στις πιο πολλές εφαρμογές έχει αντικατασταθεί από άλλα υλικά.

### **Φύραμα Οξειδίου του ψευδαργύρου και Ευγενόλης (ZnOE)**

Κυρίως χρησιμοποιείται για την κατασκευή τελικών αποτυπωμάτων ολικών οδοντοστοιχιών με τη βοήθεια ατομικών δισκαρίων. Σήμερα έχει σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από τα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά.

### **Άγαρ-άγαρ**

Ονομάζεται και αντιστρεπτό υδροκolloειδές. Η χρήση του είναι περιορισμένη και χρησιμοποιείται για αποτυπώματα ακίνητης προσθετικής.

Χρησιμοποιείται και στην οδοντοτεχνική ως υλικό ανατύπωσης των εκμαγείων κατασκευής σκελετών των μερικών οδοντοστοιχιών. Σήμερα έχει αρχίσει προοδευτικά να περιορίζεται η χρήση του και να αντικαθίσταται από τις σιλικόνες.

### **Αλγινικό**

Είναι υδροκolloειδές, μη αντιστρεπτό. Συγκρινόμενο με το άγαρ-άγαρ πλεονεκτεί διότι δεν χρειάζεται ειδικά δισκάρια και εξοπλισμό. Το αλγινικό χρησιμοποιείται για την κατασκευή αρχικών διαγνωστικών αποτυπωμάτων και τελικών αποτυπωμάτων μερικών οδοντοστοιχιών.

## **ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ** (συνέχεια)

### ***Πολυσουλφίδια ή ελαστικομερή της μερκαπτάνης***

Οι μερκαπτάνες σήμερα έχουν περιορισμένη χρήση στην ακίνητη προσθετική. Πιο πολύ χρησιμοποιούνται στην κινητή προσθετική για αποτυπώματα ολικών ή μερικών οδοντοστοιχιών.

### ***Σιλικόνες συμπύκνωσης (Condensation silicones).***

Τα μειονεκτήματα των σιλικονών συμπύκνωσης έχουν περιορίσει σημαντικά την χρήση τους.

### ***Πολυαιθέρες (Polyethers)***

Οι πολυαιθέρες χρησιμοποιούνται για αποτύπωση στην ακίνητη αλλά και στην κινητή προσθετική. Είναι υλικά με εξαιρετικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται ευρέως από τους οδοντιάτρους. Ο μικρός χρόνος εργασίας που διαθέτουν και η δυσκαμψία που παρουσιάζουν μετά την πήξη τους αποτελούν μειονεκτήματα για τον οδοντίατρο και τον οδοντοτεχνίτη.

### ***Σιλικόνες προσθήκης ή πολύ-βινύλ σιλοξάνες (Addition silicones, poly-vinyl siloxanes)***

Ονομάζονται σιλικόνες προσθήκης λόγω του είδους του πολυμερισμού. Οι σιλικόνες προσθήκης μαζί με τους πολυαιθέρες αποτελούν τα καλύτερα αποτυπωτικά υλικά όσον αφορά την ακρίβεια αναπαραγωγής των λεπτομερειών, και αποτελούν σήμερα υλικό εκλογής για τους περισσότερους οδοντιάτρους.

*Τα αποτυπώματα πρέπει πάντοτε να απολυμαίνονται*

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα ελαστικά αποτυπωτικά υλικά;
2. Ποια τα μειονεκτήματα των αλγινικών;
3. Πόσο χρόνο μετά τη λήψη ενός αποτυπώματος αλγινικού πρέπει να κατασκευάζεται το εκμαγείο; Γιατί; (Αιτιολογείστε).
4. Ποια τα πλεονεκτήματα των σιλικονών προσθήκης έναντι άλλων ελαστικών αποτυπωτικών υλικών;
5. Ποια η χρήση του ZnOΕ;
6. Ποια η χρήση των σιλικονών προσθήκης σήμερα;
7. Περιγράψτε τον χειρισμό ενός αποτυπώματος από σιλικόνη προσθήκης, από την στιγμή που το παραλαμβάνει το εργαστήριο.
8. Σε ποια αποτυπωτικά υλικά είναι επιβεβλημένη η κατασκευή ατομικού δισκαρίου;
9. Ποια τα μειονεκτήματα των πολυαιθέρων σχετικά με τα άλλα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά;
10. Ποια η χρήση του αλγινικού σήμερα;
11. Τι ονομάζεται ρίκνωση και τι σπάργωση;
12. Πόσο χρόνο μετά τη λήψη ενός αποτυπώματος πολυαιθέρα πρέπει να κατασκευάζεται το εκμαγείο; Γιατί; (Αιτιολογείστε).
13. Πόσο χρόνο μετά τη λήψη ενός αποτυπώματος από μερκαπτάνη, πρέπει να κατασκευάζεται το εκμαγείο; Γιατί; (Αιτιολογείστε).

## ■ 4.1 Εισαγωγή

Για να κατασκευάσει ο οδοντοτεχνίτης μία προσθετική εργασία χρειάζεται να έχει ένα ομοίωμα του στόματος του ασθενή. Αυτό το θετικό ομοίωμα ονομάζεται εκμαγείο. Τα εκμαγεία κατασκευάζονται από τα αποτυπώματα που δίνει ο οδοντίατρος στον οδοντοτεχνίτη. Τα εκμαγεία μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά, όπως γύψο, εποξική ρητίνη, μέταλλα κ.ά. Το πιο συνηθισμένο υλικό κατασκευής εκμαγείων είναι η γύψος. Η γύψος χρησιμοποιείται στην οδοντοτεχνία και για άλλες εργασίες όπως εγκλείστρωση οδοντοστοιχιών, ανάρτηση των εκμαγείων στον αρθρωτήρα κ.τ.λ.

## ■ 4.2 Παρασκευή της γύψου

Η οδοντιατρική γύψος μπορεί είτε να παραχθεί από την ορυκτή γύψο, είτε να κατασκευαστεί χημικά. Η γύψος είναι *διένυδρο θειικό ασβέστιο* ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Κατά την διαδικασία παρασκευής της θερμαίνεται, χάνει το  $1 \frac{1}{2}$  από τα δύο μόρια νερού που έχει και δημιουργείται το *ημιένυδρο θειικό ασβέστιο* ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ). Συχνά γράφεται και  $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Η σκόνη της γύψου δεν είναι τίποτε άλλο από κρύσταλλοι ημιένυδρου θειικού ασβεστίου. Οι κρύσταλλοι αυτοί στην οδοντιατρική γύψο είναι δύο μορφών, *α- ημιένυδρου θειικού ασβεστίου* και *β- ημιένυδρου θειικού ασβεστίου*. Οι κρύσταλλοι του α- ημιένυδρου θειικού ασβεστίου είναι πιο συμπαγείς και κανονικοί από τους κρυστάλλους του β- ημιένυδρου θειικού ασβεστίου οι οποίοι είναι πιο πορώδεις και έχουν πιο ακανόνιστο σχήμα. Όταν η σκόνη της γύψου, δηλαδή το ημιένυδρο θειικό ασβέστιο, αναμιχθεί με νερό μετατρέπεται ξανά σε διένυδρο θειικό ασβέστιο.



### ■ 4.3 Είδη της γύψου

Η οδοντιατρική γύψος ταξινομείται σε 4 κατηγορίες:

- Αποτυπωτική γύψος
- Κοινή γύψος
- Σκληρή γύψος
- Υπέρσκληρη γύψος

#### 4.3.1 Αποτυπωτική γύψος

Χρησιμοποιείτο παλαιότερα από τους οδοντίατρους για την λήψη αποτυπωμάτων ακίνητης και κινητής προσθετικής. Η εξέλιξη των αποτυπωτικών υλικών έχει περιορίσει την χρήση της σε μεγάλο βαθμό. Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις για αποτυπώματα ολικών οδοντοστοιχιών.

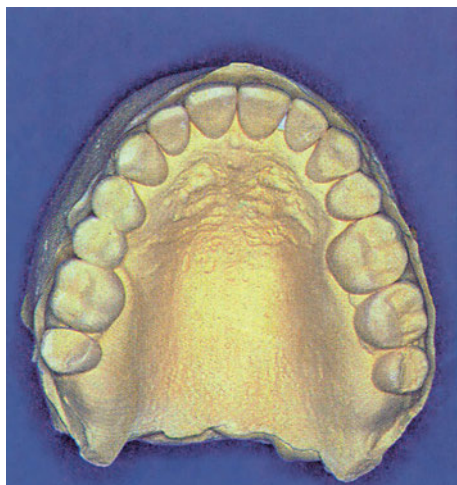
#### 4.3.2 Κοινή γύψος ή γύψος των Παρισίων

Αποτελείται από κρυστάλλους  $\beta$ - ημιένυδρου θειικού ασβεστίου. Οι κρύσταλλοι αυτοί έχουν ακανόνιστο σχήμα και είναι πορώδεις. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται αρκετή ποσότητα νερού για την ανάμιξή της και όταν εξατμιστεί το πλεονάζον ύδωρ αφήνει πολλά κενά. Ως αποτέλεσμα η κοινή γύψος έχει μειωμένες μηχανικές ιδιότητες, μεγάλη διαστολή πήξης και περιορισμένη χρήση.

Για την κοινή γύψο αναμιγνύονται 37-50 ml νερό με 100 gr σκόνης. Για την αναλογία νερού σκόνης *πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή*. Χρησιμοποιείται σε λίγες περιπτώσεις, όπως για την ανάρτηση αρχικών εκμαγείων στον αρθρωτήρα.

#### 4.3.3 Σκληρή γύψος

Αποτελείται κυρίως από κρυστάλλους  $\alpha$ - ημιένυδρου θειικού ασβεστίου. Χρειάζεται λιγότερο νερό στην από την κοινή γύψο, και το πλεονάζον ύδωρ είναι λιγότερο. Ως αποτέλεσμα παρουσιάζει μεγαλύτερη πυκνότητα από την κοινή γύψο και πιο βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες. Για την σκληρή γύψο αναμιγνύονται 28-32 ml νερό με 100 gr σκόνης. *Οι ακριβείς αναλογίες δίνονται από τον κατασκευαστή*. Χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή εκμαγείων μελέτης (Εικ. 4.1), στην ανάρτηση των εκμαγείων εργασίας, στην κατασκευή βάσεων για εκμαγεία κινητών κολοβωμάτων, στην κατασκευή τελικών



**Εικ. 4.1.** Εκμαγείο μελέτης από σκληρή γύψο



**Εικ. 4.2.** Τελικό εκμαγείο ολικής οδοντοστοιχίας από σκληρή γύψο

εκμαγείων εργασίας για ολικές οδοντοστοιχίες (Εικ. 4.2), στην εγκλείστρωση των οδοντοστοιχιών κ.ά. Συχνά ονομάζεται και γύψος τύπου moldano.

#### 4.3.4 Υπέρσκληρη γύψος

Αποτελείται από κρυστάλλους α- ημιένυδρου θειικού ασβεστίου. Οι κρύσταλλοι της υπέρσκληρης γύψου έχουν πιο κανονικό σχήμα και λιγότερο πορώδη επιφάνεια από τους κρυστάλλους της σκληρής γύψου. Γι' αυτό και χρειάζονται λιγότερο νερό για την ανάμιξή τους με αποτέλεσμα να δίνουν εκ-



**Εικ. 4.3.** Εκμαγείο εργασίας, με κινητά κολοβώματα, από υπέρσκληρη γύψο

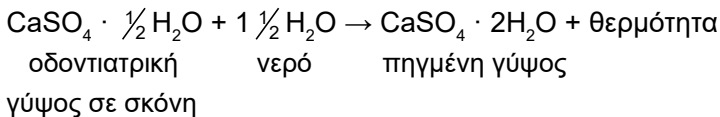


**Εικ. 4.4.** Τελικό εκμαγείο ολικής οδοντοστοιχίας από υπέρσκληρη γύψο

μαγεία πιο συμπαγή και με βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες. Για την υπέρ-σκληρη γύψο αναμιγνύονται 19-24 ml νερό με 100 gr σκόνης. Για την σωστή αναλογία *πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή*. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή τελικών εκμαγείων εργασίας ακίνητης (Εικ. 4.3) και κινητής (Εικ. 4.4) προσθετικής και γενικά όπου απαιτείται μεγάλη πιστότητα και σκληρότητα. Συχνά ονομάζεται και γύψος τύπου vel-mix.

#### ■ 4.4 Πήξη της γύψου

Όταν η σκόνη της γύψου, δηλαδή το ημιένυδρο θειικό ασβέστιο, αναμιχθεί με νερό λαμβάνει χώρα μία εξώθερμη χημική αντίδραση και η ημιένυδρη μορφή του θειικού ασβεστίου μετατρέπεται ξανά σε διένυδρο θειικό ασβέστιο. Η χημική αντίδραση είναι η ακόλουθη:



Η πήξη της γύψου είναι αποτέλεσμα της διαφοράς διαλυτότητας ανάμεσα στο ημιένυδρο θειικό ασβέστιο και στο διένυδρο θειικό ασβέστιο. Κατά την πήξη σχηματίζονται κρύσταλλοι γύψου οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους.

##### 4.4.1 Πλεονάζον ύδωρ (excess water)

Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούμε στην ανάμιξη της γύψου είναι στην πραγματικότητα περισσότερη από αυτή που χρειάζεται για την πραγματοποίηση της χημικής αντίδρασης. Η επιπλέον αυτή ποσότητα νερού ονομάζεται πλεονάζον ύδωρ (excess water).

Το πλεονάζον ύδωρ δεν αντιδρά με τους κρυστάλλους του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου και δεν συμμετέχει στην χημική αντίδραση. Χρησιμεύει στην πλήρη διαβροχή των κρυστάλλων του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου ώστε να διευκολύνεται η μετατροπή τους σε κρυστάλλους διένυδρου θειικού ασβεστίου. Μετά την ολοκλήρωση της πήξης προοδευτικά εξατμίζεται αφήνοντας κενά στη μάζα της γύψου.

Η ποσότητα του πλεονάζοντος ύδατος που χρειάζεται για την σωστή ανάμιξη της γύψου εξαρτάται από το σχήμα, το μέγεθος και τους πόρους που έχουν οι κρύσταλλοι του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου. Κρύσταλλοι με πορώδη επιφάνεια και ακανόνιστο σχήμα απαιτούν περισσότερο νερό για την διαβροχή τους και την ανάμιξή τους από κρυστάλλους με λιγότερο πορώδη επιφάνεια και πιο κανονικό σχήμα. Άρα η κοινή γύψος χρειάζεται για την ανάμιξη της περισσότερο νερό από την σκληρή και η σκληρή περισσότερο από την υπέρσκληρη.

#### ■ 4.5 Χρόνος εργασίας - Χρόνος πήξης

Η αντίδραση πήξης της γύψου αρχίζει τη στιγμή που η σκόνη αναμιγνύεται στο νερό. Αρχικά μόνον μία μικρή ποσότητα ημιένυδρου θειικού ασβεστίου μετατρέπεται σε γύψο. Η μάζα της γύψου τότε είναι ρευστή. Καθώς η αντίδραση προχωράει, όλο και πιο πολλοί κρύσταλλοι ημιένυδρου θειικού ασβεστίου αντιδρούν με το νερό για να σχηματίσουν κρυστάλλους διένυδρου θειικού ασβεστίου. Η ρευστότητα της μάζας της γύψου αρχίζει να μειώνεται γρήγορα μέχρις ότου η γύψος παύει να ρέει με ευκολία και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Σε αυτό το σημείο το υλικό έχει φτάσει στο σημείο της αρχικής πήξης του, έχει ολοκληρωθεί ο χρόνος εργασίας του και πρέπει να παραμείνει απείραχτο.

Η ολοκλήρωση της αρχικής πήξης μπορεί να προσδιοριστεί εμπειρικά με την απώλεια της επιφανειακής γυαλάδας της γύψου. Όταν συμβεί η απώλεια της επιφανειακής γυαλάδας, πρέπει να σταματά κάθε χειρισμός της γύψου. Αυτό συμβαίνει 8-16 λεπτά μετά από την αρχή της ανάμιξης.

Η οριστική πήξη της γύψου έχει επέλθει όταν το εκμαγείο μπορεί να αφαιρεθεί από το αποτύπωμα χωρίς να παραμορφωθεί ή να σπάσει. Επειδή η αντίδραση πήξης της γύψου είναι εξώθερμη, μετά την πάροδο 15-20 λεπτών παρατηρείται μια άνοδος της θερμοκρασίας της γύψου. Όταν η θερμοκρασία αρχίσει να μειώνεται θεωρούμε ότι έχει πρακτικά ολοκληρωθεί η χημική αντίδραση. Παρόλο που η οριστική πήξη συχνά ολοκληρώνεται μέσα σε 20 - 30 λεπτά από την αρχή της ανάμιξης, συνηθίζεται να μην αφαιρείται το εκμαγείο από το αποτύπωμα πριν περάσουν 45 λεπτά έως μια ώρα.

#### ■ 4.6 Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πήξης της γύψου

Η γνώση του χρόνου πήξης αλλά και των τρόπων που αυτός μπορεί να επηρεαστεί έχουν μεγάλη πρακτική σημασία για τον οδοντοτεχνίτη. Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πήξης της γύψου.

##### **Αναλογία σκόνης-νερού**

Κάθε είδος γύψου χρειάζεται συγκεκριμένη αναλογία σκόνης-νερού. Η αναλογία αυτή δίνεται από τον κατασκευαστή, και *πρέπει να τηρείται πάντοτε πιστά*. Εάν μειωθεί η ποσότητα του νερού η γύψος πήζει πιο γρήγορα, ενώ εάν αυξηθεί πήζει πιο αργά. Αυτό ισχύει για όλα τα είδη της γύψου.

##### **Ανάμιξη**

Ο τρόπος ανάμιξης της γύψου επηρεάζει πολύ την ταχύτητα με την οποία πήζει. Όσο πιο γρήγορα και έντονα αναμιγνύεται η γύψος, τόσο πιο γρήγορα πήζει. Όσο περισσότερο χρόνο διαρκεί η ανάμιξη τόσο πιο γρήγορα πήζει η γύψος. Η ανάμιξη της γύψου σε συσκευή δημιουργίας κενού (vacuum) μειώνει το χρόνο πήξης.

##### **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία του νερού που χρησιμοποιείται για τη μίξη της γύψου αλλά και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζουν την ταχύτητα πήξης της γύψου. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει το χρόνο πήξης της γύψου. Εάν η θερμοκρασία του νερού ανέβει πάνω από τους 40°C παρατηρείται αύξηση του χρόνου πήξης ενώ τους 100°C η γύψος δεν πήζει.

##### **Υγρασία**

Η σκόνη της γύψου απορροφά εύκολα υγρασία από το περιβάλλον. Εάν η σκόνη της γύψου έχει απορροφήσει υγρασία, τότε οι κρύσταλλοι του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου δύσκολα διαβρέχονται από το νερό για να μετατραπούν σε διένυδρο θειικό ασβέστιο (πηγμένη γύψος) και ο χρόνος πήξης αυξάνεται. Γι' αυτό πρέπει πάντα η σκόνη της γύψου να βρίσκεται σε δοχεία ερμητικά κλειστά.

##### **Προσθήκη ουσιών**

Η προσθήκη διαφόρων χημικών ουσιών μεταβάλλει την ταχύτητα της χημικής αντίδρασης πήξης της γύψου. *Επιταχυντές* ονομάζονται οι ουσίες που

αυξάνουν την ταχύτητα της αντίδρασης με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου πήξης. *Επιβραδυντές* ονομάζονται οι ουσίες που μειώνουν την ταχύτητα της αντίδρασης πήξης με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου πήξης.

Το θειικό κάλιο ( $K_2SO_4$ ) είναι επιταχυντής της αντίδρασης. Η προσθήκη του σε οποιαδήποτε αναλογία στο νερό κάνει τη γύψο να πήζει πιο γρήγορα. Τα ξέσματα πηγμένης γύψου είναι διένυδρο θειικό ασβέστιο ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Η προσθήκη τέτοιων ξεσμάτων στο νερό πριν την ανάμιξη της γύψου επιταχύνει πάρα πολύ την αντίδραση και η γύψος πήζει πολύ γρήγορα. Τέτοια ξέσματα σε νερό παίρνουμε εάν συλλέξουμε το νερό που βγαίνει από το τρίμμερ όταν τροχίζουμε εκμαγεία (Εικ. 4.5). Κατάλοιπα πηγμένης γύψου μπορεί να βρεθούν και στο μπολ ανάμιξης ή στη σπάθη εάν αυτά δεν έχουν καθαριστεί επιμελώς μετά την χρήση τους.

Το αλάτι ( $NaCl$ -χλωριούχο νάτριο) σε μικρές ποσότητες είναι επιταχυντής της αντίδρασης. Εάν όμως προστεθεί στο νερό πάνω από 2% αλάτι, τότε έχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα και η γύψος χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να πήξει.

Ο βόρακας είναι επιβραδυντής της αντίδρασης πήξης της γύψου. Η προσθήκη 2% βόρακα στη σκόνη της γύψου μπορεί να καθυστερήσει την πήξη για πολλές ώρες.



**Εικ. 4.5.** Συλλογή ξεσμάτων γύψου από το τρίμμερ



Διάφορα κολλοειδή διαλύματα όπως το αίμα, το σάλιο, το άγαρ ή το αλγινικό, καθυστερούν την πήξη της γύψου. Για να αποφύγουμε αυτά τα προβλήματα πρέπει να προσέχουμε ώστε τα αποτυπώματα να ξεπλένονται καλά με κρύο νερό και να απομακρύνονται από την επιφάνειά τους όλα τα υπολείμματα αίματος, σάλιου και ξένων ουσιών.

#### ■ 4.7 Διαστολή πήξης

Έχει παρατηρηθεί ότι όλα τα είδη της γύψου παρουσιάζουν μία μετρήσιμη γραμμική διαστολή κατά την πήξη τους. Η διαστολή είναι αποτέλεσμα της αύξησης των κρυστάλλων του διένυδρου θειικού ασβεστίου. Το ποσοστό της διαστολής διαφέρει ανάμεσα στους διάφορους τύπους της γύψου. Κατά κανόνα η κοινή γύψος διαστέλλεται πιο πολύ από την σκληρή και η σκληρή διαστέλλεται πιο πολύ από την υπέρσκληρη. Υπάρχουν τύποι γύψου για ειδική χρήση με διαστολή που ποικίλει. Για παράδειγμα υπάρχει υπέρσκληρη γύψος με διαστολή πολύ μεγαλύτερη από τις σκληρές γύψους, ενώ υπάρχει και υπέρσκληρη γύψος που δεν εμφανίζει καθόλου διαστολή πήξης.

Εάν η γύψος αφεθεί να πήξει εμβαπτισμένη σε νερό, η διαστολή πήξης της αυξάνεται. Η διαστολή αυτή ονομάζεται *υγροσκοπική διαστολή* και είναι σχεδόν διπλάσια της κανονικής. Εμφανίζεται σε όλα τα είδη της γύψου και είναι ανάλογη με τη διαστολή πήξης στον αέρα. Η υγροσκοπική διαστολή έχει εφαρμογή στα απλά πυροχώματα που είναι φτιαγμένα από γύψο.

#### ■ 4.8 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαστολή της γύψου

Η διαστολή πήξης της γύψου εξαρτάται από το μέγεθος των κρυστάλλων του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου και επηρεάζεται από μία σειρά παράγοντες όπως οι συνθήκες παρασκευής της και η προσθήκη χημικών ουσιών.

##### **Αναλογία νερού-σκόνης**

Εάν μειωθεί η ποσότητα του νερού παρατηρείται αύξηση της διαστολής πήξης της γύψου. Πρέπει πάντα να τηρούνται οι αναλογίες που προτείνει ο κατασκευαστής.

### Ανάμιξη της γύψου

Η αύξηση της ταχύτητας και του χρόνου ανάμιξης της γύψου αυξάνει την διαστολή πήξης. Η ανάμιξη της γύψου σε συσκευή δημιουργίας κενού (vacuum) μειώνει την διαστολή πήξης.

### Προσθήκη ξένων ουσιών

Η προσθήκη χλωριούχου νατρίου (αλάτι-NaCl) ή σκληρυμένου διένυδρου θειικού ασβεστίου (ξέσματα γύψου), αυξάνει την διαστολή πήξης της γύψου. Η προσθήκη θειικού καλίου ( $K_2SO_4$ ) ελαττώνει την διαστολή πήξης.

### Είδος αποτυπωτικού υλικού

Το είδος του αποτυπωτικού υλικού επηρεάζει την διαστολή πήξης της γύψου. Το άγαρ - άγαρ και το αλγινικό προκαλούν αύξηση της διαστολής πήξης της γύψου. Μικρότερη διαστολή προκαλεί ο πολυαιθέρας και καθόλου η σιλικόνη.

## ■ 4.9 Μηχανικές ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες που έχουν σημασία στη γύψο είναι αντοχή στην θλίψη, η αντοχή στον εφελκυσμό και η σκληρότητα της επιφάνειας της πηγμένης γύψου.

### 4.9.1 Αντοχή στη θλίψη

Η αντοχή της πηγμένης γύψου έχει άμεση σχέση με το πόσο πυκνή και συμπαγής είναι η πηγμένη γύψος. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η περίσσεια του νερού (πλεονάζον ύδωρ) εξατμίζεται αφήνοντας κενά στη μάζα της γύψου. Όσο λιγότερα είναι αυτά τα κενά, τόσο αυξάνεται η πυκνότητα της γύψου, άρα και η αντοχή της.

Η αντοχή στην θλίψη μία ώρα μετά την πήξη της γύψου για την κοινή γύψο είναι 1600 - 1800 psi, για την σκληρή 3000 - 4500 psi και για την υπέρ-σκληρη 5000 - 6500 psi. Οι ελάχιστες επιτρεπόμενες τιμές αναγράφονται στον πίνακα 4.1



<b>Πίνακας 4.1</b>	<b>Αντοχή στη θλίψη προϊόντων γύψου</b>
ΤΥΠΟΣ ΓΥΨΟΥ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΘΛΙΨΗ 1 ΩΡΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΗΞΗΣ lbs/in <sup>2</sup> ή psi (MPa)
Κοινή γύψος	1300 (4)
Σκληρή γύψος	3000 (21)
Υπέρσκληρη γύψος	5000 (34)
<i>Οι τιμές είναι οι ελάχιστες επιτρεπόμενες με βάση την προδιαγραφή Νο. 25 της ANSI-ADA</i>	

Η μέγιστη αντοχή στην θλίψη επιτυγχάνεται όταν η γύψος στεγνώσει εντελώς. Ένα γύψινο εκμαγείο μπορεί να χρειαστεί και 7 ημέρες για να στεγνώσει τελείως. Η αντοχή στην θλίψη με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται και μπορεί να διπλασιαστεί μετά από μία εβδομάδα.

#### 4.9.2 Αντοχή στον εφελκυσμό

Η αντοχή στον εφελκυσμό έχει σημασία διότι κατά την αφαίρεση των εκμαγείων από τα αποτυπώματα αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις. Με την πάροδο του χρόνου η αντοχή αυξάνεται και μετά από μία εβδομάδα έχει διπλασιαστεί. Η αντοχή της γύψου στον εφελκυσμό είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή της στην θλίψη. Και εδώ την μεγαλύτερη αντοχή παρουσιάζει η υπέρσκληρη γύψος ακολουθούμενη από την σκληρή και την κοινή.

#### 4.9.3 Σκληρότητα της επιφάνειας και αντοχή στην αποτριβή

Η επιφανειακή σκληρότητα και η αντοχή στην αποτριβή της γύψου έχει άμεση σχέση με την αντοχή της στην θλίψη. Αύξηση της αντοχής σημαίνει αύξηση της επιφανειακής σκληρότητας και της αντοχής στην αποτριβή. Οι μέγιστες τιμές επιτυγχάνονται όταν τα εκμαγεία είναι εντελώς στεγνά. Η υπέρσκληρη γύψος έχει την μεγαλύτερη σκληρότητα και αντοχή στην αποτριβή ακολουθούμενη από την σκληρή και την κοινή.

## ■ 4.10 Παράγοντες που επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες της γύψου

### Αναλογία νερού σκόνης

Η αντοχή της σκληρυμένης γύψου είναι ευθέως ανάλογη με την πυκνότητα της δηλαδή με τους πόρους που υπάρχουν στην μάζα της. Οι πόροι έχουν άμεση σχέση με την αναλογία νερού-σκόνης, η οποία εξαρτάται από το είδος των κρυστάλλων. Όσο μειώνεται η ποσότητα νερού τόσο αυξάνεται η αντοχή της γύψου.

### Ο τρόπος ανάμιξης

Η ανάμιξη της γύψου σε μηχανικό αναδευτήρα κενού αυξάνει την αντοχή της διότι μειώνει τον αέρα που μπορεί να εγκλειστεί κατά την ανάμιξη στην μάζα της γύψου και να δημιουργήσει φυσαλίδες.

### Αποθήκευση μετά την μίξη

Η αποθήκευση σε περιβάλλον με αυξημένη υγρασία μειώνει την αντοχή της γύψου.

### Είδος αποτυπωτικού υλικού

Το άγαρ - άγαρ και το αλγινικό επιδρούν στις μηχανικές ιδιότητες της γύψου διότι απορροφούν νερό από την επιφάνειά της κατά την διάρκεια που πήζει μέσα στο αποτύπωμα. Περισσότερο επιδρούν στην επιφανειακή σκληρότητα και στην αντοχή στην αποτριβή.

## ■ 4.11 Ανάμιξη της γύψου

Η ανάμιξη της γύψου μπορεί να γίνει είτε με το χέρι (Εικ. 4.6) είτε με μηχανικό αναδευτήρα (Εικ. 4.7). Σε κάθε περίπτωση όμως, χρησιμοποιούνται εργαλεία (σπάθη, μπολ, κ.τ.λ.) στεγνά και χωρίς κατάλοιπα από προηγούμενες αναμίξεις. Η σκόνη πρέπει πάντα να ζυγίζεται και να χρησιμοποιείται δοσίμετρο για



**Εικ. 4.6.** Ανάμιξη της γύψου με το χέρι

τον υπολογισμό του όγκου του νερού. Το νερό τοποθετείται *πάντοτε πρώτο* στο μπολ και κατόπιν ρίχνεται η σκόνη.

Οι μηχανικοί αναδευτήρες, συνήθως, διαθέτουν ενσωματωμένο δονητή και συσκευή κενού (Vacuum). Οι μηχανικοί αναδευτήρες εξοικονομούν χρόνο και εξασφαλίζουν ένα ομοιογενές μίγμα γύψου το οποίο δίνει εκμαγεία με βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.

#### ■ 4.12 Κατασκευή εκμαγείων

Μετά την ανάμιξη της γύψου ακολουθεί η κατασκευή του εκμαγείου. Ρίχνεται με προσοχή, λίγη - λίγη, η γύψος στο αποτύπωμα, αρχίζοντας από τα οπισθογόμφια τρίγωνα ή από την υπερώα. Απαραίτητο είναι όταν ρίχνεται η γύψος να έχει τοποθετηθεί το αποτύπωμα πάνω σε ειδικό δονητή (Εικ. 4.8). Με αυτό τον τρόπο η γύψος ρέει μέσα στα εντυπώματα των δοντιών και μειώνεται η πιθανότητα για εγκλεισμό φυσαλίδων στο εκμαγείο. Το εκμαγείο αφαιρείται από το αποτύπωμα μετά την πάροδο περίπου μιας ώρας.



**Εικ. 4.7.** Συσκευή μηχανικής ανάμιξης σε κενό (Vacuum)



**Εικ. 4.8.** Σταδιακή τοποθέτηση γύψου στο αποτύπωμα. Το αποτύπωμα έχει τοποθετηθεί πάνω σε ειδικό δονητή

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Η** οδοντιατρική γύψος ταξινομείται σε 4 κατηγορίες: Αποτυπωτική, κοινή, σκληρή και υπέρσκληρη γύψος. Για την αναλογία νερού - σκόνης και για την ανάμιξή τους ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή.

Η *σκληρή* χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή εκμαγείων μελέτης, στην ανάρτηση των εκμαγείων εργασίας, στην κατασκευή βάσεων για εκμαγεία κινητών κολοβωμάτων, στην κατασκευή τελικών εκμαγείων εργασίας για ολικές οδοντοστοιχίες, στην εγκλείστρωση των οδοντοστοιχιών κ.ά. Συχνά ονομάζεται και γύψος τύπου molodano.

Η *υπέρσκληρη* χρησιμοποιείται στην κατασκευή τελικών εκμαγείων εργασίας ακίνητης και κινητής προσθετικής και γενικά όπου απαιτείται μεγάλη πιστότητα και σκληρότητα. Συχνά ονομάζεται και γύψος τύπου vel-mix.

Η πήξη της γύψου είναι μια εξώθερμη χημική αντίδραση. Η αντίδραση πήξης της γύψου αρχίζει τη στιγμή που η σκόνη αναμιγνύεται στο νερό. Η αρχική πήξη ολοκληρώνεται όταν η γύψος χάσει την επιφανειακή της γυαλάδα. Τότε πρέπει να σταματά κάθε χειρισμός της γύψου. Η πήξη ολοκληρώνεται όταν η θερμοκρασία του εκμαγείου αρχίζει να μειώνεται. *Το εκμαγείο αφαιρείται από το αποτύπωμα αφού περάσουν 45 - 60 λεπτά.*

Η ταχύτητα πήξης της γύψου εξαρτάται από την αναλογία σκόνης-νερού, τον τρόπο ανάμιξης, τη θερμοκρασία, την υγρασία και την προσθήκη ξένων ουσιών.

Όλα τα είδη της παρουσιάζουν μία διαστολή κατά την πήξη τους. Η διαστολή της γύψου εξαρτάται από το μέγεθος των κρυστάλλων του ημιένυδρου θειικού ασβεστίου και επηρεάζεται από την αναλογία νερού-σκόνης, τον τρόπο ανάμιξης, την προσθήκη ξένων ουσιών και τον τύπο του αποτυπωτικού υλικού.

Οι μηχανικές ιδιότητες που έχουν σημασία στη γύψο είναι η αντοχή στην θλίψη, η αντοχή στον εφελκυσμό και η σκληρότητα της επιφάνειας

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

της πηγμένης γύψου. Οι ιδιότητες της σκληρυμένης γύψου εξαρτώνται από την πυκνότητά της, δηλαδή από τους πόρους που υπάρχουν στην μάζα της και επηρεάζονται από το είδος των κρυστάλλων, την αναλογία νερού-σκόνης, τον τρόπο ανάμιξης, την αποθήκευση μετά την μίξη και το είδος του αποτυπωτικού υλικού.

Η ανάμιξη της γύψου μπορεί να γίνει είτε με το χέρι, είτε με τα ηλεκτρικά μηχανήματα ανάμιξης, που διαθέτουν κενό αέρος (vacuum). Σε κάθε περίπτωση όμως, χρησιμοποιούνται εργαλεία (σπάθη, μπολ, κ.τ.λ.) στεγνά και καθαρά χωρίς κατάλοιπα από προηγούμενες αναμίξεις. Η σκόνη πρέπει πάντα να ζυγίζεται και να χρησιμοποιείται δοσίμετρο για τον υπολογισμό του όγκου του νερού. Το νερό τοποθετείται πάντοτε πρώτο στο μπολ και κατόπιν ρίχνεται η σκόνη. Η ανάμιξη με μηχανικό αναδευτήρα σε κενό αέρος υπερτερεί.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Ποια τα είδη της οδοντιατρικής γύψου;
2. Ποια τα είδη των κρυστάλλων της οδοντιατρικής γύψου, ποια η διαφορά τους και ποια η σημασία τους;
3. Ποια η σημασία του πλεονάζοντος ύδατος;
4. Τι γνωρίζετε για τη σκληρή γύψο;
5. Τι γνωρίζετε για την υπέρσκληρη γύψο;
6. Πότε πρέπει να σταματά κάθε χειρισμός της γύψου και πότε αφαιρείται το εκμαγείο από το αποτύπωμα;
7. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον χρόνο πήξης της γύψου;
8. Ποιους επιταχυντές και ποιους επιβραδυντές της αντίδρασης πήξης της γύψου γνωρίζετε;
9. Τι ονομάζεται διαστολή πήξης και ποιο είδος γύψου διαστέλλεται λιγότερο;
10. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την διαστολή πήξης της γύψου;
11. Από τι εξαρτάται η αντοχή της σκληρυμένης γύψου;
12. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες της γύψου;
13. Με ποιους τρόπους γίνεται η ανάμιξη της γύψου. Ποιος είναι ο καλύτερος;



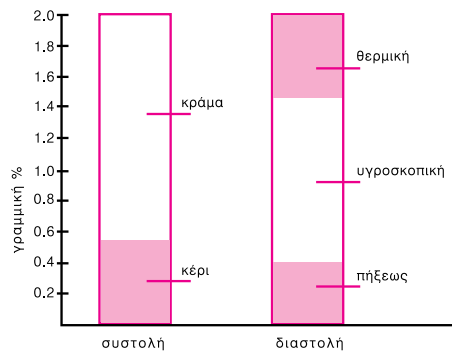
## ■ 5.1 Εισαγωγή

Αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή του κέρινου προτύπου (ομοιώματος), στη συνέχεια ακολουθεί η μετατροπή του σε μεταλλικό σκελετό, η οποία όμως προϋποθέτει την τοποθέτηση των αγωγών χύτευσης, την αφαίρεση του προτύπου από το εκμαγείο και τη δημιουργία ενός καλουπιού μέσα στο οποίο θα εισρεύσει το λιωμένο μέταλλο ή κράμα. Για τη δημιουργία του καλουπιού, θα πρέπει το κέρινο πρότυπο να καλυφθεί από ένα υλικό ανθεκτικό στη θερμοκρασία στην οποία λειώνει το μέταλλο ή το κράμα.

Η κάλυψη του κέρινου προτύπου με το θερμοανθεκτικό υλικό ονομάζεται *επένδυση* και το υλικό που χρησιμοποιείται για την επένδυση ονομάζεται *πυροχώμα*.

Τα πυροχώματα είναι θερμοανθεκτικά υλικά, που αποτελούνται βασικά από ορυκτές κρυσταλλικές ουσίες και τα οποία, κυκλοφορούν με τη μορφή λεπτόκοκκης ή χονδρόκοκκης σκόνης, ανακατεύονται με νερό σχηματίζοντας μάζες συμπαγείς και σκληρές, που δεν αλλοιώνονται από υψηλές θερμοκρασίες.\*

Στο σημείο αυτό να υπενθυμίσουμε ότι η επένδυση του κέρινου προτύπου πρέπει να γίνεται σύντομα, γιατί



**Εικ. 5.1.** Εξισορρόπηση των συστολών του κεριού και του κράματος από τις διαστολές του πυροχώματος

\* Μετά την κρυστάλλωση του πυροχώματος, το κέρινο πρότυπο εξαερώνεται μέσα σε ειδικούς κλιβάνους και έτσι μέσα στο καλούπι δημιουργείται ο χώρος τον οποίο θα καταλάβει το λιωμένο μέταλλο, που θα μας δώσει μια μεταλλική κατασκευή όμοια με το κέρινο πρόπλασμα.



μετά από παραμονή 45min εκτός εκμαγείου το πρότυπο παραμορφώνεται, λόγω της απελευθέρωσης εσωτερικών τάσεων (χρόνος χαλάσεως).

Το πυρόχρωμα όμως εκτός από τη δημιουργία του καλουπιού και την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες, θα πρέπει να μπορεί να διαστέλλεται τόσο, όσο χρειάζεται για να αντιρροπηθεί η συστολή του κράματος κατά τη στερεοποίηση του καθώς και η συστολή του κεριού εξαιτίας των μεταβολών της θερμοκρασίας. Εάν δε γίνει αυτό, η μεταλλική κατασκευή θα είναι κατά πολύ μικρότερη από το κέρινο ομοίωμα.

Συγκεκριμένα η συστολή που πρέπει να αντιρροπήσει το πυρόχρωμα είναι το άθροισμα της συστολής του κεριού (0,1-0,5%) και της συστολής του κράματος (1,25-2%) (Εικ. 5.1).

Η δράση των πυροχρωμάτων μπορεί να δοθεί με την παρακάτω εξίσωση:

*Συστολή κεριού + Συστολή κράματος = Διαστολή πυροχρώματος (διαστολή πήξης + υγροσκοπική διαστολή + θερμική διαστολή).*

## ■ 5.2 Ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα πυρόχρωμα

Ένα πυρόχρωμα για οδοντιατρική χρήση θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Να δημιουργεί λεία επιφάνεια και να αναπαράγει με ακρίβεια τις λεπτομέρειες του κέρινου προτύπου.
- Όταν θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες δεν πρέπει να διασπτάται εύκολα, ώστε να μην απελευθερώνονται αέρια που μπορεί να διαβρώσουν την επιφάνεια του κράματος.
- Να μην αντιδρά χημικά με το χυτευόμενο κράμα.
- Να είναι αρκετά πορώδες και διαπερατό, ώστε κατά τη διαδικασία της χύτευσης να διευκολύνει τη διαφυγή των αερίων από την κοιλότητα του καλουπιού. Να μην είναι όμως υπερβολικά πορώδες, γιατί τότε δημιουργούνται ανωμαλίες στην επιφάνεια του χυτού.
- Να εμφανίζει διαστολή, τέτοια ώστε να αντισταθμίζει τη συστολή του κέρινου προτύπου και του μετάλλου.
- Το κρυσταλλωμένο πυρόχρωμα πρέπει να έχει αρκετή αντοχή, για να μην κινδυνεύσει κατά τους χειρισμούς (ιδιαίτερα για τα πυροχρώματα των μερικών οδοντοστοιχιών).
- Η εσωτερική επιφάνεια του καλουπιού θα πρέπει να είναι ανθεκτική σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά και σε υψηλότερες θερμοκρασίες, για να

αντέχει στη δύναμη πρόσκρουσης του χυτευόμενου κράματος και να μη δημιουργούνται ρωγμές στις υψηλές θερμοκρασίες.

- Μετά την ολοκλήρωση της χύτευσης το πυρόχωμα, πρέπει να απομακρύνεται εύκολα από την επιφάνεια του μετάλλου.
- Το πυρόχωμα θα πρέπει να είναι φθινό, γιατί μετά τη διαδικασία της χύτευσης το καλούπι καταστρέφεται.
- Πρέπει να είναι εύκολο στη χρήση και να κρυσταλλώνεται (πήζει) σχετικά γρήγορα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει κανένα πυρόχωμα που να καλύπτει ικανοποιητικά όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Στην οδοντιατρική χρησιμοποιούνται διάφορα είδη κραμάτων με διαφορετικό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης και με διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής. Γι' αυτό για κάθε είδος κράματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται εκείνος ο τύπος του πυροχώματος, που ανταποκρίνεται καλύτερα στις φυσικομηχανικές ιδιότητες του κράματος.

### ■ 5.3 Σύσταση και ταξινόμηση πυροχωμάτων

Τα σύγχρονα πυροχώματα είναι μείγματα τριών διαφορετικών ομάδων υλικών:

- **Πυράντοχες ουσίες.** Είναι μη μεταλλικές ουσίες με υψηλό σημείο τήξης, που χαρακτηρίζονται από φυσικομηχανική σταθερότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Τέτοιες ουσίες είναι οι διάφορες κρυσταλλικές μορφές του διοξειδίου του πυριτίου, όπως ο χαλαζίας, και ο χριστοβαλίτης.
- **Συνδετικές ουσίες.** Είναι απαραίτητες για το σχηματισμό μιας συνεκτικής στερεής μάζας στο πυρόχωμα. Τέτοιες ουσίες είναι κυρίως η γύψος, αλλά και άλλες όπως το πυριτικό νάτριο, το πυριτικό αιθύλιο, το φωσφορικό νάτριο, το θειικό αμμώνιο κ.α.
- **Ρυθμιστικές ή επιπρόσθετες ουσίες.** Χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τις ιδιότητες των πυροχωμάτων. Τέτοιες ουσίες είναι ο άνθρακας, το βορικό οξύ, η σκόνη χαλκού, το θειικό κάλιο, το χλωριούχο νάτριο κ.α.

Τα πυροχώματα διακρίνονται στους παρακάτω τύπους:

- **Απλά πυροχώματα.** Είναι αυτά που περιέχουν σαν συνδετική ουσία γύψο (πυροχώματα γύψου).

- **Ειδικά πυροχώματα.** Είναι αυτά που δεν περιέχουν γύψο σαν συνδετική ουσία και διακρίνονται: α) Στα πυροχώματα φωσφορικού τύπου και β) Στα πυροχώματα πυριτικού τύπου.
- **Πυροχώματα για συγκόλληση.**  
Οι τύποι των πυροχωμάτων διαφέρουν στις ιδιότητες και τις χρήσεις τους.

## ■ 5.4 Απλά πυροχώματα - πυροχώματα γύψου

### 5.4.1 Σύνθεση

Τα πυροχώματα γύψου χρησιμοποιούνται από τις αρχές του αιώνα μας με τη μορφή που έχουν και σήμερα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη χύτευση κραμάτων χαμηλού σημείου τήξης, όπως είναι τα κράματα χρυσού και τα κάτω των 1300°C τηκόμενα κράματα χρωμίου-κοβαλτίου. Τα πυροχώματα περιέχουν γύψο σαν συνδετική ουσία ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) σε ποσοστό 25-45% και σαν πυράντοχη ουσία χρησιμοποιείται, το διοξείδιο του πυριτίου με τη μορφή συνήθως του χαλαζία και του χριστοβαλίτη.

Ακόμη χρησιμοποιούνται πρόσθετα, όπως είναι ο βόρακας, που επιβραδύνει την πήξη, το θειικό νάτριο, που επιταχύνει την πήξη και το χλωριούχο νάτριο, το χλωριούχο κάλιο και το χλωριούχο λίθιο, που αυξάνουν τη θερμική διαστολή. Ακόμη χρησιμοποιούνται χρωστικές που βοηθούν στο διαχωρισμό του είδους των πυροχωμάτων.

Η γύψος που περιέχεται είναι του τύπου της α-ημιένυδρης μορφής (σκληρή γύψος), επειδή έχει καλύτερες ιδιότητες από την β-ημιένυδρη μορφή (κοινή γύψος) και χρησιμοποιείται σαν συνδετική ουσία, γιατί κατά την πήξη σχηματίζει δίκτυο κρυστάλλων στο οποίο συγκρατούνται τα υπόλοιπα συστατικά του πυροχώματος.

### 5.4.2 Ιδιότητες

#### ***α. Διαστολή πήξης ή φυσική διαστολή***

Όταν αναμειχθεί σκόνη πυροχώματος και νερό, δημιουργείται μια μάζα υλικού (πολτός) που σταδιακά κρυσταλλώνεται, πήζει ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνεται θερμότητα. Αυτό οφείλεται στην πήξη της γύψου. Ο χρόνος πήξης των πυροχωμάτων γύψου κυμαίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή Νο II της A.D.A. από 5-25 min. Ο συνήθης χρόνος πήξης είναι μεταξύ 9-18 min.

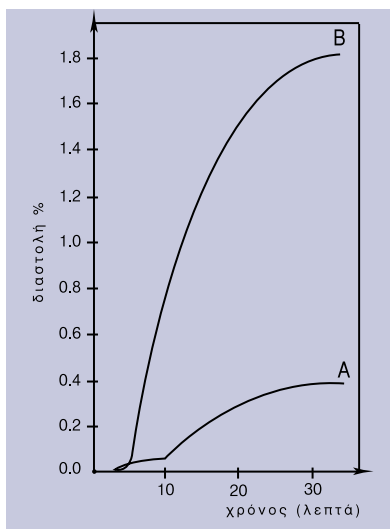
Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πήξης είναι:

- Η αναλογία νερού-σκόνης. Αύξηση του νερού προκαλεί αύξηση του χρόνου πήξης του πυροχώματος.
- Η θερμοκρασία του νερού. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού μειώνει το χρόνο πήξης.
- Ο τρόπος ανάμιξης.
- Η αυξημένη περιεκτικότητα γύψου στο πυρόχωμα μειώνει το χρόνο πήξης.

Η διαστολή πήξης παίρνει τιμές από 0,3-0,5% κατ' όγκο και δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,5% (προδιαγραφή της Α.Δ.Α.). Τα σύγχρονα πυροχώματα έχουν διαστολή πήξης μέχρι 0,4% (Εικ. 5.2).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαστολή πήξης είναι:

- Ο χρόνος μίξης. Αύξηση του χρόνου αυξάνει την διαστολή
- Η σχέση νερού-σκόνης. Όσο περισσότερο νερό χρησιμοποιείται, τόσο μικρότερη είναι η διαστολή πήξης.
- Η χρήση ρυθμιστικών ουσιών, μπορεί να αυξήσει τη διαστολή πήξης.
- Το πάχος και το είδος του κεριού.
- Ο τρόπος ανάμιξης. Έχει βρεθεί ότι η φυσική διαστολή του πυροχώματος μειώνεται σημαντικά όταν η επεξεργασία του γίνει σε κενό αέρος (Vacuum).



**Εικ. 5.2** Καμπύλες διαστολής πυροχώματος. (Α) διαστολή πήξης και (Β) υγροσκοπική διαστολή

### β. Υγροσκοπική διαστολή πήξης

Υγροσκοπική διαστολή πήξης είναι η γραμμική διαστολή που εμφανίζεται στο πυρόχωμα, όταν κατά την κρυστάλλωσή του έρθει σε επαφή με νερό. Αυτό μπορεί να συμβεί, αν τοποθετηθεί ο δακτύλιος σε υδατόλουτρο (μετά την επένδυση του κέρινου ομοιώματος) ή με ενστάλαξη νερού στην ελεύθερη επιφάνεια του πυροχώματος.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της A.D.A., η υγροσκοπική διαστολή πρέπει να είναι μεταξύ του 1,2-2,2%.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την υγροσκοπική διαστολή είναι:

- Η σύνθεση του πυροχώματος.
- Η αναλογία νερού-σκόνης. Η αύξηση της ποσότητας του νερού μειώνει το ποσοστό της υγροσκοπικής διαστολής.
- Η ηλικία του πυροχώματος. Όσο πιο παλιό είναι τόσο μικρότερη είναι η διαστολή του πυροχώματος.
- Ο χρόνος ανάμιξης. Αύξηση του χρόνου ανάμιξης αυξάνει την υγροσκοπική διαστολή.
- Ο χρόνος εμβύθισης στο υδατόλουτρο. Η διαστολή αυξάνεται αν το πυρόχωμα έρθει σε επαφή με το νερό πριν αρχίσει η κρυστάλλωση ή μέχρι να χάσει τη γυαλάδα του.

Η γύψος δεν είναι απαραίτητη για την υγροσκοπική διαστολή, γιατί παρατηρείται και στα πυροχώματα που δεν έχουν γύψο ως συνδετική ουσία. Αυτό συμβαίνει, γιατί το νερό έλκεται γύρω από τα μόρια του  $\text{SiO}_2$ , με αποτέλεσμα να προκαλεί διαχωρισμό των μορίων και διαστολή.

Συνοψίζοντας αναφέρουμε ό,τι επειδή η υγροσκοπική διαστολή εξαρτάται από μεγάλο αριθμό αστάθμητων παραγόντων, αμφισβητείται η χρησιμοποίησή της στα οδοντιατρικά χυτά.

### **γ. Θερμική διαστολή**

Θερμική διαστολή είναι η γραμμική διαστολή που υφίσταται το πυρόχωμα όταν θερμανθεί μέχρι τη θερμοκρασία χύτευσης. Οφείλεται αποκλειστικά στα θερμοανθεκτικά συστατικά του πυροχώματος δηλαδή στο διοξείδιο του πυριτίου.

Η θερμική διαστολή είναι η πιο σημαντική διαστολή του πυροχώματος και κυμαίνεται ανάλογα με τον τύπο του πυροχώματος από 0,5-2%, σε θερμοκρασία όχι πάνω από  $700^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία αυτή είναι σημαντική για τα απλά πυροχώματα, γιατί πάνω απ' αυτήν η γύψος διασπάται, απελευθερώνοντας θειούχα αέρια, τα οποία προσβάλλουν την επιφάνεια των χρυσοκραμάτων. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης τα συστατικά του πυροχώματος της γύψου παρουσιάζουν διαφορετική το καθένα φυσικοχημική συμπεριφορά. Η γύψος συστέλλεται, ενώ το διοξείδιο του πυριτίου διαστέλλεται.

Προκειμένου να έχουμε διαστολή του πυροχώματος, πρέπει να αντιρροπείται η συστολή της γύψου από την διαστολή του πυριτίου.

Στην θερμική διαστολή του πυροχώματος επιδρούν:

- Η ποσότητα του πυριτίου. Όσο αυξάνεται η ποσότητα του πυριτίου αυξάνεται και η θερμική διαστολή.
- Η μορφή του πυριτίου. Τη μεγαλύτερη διαστολή εμφανίζει ο χριστοβαλίτης, μετά ο χαλαζίας και τελευταίος ο τριδυμίτης.
- Τα χημικά πρόσθετα. Για παράδειγμα, μικρές ποσότητες χλωριούχου νατρίου ή λιθίου ή καλίου αυξάνουν τη θερμική διαστολή. Επίσης το βορικό οξύ αυξάνει τη θερμική διαστολή, προκαλεί όμως αδρότητα στην επιφάνεια των χυτών.
- Η αναλογία νερού-σκόνης. Ο λεπτόρρευστος πολτός μικραίνει τη θερμική διαστολή. Γι' αυτό πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι αναλογίες που δίνει ο κατασκευαστής για το κάθε πυρόχωμα.

#### **δ. Συστολή κατά την απόψυξη**

Μετά τη θέρμανση του πυροχώματος (στους 700°C), πρέπει να γίνει αμέσως η χύτευση, γιατί, αν το πυρόχωμα κρυώσει στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος παρουσιάζει σταδιακή συστολή. Όταν το πυρόχωμα αποκτήσει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει τη μεγαλύτερη συστολή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν πρέπει να αναθερμαίνεται το πυρόχωμα που έχει κρυώσει, επειδή εκτός των άλλων δημιουργούνται στη μάζα του μικρορωγμές με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβληματικών χυτών. Επίσης πρέπει η χύτευση του πυροχώματος μετά την αφαίρεση του δακτυλίου από το φούρνο, να γίνεται πολύ γρήγορα, για να πάρουμε ακριβές χυτό.

#### **ε. Αντοχή σε δυνάμεις θλίψης**

Δύο ώρες μετά την πήξη του πυροχώματος, η δύναμη που απαιτείται για τη θλίψη του δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 24,86x105N/m<sup>2</sup>.

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θλίψη είναι οι εξής:

- Η αναλογία νερού-σκόνης. Η μεγάλη ποσότητα νερού μειώνει την αντοχή του πυροχώματος.
- Η θερμοκρασία που θερμαίνεται ένα πυρόχωμα επηρεάζει την αντοχή του στη θλίψη.
- Ένα πυρόχωμα το οποίο αποψύχθηκε έχει μειωμένη αντοχή, εξαιτίας των μικροσκοπικών ρωγμών στη μάζα του.

- Τα πυροχώματα που περιέχουν χλωριούχο νάτριο, έχουν ελαττωμένα αντοχή όταν θερμαίνονται στους 700°C.
- Ο τύπος και η ποσότητα της συνδετικής ουσίας. Έτσι η προσθήκη α- αντί β-ημιένυδρης αυξάνει πολύ την αντοχή. Επίσης η ποσότητα της γύψου δε θα πρέπει να είναι κάτω από 15%.

Η αντοχή στη θλίψη του πυροχώματος δεν θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλη, γιατί υπάρχει φόβος καταστροφής του χυτού, κατά την ψύξη του λιωμένου κράματος, που εκδηλώνεται σαν στρέβλωση ή ράγισμα του χυτού.

### **στ. Μέγεθος κόκκων**

Ένα πυρόχωμα πρέπει να αποτελείται από μικρούς κόκκους διοξειδίου του πυριτίου, γιατί εξαρτώνται πολλές ιδιότητες απ' αυτό π.χ. όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κόκκων, τόσο πιο λεία επιφάνεια θα έχει το χυτό.

Τα πυροχώματα πρέπει ακόμη να αποτελούνται από κόκκους διαφόρων μεγεθών, για να διευκολύνεται η έξοδος του αέρα κατά τη χύτευση.

Ακόμη, οι κόκκοι ενιαίου μικρού μεγέθους δίνουν χυτά ατελή ή και με πόρους, ενώ οι μεγάλοι μεγέθους ενιαίοι κόκκοι δίνουν χυτά με αδρή επιφάνεια.

Να σημειωθεί ότι τα λεπτόκοκκα με λίγη γύψο πυροχώματα, δίνουν χυτά με πόρους, επειδή εμποδίζουν την έξοδο του αέρα από το καλούπι και απαιτούν τη χρήση ειδικών αγωγών εξαέρωσης.

### **ζ. Αποθήκευση**

Η αποθήκευση πρέπει να γίνεται σε αεροστεγή δοχεία, γιατί η υγρασία του περιβάλλοντος επιδρά δυσμενώς στο πυρόχωμα. Τα δοχεία πρέπει να ανοίγονται για όσο το δυνατόν μικρότερο διάστημα. Τα συστατικά του πυροχώματος έχουν διαφορετικό ειδικό βάρος, με αποτέλεσμα τα βαρύτερα να καθιζάνουν. Αυτό σε ένα παλιό πυρόχωμα θα έχει αρνητική επίδραση στις ιδιότητες του. Γι' αυτό θα πρέπει το πυρόχωμα να αγοράζεται σε μικρές ποσότητες.

## **■ 5.5 Ειδικά πυροχώματα**

### **5.5.1 Πυροχώματα φωσφορικού τύπου**

Τα πυροχώματα αυτά αντέχουν σε θερμοκρασίες πάνω από 750°C και χρησιμοποιούνται για τη χύτευση όχι μόνο των κραμάτων χρυσού (με υψηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης), αλλά και για τη χύτευση κραμάτων αρ-

γύρου-παλλαδίου, καθώς και των βασικών κραμάτων (χρωμίου-κοβαλτίου, χρωμίου-νικελίου). Η διαφορά τους από τα απλά πυροχώματα είναι η συνδεδετική ουσία που τα κάνει πιο θερμοανθεκτικά. Γι' αυτό τείνουν να αντικαταστήσουν τα άλλα πυροχώματα.

### 5.5.1.1 Σύνθεση

Αποτελούνται από πυριάντοχες ουσίες, από συνδεδετική ουσία και από διάφορες χημικές προσθήκες:

**Πυριάντοχα συστατικά.** Χρησιμοποιούνται οι αλλοτροπικές μορφές του πυριτίου (χαλαζίας, χριστοβαλίτης) σε ποσοστό 80%.

**Συνδεδετική ουσία.** Χρησιμοποιείται το πυριτικό νάτριο, το πυριτικό αιθύλιο, το θειικό αμμώνιο, το φωσφορικό νάτριο, το φωσφορικό αμμώνιο. Συνήθως χρησιμοποιείται το φωσφορικό μονο-αμμώνιο, που είναι θερμοανθεκτικό και ενσωματώνεται στη σκόνη.

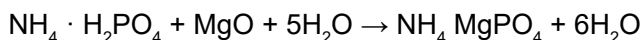
**Διάφορες χημικές ουσίες.** Τέτοιες είναι το χλωριούχο νάτριο, το βορικό οξύ, το θειικό κάλιο, η σκόνη χαλκού και οξειδίου του μαγνησίου.

Οι ουσίες αυτές βοηθούν στην επιτάχυνση ή επιβράδυνση των χημικών αντιδράσεων κατά την πήξη του πυροχώματος.

Επίσης σε ορισμένα πυροχώματα προστίθεται γραφίτης, ο οποίος δημιουργεί αναγωγική ατμόσφαιρα και δίνει καθαρά χυτά (ιδιαίτερα για κράματα χρυσού). Στα κράματα αργύρου-παλλαδίου πιστεύεται ότι η παρουσία άνθρακα επηρεάζει δυσμενώς το κράμα.

### 5.5.1.2 Πήξη

Η σκόνη του πυροχώματος αναμιγνύεται με νερό ή με ένα υδατικό κολοειδές πυριτικό εναιώρημα. Με την ανάμειξη απελευθερώνονται φωσφορικά ιόντα, τα οποία αντιδρούν με το μεταλλικό οξείδιο ( $MgO$ ) και σχηματίζουν εναμμόνιο φωσφορικό μαγνήσιο και αποβάλλεται θερμότητα:



Το εναμμόνιο φωσφορικό μαγνήσιο δρα σαν συνδεδετική ουσία και προκαλεί την πήξη του πυροχώματος δίνοντάς του ικανοποιητική αντοχή.

Κατά τη θέρμανση του πυροχώματος η συνδεδετική ουσία αντιδρά με το πυρίτιο και δίνει σαν τελικά προϊόντα φωσφορικό μαγνήσιο και οξείδιο του μαγνησίου με αναλλοίωτο χαλαζία ή χριστοβαλίτη.



Ο χρόνος πήξης επηρεάζεται από το χρόνο ανάμιξης, τη θερμοκρασία του υγρού, την αναλογία υγρού-σκόνης, αλλά και από τον τρόπο ανάμιξης της σκόνης του πυροχώματος με το υγρό. Συγκεκριμένα ο τρόπος ανάμιξης έχει σημασία για την ακρίβεια των λεπτομερειών και τη δημιουργία λείων επιφανειών στα χυτά. Γι' αυτό τα πυροχώματα αυτά πρέπει να αναμιγνύονται για αρκετό χρόνο με μηχανικό αναμικτήρα σε κενό αέρος ώστε να γίνεται σωστή χημική αντίδραση (πλήρης συσσωμάτωση σκόνης-υγρού) και παράλληλα να διαφεύγουν τα αέρια προϊόντα της αντίδρασης για να μην δημιουργούνται ανώμαλες επιφάνειες στα χυτά. Με τη μηχανική ανάμιξη επιτυγχάνουμε γρήγορη πήξη, μεγαλύτερη διαστολή και λείες επιφάνειες των χυτών.

Να σημειωθεί ότι συστήνονται μικρότεροι δακτύλιοι με λίγα κέρινα ομοιώματα, γιατί σε μεγάλους δακτύλιους με πολλά κέρινα ομοιώματα αυξάνεται υπερβολικά η θερμοκρασία, με αποτέλεσμα να έχουμε προβλήματα στα κεριά. Επίσης, κατά το γέμισμα του δακτυλίου με πυροχώμα, η δόνηση του δακτυλίου δεν θα πρέπει να είναι μεγάλης διάρκειας, γιατί μπορεί να προκληθεί διαχωρισμός των κόκκων του πυροχώματος με αποτέλεσμα χυτά με ανώμαλες επιφάνειες.

### **5.5.1.3 Θερμική και υγροσκοπική διαστολή**

Τα πυροχώματα φωσφορικού τύπου όταν αναμιγνύονται με νερό, τότε κατά τη θέρμανσή τους εμφανίζουν συστολή, ενώ όταν αναμιγνύονται με κολοειδές πυριτικό διάλυμα, τότε στην αρχή εμφανίζουν συστολή και μετά διαστολή. Αυξομειώνοντας τη συγκέντρωση του κολοειδούς διαλύματος με την προσθήκη νερού επιτυγχάνουμε από μικρή συστολή μέχρι μεγάλη διαστολή του πυροχώματος. Και στα πυροχώματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της υγροσκοπικής διαστολής, αλλά ο δακτύλιος πρέπει να παραμείνει για 30-45 min σε νερό θερμοκρασίας 38°C.

### **5.5.1.4 Θερμική συστολή**

Τα πυροχώματα αυτά κατά τη θέρμανσή τους εμφανίζουν συστολή που οφείλεται στην αποσύνθεση του εναμμώνιου φωσφορικού μαγνησίου και γίνεται αισθητή από την έντονη οσμή της αμμωνίας που απελευθερώνεται. Όπως και στα απλά πυροχώματα η συστολή αντιρροπείται με τη διαστολή του πυριτίου.

### 5.5.1.5 Πόρωση

Τα πυροχώματα αυτά δίνουν συνήθως λιγότερους πόρους, πιθανόν επειδή η αντίδραση της πήξης συνεχίζεται όσο αυτά θερμαίνονται και έτσι μπορούν να καλύπτονται από ενώσεις (πυριτιοφωσφορικές) τα κενά, που δημιουργούνται μεταξύ των κόκκων του πυριτίου. Απαιτούν όμως τη χρήση ειδικών αγωγών εξαερώσης πριν από την επένδυση του κέρινου ομοιώματος με πυρόχωμα, εξαιτίας της δυσκολίας διαφυγής του αέρα από το καλούπι κατά τη χύτευση.

### 5.5.1.6 Αντοχή

Η δημιουργία πυριτιοφωσφορικών ενώσεων κατά την πήξη τους, προσδίδει στα πυροχώματα αυτά μεγάλη αντοχή. Έτσι με τα πυροχώματα αυτά μπορούν να χυτευτούν κράματα βασικών μετάλλων (χρωμίου-κοβαλτίου ή χρωμίου-νικελίου), που εμφανίζουν μεγαλύτερη διαστολή από τα χρυσοκράματα.

## 5.5.2 Πυροχώματα πυριτικού τύπου

Τα πυροχώματα αυτά και τα φωσφορικού τύπου διαφέρουν από τα άλλα, στον τύπο της συνδετικής ουσίας που περιέχουν, η οποία τα κάνει περισσότερο ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες από τα άλλα είδη. Στα πυροχώματα αυτά μπορούν να χυτευτούν κράματα με θερμοκρασία τήξης από 1100-1200°C. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη χύτευση κραμάτων βασικών μετάλλων (χρωμίου-κοβαλτίου).

### 5.5.2.1 Σύνθεση

Αποτελούνται από διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) στις αλλοτροπικές του μορφές (χαλαζία, χριστοβαλίτη), από συνδετική ουσία λιγότερη από 20% και διάφορες χημικές ουσίες. Τα συστατικά του πυροχώματος αυτού συνδέονται μεταξύ τους με συνδετική ουσία, η οποία είναι κολλοειδής μορφή του πυριτίου σε κατάσταση πηκτής (gel). Η κολλοειδής μορφή του πυριτίου μεταπίπτει από την υγρή κατάσταση (sol), στη μορφή πηκτής (gel), στη θερμοκρασία του δωματίου και έτσι γίνεται η πήξη του πυροχώματος. Τα κολλοειδή διαλύματα του πυριτίου σχηματίζονται από πυριτικό νάτριο ή αιθυλικό πυρίτιο.

### 5.5.2.2 Πήξη

Το κολλοειδές διάλυμα της συνδετικής ουσίας αναμιγνύεται με τον χαλαζία ή τον χριστοβαλίτη και σχηματίζεται πηκτή (gel) πολυπυριτικού οξέος. Ακόμη στο μίγμα προστίθεται οξείδιο του μαγνησίου (0,5%) το οποίο έχει μεγαλύτερη αντοχή. Το κολλοειδές διάλυμα της συνδετικής ουσίας βρίσκεται αρχικά σε υγρή μορφή (sol) και μετά την ανάμιξη σχηματίζεται η πηκτή μορφή (gel), η οποία αφυδατώνεται σε θερμοκρασία μικρότερη των 168°C με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ογκομετρική συστολή, που ονομάζεται πράσινη συστολή. Επίσης, επειδή ο σχηματισμός της πηκτής είναι αργός, προστίθενται στο κολλοειδές διάλυμα του αιθυλικού πυριτίου αμίνες, όπως η πιπεριδίνη και έτσι επιτυγχάνεται ταχύτερη πήξη.

### 5.5.2.3 Συστολή πήξης - Θερμική συστολή

Κατά την πήξη του πυροχώματος, σχηματίζεται η πηκτή του κολλοειδούς διαλύματος, ενώ ακολουθεί η συστολή του πυροχώματος. Στη συστολή της πήξης προστίθεται και η θερμική συστολή που εμφανίζεται όταν το πυρόχωμα θερμανθεί στους 100-200°C. Η συστολή αυτή οφείλεται στην εξάτμιση αλκοόλης και νερού (πράσινη συστολή). Στους 675°C εμφανίζεται και μια τρίτη συστολή, που οφείλεται στη μετατροπή της πηκτής (gel) του πολυπυριτικού οξέος σε πυρίτιο.

### 5.5.2.4 Θερμική διαστολή

Έχει αναφερθεί ότι η συστολή κατά την πήξη και τη θέρμανση πρέπει να αντிரροπηθεί από τη θερμική συστολή του πυροχώματος. Το μεγαλύτερο μέρος της συστολής αντிரροπείται με θέρμανση μέχρι τους 800°C από τη θερμική διαστολή των αλλοτροπικών μορφών του διοξειδίου του πυριτίου. Ακόμα, οι αμίνες που προστίθενται στο κολλοειδές διάλυμα βοηθούν στην αντιστάθμιση της συστολής πήξεως και της θερμικής συστολής του πυροχώματος. Η θερμική διαστολή των πυροχωμάτων αυτών ελέγχεται από τη μορφή και το ποσό του διοξειδίου του πυριτίου και από το μέγεθος των κόκκων του.

### 5.5.2.5 Αποθήκευση

Τα πυροχώματα πυριτικού τύπου δεν έχουν πρόβλημα με την αποθήκευσή τους, όσον αφορά τα υγρά που συνοδεύουν τη σκόνη, έχουν δηλαδή πολύ μεγάλο χρόνο αποθήκευσης.

### 5.5.3 Πυροχώματα για συγκόλληση

Τα πυροχώματα που χρησιμοποιούνται για συγκόλληση πρέπει να εκπληρώνουν διαφορετικές απαιτήσεις, από εκείνες των πυροχωμάτων για χύτευση. Ωστόσο τα πυροχώματα για συγκόλληση είναι παρόμοια με τα πυροχώματα για χύτευση, που περιέχουν χαλαζία και γύψο σαν συνδετική ουσία. Τα πυροχώματα για συγκόλληση, έχουν μικρότερη διαστολή από τα πυροχώματα για χύτευση και είναι περισσότερο πορώδη, ώστε να διευκολύνουν την αρτιότερη και ταχύτερη θέρμανση των προς συγκόλληση τμημάτων.

Πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τη συγκόλληση, είναι απαραίτητη η ομοιομορφη θέρμανση του πυροχώματος, για την αποφυγή ραγισμάτων στην επιφάνειά του. Γι' αυτό σε οποιοσδήποτε συγκολλήσεις, η προθέρμανση του πυροχώματος πρέπει να γίνεται σε ηλεκτρικό φούρνο.

### ■ 5.6 Επιλογή του κατάλληλου πυροχώματος

Κατά την επιλογή του πυροχώματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

- Το είδος του κράματος που θα χρησιμοποιηθεί.
- Η τεχνική που θα ακολουθηθεί.
- Το είδος του χυτού.

Ένα σημαντικό στοιχείο είναι οι τρόποι με τους οποίους θα αντισταθμίσουμε τη συστολή του κράματος:

- Με τη θερμική διαστολή του πυροχώματος. Σ' αυτή την περίπτωση το πυρόχωμα που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να έχει θερμική διαστολή μεταξύ 1% και 2% (τύπος I της A.D.A. Sp. No 2).
- Με την υγροσκοπική διαστολή του πυροχώματος. Στην περίπτωση αυτή το πυρόχωμα που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να έχει θερμική διαστολή μικρή (από 0,0% και 0,6%, πυρόχωμα τύπου II της A.D.A. Sp. No 2).

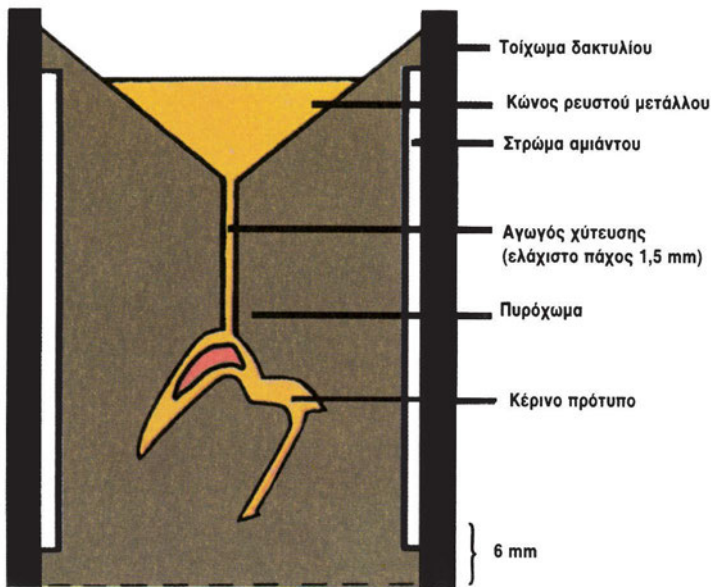
Για τα κράματα χρυσού με χαμηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, χρησιμοποιούμε απλά πυροχώματα, ενώ γι' αυτά με μεγάλο θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, φωσφορικού τύπου πυρόχωμα.

Για κράματα αργύρου - παλλαδίου με υψηλό διάστημα τήξης, χρησιμοποιούμε φωσφορικά πυροχώματα.

Για τα κράματα των βασικών μετάλλων (χρωμίου-κοβαλτίου-νικελίου) συ-

νιστάται η χρήση πυροχωμάτων πυριτικού τύπου και μερικών φωσφορικών πυροχωμάτων, που είναι ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για τα κράματα αργύρου-παλλαδίου και βασικών μετάλλων, το πυρόχωμα δεν πρέπει να περιέχει γραφίτη, γιατί μπορεί να έχουμε προβλήματα στο δεσμό με την πορσελάνη ή να επηρεαστούν αρνητικά οι μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων.



**Εικ. 5.3.** Σχηματική απεικόνιση κέρινου πρότυπου τοποθετημένου σε πυρόχωμα

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Α**φού ολοκληρωθεί η κατασκευή του κέρινου προτύπου (ομοιώματος), στη συνέχεια ακολουθεί η μετατροπή του σε μεταλλικό σκελετό, η οποία όμως προϋποθέτει την τοποθέτηση των αγωγών χύτευσης, την αφαίρεση του προτύπου από το εκμαγείο και τη δημιουργία ενός καλουπιού μέσα στο οποίο θα εισρεύσει το λιωμένο μέταλλο ή κράμα. Για τη δημιουργία του καλουπιού, θα πρέπει το κέρινο πρότυπο να καλυφθεί από ένα υλικό ανθεκτικό στη θερμοκρασία στην οποία λειώνει το μέταλλο ή το κράμα.

Η κάλυψη του κέρινου προτύπου με το θερμοανθεκτικό υλικό ονομάζεται επένδυση και το υλικό που χρησιμοποιείται για την επένδυση ονομάζεται πυρόχωμα.

Το πυρόχωμα όμως εκτός από τη δημιουργία του καλουπιού και την αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες, θα πρέπει να μπορεί να διαστέλλεται, τόσο όσο χρειάζεται για να αντιρροπηθεί η συστολή του κράματος κατά την στερεοποίησή του καθώς και η συστολή του κεριού εξαιτίας των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Τα σύγχρονα πυροχώματα είναι μείγματα τριών διαφορετικών ομάδων υλικών:

- πυράντοχες ουσίες
- συνδετικές ουσίες
- ρυθμιστικές ή επιπρόσθετες ουσίες

Τα πυροχώματα διακρίνονται στους παρακάτω τύπους:

1. Απλά πυροχώματα. Αυτά περιέχουν σαν συνδετική ουσία γύψο
2. Ειδικά πυροχώματα. Αυτά διακρίνονται:
  - α. στα πυροχώματα φωσφορικού τύπου και
  - β. στα πυροχώματα πυριτικού τύπου
3. Πυροχώματα για συγκόλληση

Κατά την επιλογή του πυροχώματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες:

- Το είδος του κράματος που θα χρησιμοποιηθεί.
- Η τεχνική που θα ακολουθηθεί.
- Το είδος του χυτού.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ονομάζεται πυρόχωμα;
2. Ποιος ο ρόλος των πυροχωμάτων;
3. Γιατί το πυρόχωμα πρέπει να διαστέλλεται;
4. Ποιες είναι οι κυριότερες ιδιότητες, που πρέπει να έχει ένα πυρόχωμα;
5. Ποια είναι η σύσταση των πυροχωμάτων;
6. Σε ποιους τύπους διακρίνονται τα πυροχώματα;
7. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη φυσική διαστολή των πυροχωμάτων από γύψο;
8. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την υγροσκοπική διαστολή των πυροχωμάτων από γύψο;
9. Ποιοι παράγοντες επιδρούν στη θερμική διαστολή του πυροχώματος από γύψο;
10. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η θλίψη των πυροχωμάτων από γύψο;
11. Τι γνωρίζετε για την αποθήκευση των πυροχωμάτων;
12. Ποια είναι η σύνθεση των πυροχωμάτων φωσφορικού τύπου;
13. Από τι επηρεάζεται ο χρόνος πήξης των πυροχωμάτων φωσφορικού τύπου;
14. Τι γνωρίζετε για την πόρωση των πυροχωμάτων φωσφορικού τύπου;
15. Τι γνωρίζετε για τη σύνθεση των πυροχωμάτων πυριτικού τύπου;
16. Ποιοι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την επιλογή του πυροχώματος;
17. Τι περιλαμβάνει η προετοιμασία του δακτυλίου πυράκτωσης;
18. Ποια τα πλεονεκτήματα από την ανάμειξη των πυροχωμάτων σε μηχανικό αναδευτήρα με κενό αέρα;

## ■ 6.1 Εισαγωγή

Τα κεριά είναι σε καθημερινή χρήση στην οδοντιατρική και στην οδοντοτεχνία. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή προσθετικών εργασιών όπως στεφανών, γεφυρών, ένθετων, επένθετων, ολικών και μερικών οδοντοστοιχιών. Επίσης χρησιμοποιούνται ως υλικό καταγραφών, για κέρια ύψη αρθρώσεως και σε πολλές άλλες εργασίες, όπως εγκιβωτισμό αποτυπωμάτων κτλ. Ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται, υπάρχουν πολλοί τύποι κεριών που διαφέρουν ως προς την σύνθεση και τις ιδιότητες.

## ■ 6.2 Γενικά

Τα κεριά χωρίζονται σ' εκείνα που έχουν φυσική προέλευση και σ' εκείνα που έχουν τεχνητή προέλευση. Στα φυσικά κεριά περιλαμβάνονται τα φυτικά, τα ζωικά, και τα ορυκτά κεριά. Τα κεριά τεχνητής προέλευσης παρασκευάζονται τεχνητά στο εργαστήριο και ονομάζονται συνθετικά κεριά.

Τα κυριότερα φυτικά κεριά είναι η καρναούμπα, η οποία λαμβάνεται από τα φύλλα ενός ειδικού φοίνικα και η καντελίλα που προέρχεται από διάφορα είδη φυτών.

Τα κυριότερα ζωικά κεριά είναι το κεριό της μέλισσας, και το κήτειον σπέρμα (σπερματσέτο), το οποίο συλλέγεται από συγκεκριμένες κοιλότητες των κεφαλιών ορισμένων κητών.

Τα κυριότερα ορυκτά κεριά είναι η παραφίνη, η κηροσίνη.

Τα συνθετικά κεριά παρασκευάζονται χημικά στο εργαστήριο και τα κυριότερα είναι:

- Το κεριό πολυαιθυλενίου
- Το κεριό πολυοξυαιθυλενίου ή πολυοξυαιθυλενο-γλυκόλης
- Αλογονωμένα κεριά υδρογονανθράκων
- Υδρογονωμένα κεριά
- Κεριά εστέρων-αλκοολών και οξέων



Τα τελευταία χρόνια έχουμε καταφύγει στη λύση των συνθετικών κεριών, γιατί έχουν πιο σταθερές ιδιότητες από τα φυσικά κεριά. Με την προσθήκη επιπλέον διαφόρων ουσιών αποσκοπούμε στην κατασκευή κεριών με διαφορετικές ιδιότητες, τα οποία θα ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες χρήσεις, π.χ. οι φυσικές ρητίνες όταν αναμιγνύονται με φυσικά κεριά, δίνουν συνθετικά κεριά με συγκολλητικές ιδιότητες.

Τα σύγχρονα οδοντοτεχνικά κεριά είναι μίγματα φυσικών και συνθετικών κεριών, φυσικών και συνθετικών ρητινών, λιπών και χρωστικών ουσιών.

### ■ 6.3 Ιδιότητες των κεριών

Τα κεριά χρησιμοποιούνται σε μια σειρά εργασιών στο εργαστήριο. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου κεριού για κάθε εργασία εξαρτάται από τις ιδιότητες του κεριού, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της σύνθεσής του.

Τα οδοντιατρικά κεριά συνήθως θερμαίνονται, ώστε να γίνουν πιο εύχρηστα, και μετά ψύχονται πάλι. Για το λόγο αυτό, από τις ιδιότητες των υλικών (κεφάλαιο 2), αυτές που εξετάζονται στη χρήση των κεριών, αφορούν τις μεταβολές που υπόκεινται τα κεριά κατά τη χρήση τους.

**Θερμοκρασιακό διάστημα τήξης:** Τα κεριά αποτελούνται από διάφορες ουσίες (συνθετικές, φυτικές, ζωικές και άλλες). Το κάθε συστατικό του κεριού έχει διαφορετική θερμοκρασία τήξης. Έτσι τα κεριά, κατά τη θέρμανσή τους, δεν λειώνουν σε μια ορισμένη θερμοκρασία, αλλά εμφανίζουν ένα «θερμοκρασιακό διάστημα τήξης». Όταν χρησιμοποιείται ο όρος «θερμοκρασία τήξης» του κεριού, εννοείται η θερμοκρασία όπου όλα τα συστατικά του κεριού έχουν λιώσει και το κεριό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση.

**Ρευστότητα:** Τα κεριά για να γίνουν πιο εύχρηστα θερμαίνονται. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μαλακώνουν. Εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει τη θερμοκρασία τήξης, τότε τα κεριά λιώνουν. Για κάποιες εργασίες το κεριό πρέπει να θερμανθεί λίγο, για να είναι πιο εύπλαστο, ενώ για κάποιες άλλες πρέπει να θερμανθεί πιο πολύ, ώστε να γίνει ρευστό. Ο έλεγχος της ρευστότητας του κεριού από τον οδοντοτεχνίτη έχει μεγάλη σημασία και επηρεάζει τις διάφορες εργασίες. Η ρευστότητα του κεριού αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του.

**Θερμική διαστολή:** Όλα τα στερεά σώματα παρουσιάζουν θερμική διαστολή, δηλαδή αυξάνουν τον όγκο τους όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Όταν

η θερμοκρασία μειώνεται, τα σώματα συστέλλονται. Το ίδιο συμβαίνει και με τα κεριά.

Η διαστολή των κεριών δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από το είδος του κεριού. Οι μεταβολές στον όγκο των κεριών σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία έχουν μεγάλη σημασία στην οδοντοτεχνία, ιδιαίτερα στην κατασκευή του κέρινου προπλάσματος των χυτών εργασιών.

**Πλαστικότητα - Ελαστικότητα:** Η ελαστικότητα στα κεριά είναι χρήσιμη κατά την αφαίρεση του κέρινου προπλάσματος από το κολόβωμα του εκμαγείου. Τα κεριά λόγω της φύσης τους δεν παρουσιάζουν σημαντική ελαστικότητα. Αντιθέτως παρουσιάζουν εύκολα μόνιμη πλαστική παραμόρφωση.

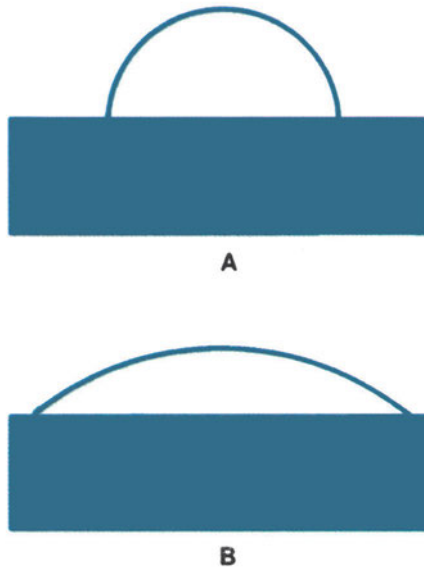
**Στρέβλωση:** Εκφράζει τη μόνιμη παραμόρφωση των κεριών κατά το χειρισμό τους. Κατά τη θέρμανση και την κατεργασία του κεριού εγκλωβίζονται τάσεις στη μάζα του. Οι εσωτερικές αυτές τάσεις απελευθερώνονται κατά την ψύξη του κεριού και μπορεί να οδηγήσουν στην παραμόρφωσή του. Στρέβλωση στα κεριά παρατηρείται και κατά την άσκηση εξωτερικής δύναμης. Η στρέβλωση είναι μια ιδιότητα του κεριού ανεπιθύμητη και δύσκολη στην αντιμετώπισή της.

Η στρέβλωση των κεριών δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί. Μπορούν όμως να περιοριστούν οι παράγοντες που την προκαλούν. Αυτό επιτυγχάνεται:

- με την ομοιόμορφη θέρμανση του κεριού
- με τη διατήρηση των κέρινων προπλάσματος σε όσο το δυνατόν χαμηλότερη και πιο σταθερή θερμοκρασία
- με την αποφυγή βίαιων χειρισμών των κέρινων προπλάσματος
- με την αποφυγή προσθήκης λειωμένου κεριού στο ήδη πηγμένο κέρινο πρόπλασμα
- με την αποφυγή επαφής του κέρινου προπλάσματος με ζεστά εργαλεία
- και με την όσο το δυνατόν ταχύτερη επένδυση του κέρινου προπλάσματος με πυρόχωμα, όταν πρόκειται για χυτές εργασίες, ή εγκλείστρωση του, όταν πρόκειται για οδοντοστοιχίες.

**Διαβροχή:** Η διαβροχή είναι μια ιδιότητα που βρίσκει εφαρμογή στα κεριά, είτε κατά την επένδυση του προπλάσματος με πυρόχωμα, είτε κατά την τοποθέτηση της γύψου στην εγκλείστρωση των οδοντοστοιχιών. Τα κεριά δε διαβρέχονται εύκολα. Η ατελής διαβροχή από το πυρόχωμα είναι δυνατόν

να προκαλέσει επιφανειακές ατέλειες, με μορφή κόκκων, στην επιφάνεια του χυτού. Η ατελής διαβροχή από τη γύψο κατά την εγκλείστρωση είναι δυνατόν να προκαλέσει ατέλειες με μορφή κόκκων στην επιφάνεια του ακρυλικού των οδοντοστοιχιών, ιδιαίτερα στην περιοχή που το ακρυλικό έρχεται σε επαφή με τα τεχνητά δόντια. Η βελτίωση της διαβροχής των κεριών επιτυγχάνεται με την επάλειψη ή τον ψεκασμό της επιφάνειάς τους με ειδικό διάλυμα (συνήθως διάλυμα σαπουνιού). Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η επιφανειακή ενέργεια του κεριού (Εικ. 6.1).



**Εικ. 6.1.** Διαβροχή της επιφάνειας ενός κεριού από γύψο (A) πριν και (B) μετά την επάλειψη με διάλυμα σαπουνιού

### 6.3.1 Τρόποι θέρμανσης των κεριών

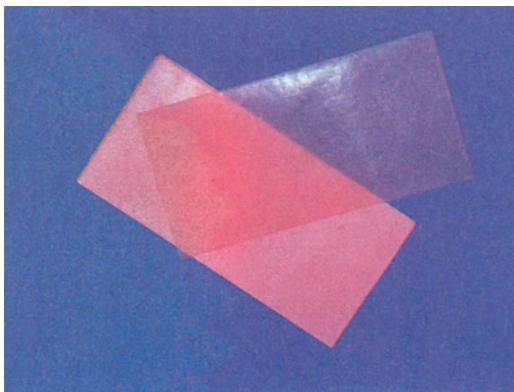
Πρέπει να αποφεύγεται η θέρμανση των κεριών πάνω από φλόγα. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να γίνεται σιγά-σιγά, ομοιόμορφα και με συνεχή περιστροφή του κεριού. Η καλύτερη μέθοδος για να μαλακώνει το κεριό είναι είτε μέσα σε κλίβανο με ρυθμιζόμενη θερμοκρασία, είτε μέσα σε υδατόλουτρο επίσης με ρυθμιζόμενη θερμοκρασία. Έτσι η θέρμανση του κεριού είναι ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα του. Τα κεριά δεν πρέπει να υπερθερμαίνονται.

## ■ 6.4 Είδη οδοντιατρικών κεριών

Στο εργαστήριο χρησιμοποιούνται πολλά είδη κεριών. Τα κεριά αυτά, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται, έχουν διαφορετική σύσταση και επομένως διαφορετικές ιδιότητες.

### 6.4.1 Κερί για βασικές πλάκες (base plate wax)

Κυκλοφορεί σε λεπτά ορθογώνια φύλλα χρώματος ροζ ή κόκκινου και χρησιμοποιείται στην κατασκευή βασικών πλακών στις οδοντοστοιχίες, στην κατασκευή ατομικών δισκαρίων χώρου, στην κατασκευή των κέρινων υψών, για τη σύνταξη των δοντιών, για τον εγκιβωτισμό του αποτυπώματος κ.τ.λ. (Εικ. 6.2)



**Εικ. 6.2.** Κερί για βασικές πλάκες

### 6.4.2 Κερί ενθέτων (inlay casting wax)

Χρησιμοποιείται για την κατασκευή κέρινων προπλασμάτων ενθέτων και επενθέτων (Εικ. 6.3). Χρησιμοποιείται από τον οδοντίατρο ενδοστοματικά (άμεση τεχνική) αλλά και από τον οδοντοτεχνίτη σε εκμαγεία (έμμεση τεχνική).

Ταξινομείται σε τρεις τύπους, ανάλογα με τη θερμοκρασία που μαλακώνει και τη ρευστότητά του. Τύπος Α (σκληρός), τύπος Β (μέτριας σκληρότητας) και τύπος Γ (μαλακός).



**Εικ. 6.3.** Κερί ενθέτων



**Εικ. 6.4.** Κερί χυτών εργασιών κατά τη χρήση του με ηλεκτρική κεριέρα

### 6.4.3 Κερί χυτών εργασιών (casting wax)

Αυτή η κατηγορία των κεριών είναι η βασική κατηγορία κατασκευής κέρινων προπλασμάτων χυτών εργασιών. Τα κεριά αυτά κυκλοφορούν σε μαλακή, μέτρια και σε σκληρή μορφή, ανάλογα με τη χρήση τους. Χρησιμοποιούνται σε όλες σχεδόν τις χυτές εργασίες, όπως στεφάνες, γέφυρες, σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών, δοκούς κ.τ.λ. Μοιάζουν με το κερί ενθέτων αλλά διαφέρουν στην θερμοκρασία ροής, τήξης και στη σκληρότητα. (Εικ. 6.4)

### 6.4.4 Συγκολλητικό κερί (sticky wax)

Έχει συγκολλητικές ικανότητες όταν είναι ρευστό. Σε στερεά κατάσταση είναι σκληρό και αρκετά εύθραυστο. Χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις



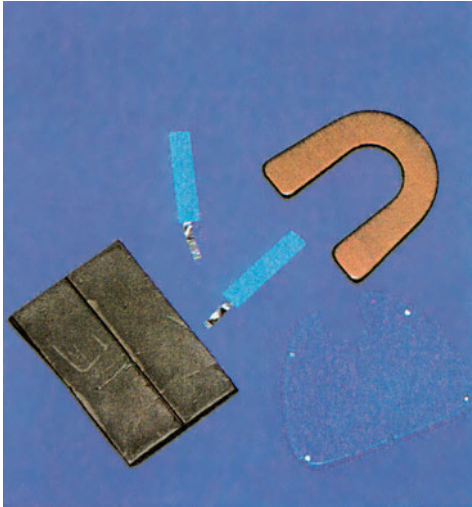
**Εικ. 6.5.** Συγκολλητικό κερί

στο εργαστήριο, όπως στη συγκόλληση των κέρινων υψών πάνω στην βασική πλάκα, στην πρόχειρη συγκόλληση των εκμαγείων μεταξύ τους κατά την ανάρτηση στον αρθρωτήρα, για την προσωρινή ακινητοποίηση των κομματιών στις σπασμένες οδοντοστοιχίες, στην συγκόλληση των κέρινων αγωγών χύτευσης στο κέρινο ομοίωμα κ.τ.λ. Συνήθως κυκλοφορεί στο εμπόριο σε μορφή ραβδίων κίτρινου ή λευκού χρώματος. (Εικ. 6.5)

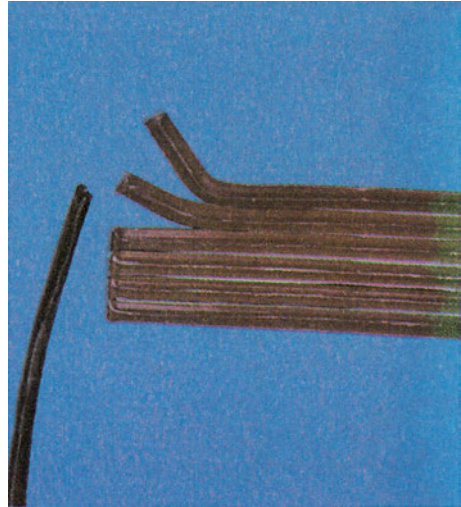
### 6.4.5 Κερί δήξης (registration wax)

Χρησιμοποιείται για την καταγραφή της σχέσης των οδοντικών φραγμών (κεντρική σχέση, μέγιστη συγγόμφωση) και τη μεταφορά της σχέσης αυτής στον αρθρωτήρα. Είναι συνθετικό κερί, πολύ σκληρό και δύσκαμπτο. Ορισμένα περιέχουν σκόνη αλουμινίου ή χαλκού (Εικ. 6.6).





**Εικ. 6.6.** Διάφοροι τύποι κεριών δήξεως



**Εικ. 6.7.** Κερί κορδόνι

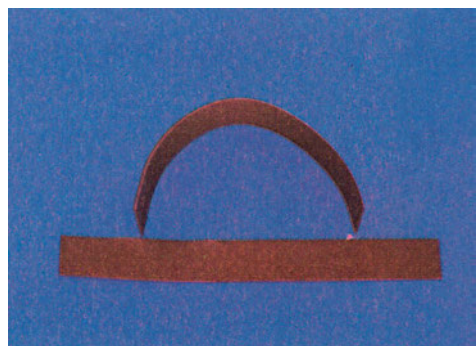
## ■ 6.5 Άλλα οδοντοτεχνικά κεριά

### **Κερί κορδόνι (rope wax)**

Είναι μαλακό κερί σε σχήμα ραβδίων μεγάλου μήκους (κορδόνι). Είναι πολύ μαλακό, εύπλαστο και έχει κάποιες συγκολλητικές ιδιότητες (Εικ. 6.7). Χρησιμοποιείται σε πολλές εργασίες στο εργαστήριο και στο ιατρείο, όπως στον εγκιβωτισμό (τοποθετείται μεταξύ αποτυπώματος και κεριού εγκιβωτισμού), κ.τ.λ.

### **Κερί εγκιβωτισμού (boxing wax)**

Χρησιμοποιείται στον εγκιβωτισμό του τελικού αποτυπώματος μιας ολικής οδοντοστοιχίας. Κυκλοφορεί με τη μορφή μακρόστενων εύκαμπτων ταινιών (Εικ. 6.8). Είναι εύκαμπτο ώστε να κάμπτεται εύκολα και να περιβάλλει το αποτύπωμα. Τοποθετείται στην περιφέρεια του αποτυπώματος και συγκρατεί τη ρευστή γύψο.



**Εικ. 6.8.** Κερί εγκιβωτισμού

***Κερί κατασκευής καλύπτρας ή κερί εμφάπτισης (dipping wax)***

Χρησιμοποιείται ως πρώτο στρώμα κεριού κατά την κέρωση του μεταλλικού σκελετού των στεφανών. Το κερί τοποθετείται σε μια συσκευή (κεριέρα) που διαθέτει ένα κυλινδρικό δοχείο μικρών διαστάσεων. Το δοχείο της κεριέρας ρυθμίζεται στην απαιτούμενη θερμοκρασία ώστε το κερί να βρίσκεται σε υγρή μορφή. Με μια σύντομη εμφάπτιση του γύψινου κινητού κολοβώματος μέσα στο υγρό κερί, δημιουργείται μια λεπτή επίστρωση κεριού στο κολόβωμα. Αφού κρυώσει το κερί αφαιρούμε την περίσσεια από τον αυχένα του κολοβώματος και ακολουθεί η προσθήκη των κεριών χυτών εργασιών.

***Κερί φρεζαδόρων***

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εργασία με τους φρεζαδόρους ή τους παραλληλογράφους. Πρέπει να είναι αρκετά σκληρό για να μην σπάει κατά την επεξεργασία του.

***Αποτυπωτικό κερί (impression wax)***

Χρησιμοποιείται από τους οδοντίατρους για αποτυπώματα σε μερικές ή ολικές οδοντοστοιχίες. Η χρήση του σήμερα είναι πολύ περιορισμένη.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Τ**α οδοντοτεχνικά κεριά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διαφόρων εργασιών (χυτές εργασίες, ολικές ή μερικές οδοντοστοιχίες, κέρινα ύψη κ.ά.) στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο. Διακρίνονται σε εκείνα που έχουν φυσική προέλευση και σε εκείνα που έχουν συνθετική προέλευση δηλαδή παρασκευάζονται με διάφορες χημικές εργασίες στο εργαστήριο.

Τα κεριά που χρησιμοποιούνται σήμερα τόσο στο εργαστήριο όσο και στο οδοντιατρείο είναι συνθετικής προέλευσης, γιατί έχουν πιο αξιόπιστες ιδιότητες.

Οι κυριότερες ιδιότητες των κεριών είναι:

Ρευστότητα, θερμική διαστολή, πλαστικότητα - ελαστικότητα, στρέβλωση και διαβροχή.

Υπάρχουν διάφορα οδοντοτεχνικά κεριά. Τα κυριότερα είναι τα εξής:

Κερί για βασικές πλάκες, κερί ενθέτων, κερί χυτών εργασιών, συγκολλητικό κερί, κερί δήξης, κερί εγκιβωτισμού, κερί κατασκευής καλύπτρας, κερί φρεζαδόρων και αποτυπωτικό κερί.



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς διακρίνουμε τα κεριά σε σχέση με την προέλευσή τους;
2. Τι εκφράζει η ρευστότητα στα κεριά;
3. Πώς μπορούμε να περιορίσουμε την στρέβλωση;
4. Από τι επηρεάζεται η διαβροχή στο κεριό και τι επίπτωση έχει στη προσθετική εργασία;
5. Πού χρησιμοποιείται το κεριό βασικών πλακών;
6. Τι γνωρίζετε για το κεριό των ενθέτων και το κεριό των χυτών εργασιών;
7. Ποια είναι η σημασία του κεριού δήξεως;
8. Πού χρησιμοποιούμε το κεριό εγκιβωτισμού και πού το συγκολλητικό;

## ■ 7. 1 Πολυμερισμός

### 7.1.1 Γενικά

Πολυμερισμός είναι μια χημική αλυσιδωτή αντίδραση με την οποία συνδέονται μεταξύ τους πολλά απλά μόρια, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός σύνθετου μορίου που λέγεται *μακρομόριο*. Τα αρχικά μόρια που συνδέονται λέγονται *μονομερή*, ενώ το τελικό μακρομόριο λέγεται *πολυμερές*. Το μοριακό βάρος του πολυμερούς είναι πολλαπλάσιο του μοριακού βάρους των αρχικών μονομερών.

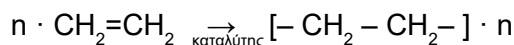
Πολλά από τα οδοντιατρικά υλικά είναι πολυμερή, όπως οι ακρυλικές ρητίνες, οι σύνθετες ρητίνες, κάποια ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά κ.α.

Η αντίδραση του πολυμερισμού μπορεί να γίνει με διάφορους μηχανισμούς. Ανάλογα με το μηχανισμό ο πολυμερισμός διακρίνεται σε πολυμερισμό «προσθήκης» και σε πολυμερισμό «συμπύκνωσης».

### 7.1.2 Πολυμερισμός προσθήκης

Στον πολυμερισμό προσθήκης συνδέονται μεταξύ τους πολλά μόρια μονομερούς και σχηματίζεται ένα πολυμερές μόριο. Ο αριθμός των ατόμων του πολυμερούς, ισούται με το άθροισμα των ατόμων των μορίων του μονομερούς που αντέδρασαν. Άρα το μοριακό βάρος του πολυμερούς είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μοριακού βάρους του αντίστοιχου μονομερούς. Κατά τον πολυμερισμό προσθήκης δεν παράγονται παραπροϊόντα.

Κατά τον πολυμερισμό προσθήκης, συνήθως τα μονομερή περιέχουν στο μόριό τους, διπλούς δεσμούς οι οποίοι ανοίγουν. Ένα τυπικό παράδειγμα πολυμερισμού προσθήκης είναι το ακόλουθο:



Με τον πολυμερισμό προσθήκης δημιουργούνται πολυμερή με μεγάλο μοριακό βάρος. Στα οδοντιατρικά υλικά, πολυμερισμός προσθήκης παρατηρείται κυρίως στις ακρυλικές ρητίνες.

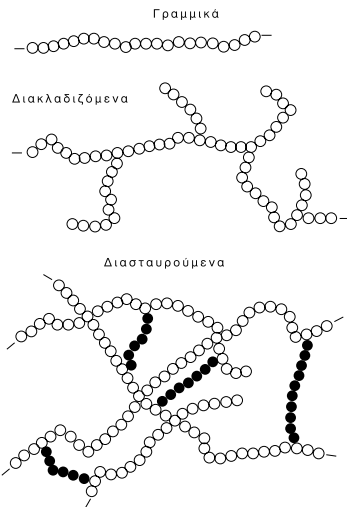
### 7.1.3 Πολυμερισμός συμπίκνωσης

Στον πολυμερισμό συμπίκνωσης συνδέονται μεταξύ τους πολλά μόρια μονομερούς και σχηματίζεται ένα πολυμερές, που περιέχει μικρότερο αριθμό ατόμων από τον αριθμό των ατόμων των μορίων του μονομερούς που αντέδρασαν. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την αντίδραση παράγονται παραπροϊόντα, όπως νερό, αλκοόλη, αμμωνία κ.ά.

Το πολυμερές συμπίκνωσης έχει διαφορετική χημική σύνθεση από τα αρχικά μονομερή και το μοριακό του βάρος δεν είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μοριακού βάρους των αντιστοιχών μονομερών.

Στα οδοντιατρικά υλικά πολυμερισμός συμπίκνωσης παρατηρείται κυρίως στα ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά της μερκαπτάνης και της σιλικόνης συμπίκνωσης.

### 7.1.4 Συμπολυμερισμός



**Εικ. 7.1.** Γραμμικά, διακλαδιζόμενα και διασταυρούμενα συμπολυμερή

Όταν κατά τον πολυμερισμό ενώνονται δύο ή περισσότερα διαφορετικά μονομερή, έχουμε το σχηματισμό ενός πολυμερούς, που περιέχει μονάδες από όλα τα μονομερή που πήραν μέρος στην αντίδραση. Τα πολυμερή αυτά ονομάζονται συμπολυμερή και η αντίδραση του σχηματισμού τους, που είναι παραλλαγή της απλής αντίδρασης πολυμερισμού, ονομάζεται συμπολυμερισμός. Τα συμπολυμερή ανάλογα με την αρχιτεκτονική δομή τους διακρίνονται σε γραμμικά, διακλαδιζόμενα και διασταυρούμενα. (Εικ. 7.1)

#### Γενική Παρατήρηση

Να σημειωθεί ότι ο πολυμερισμός θεωρητικά δεν ολοκληρώνεται ποτέ, αλλά πάντα υπάρχουν ελεύθερες ρίζες.

## ■ 7.2 Συνθετικές ρητίνες

### 7.2.1 Ιστορική ανασκόπηση

Οι συνθετικές ρητίνες χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στην οδοντιατρική το 1865 με τη μορφή του βουλκανισμένου καουτσούκ για την κατασκευή βάσεων οδοντοστοιχιών από την Goodyear Dental Vulcanit Rubber Co. Το υλικό αυτό, παρόλα τα μειονεκτήματά του (δύσοσμο, αντιαισθητικό χρώμα, πορώδες κ.α.) χρησιμοποιήθηκε στην οδοντιατρική για την κατασκευή των βάσεων των οδοντοστοιχιών μέχρι τις αρχές του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου.

Το 1935 οι Rohm και Haas σε συνεργασία με την Vernon - Benshoff Co παρασκεύασαν την πρώτη συνθετική ρητίνη, η οποία ήταν παράγωγο του ακρυλικού οξέος. Το 1937 ο Kuslel χρησιμοποίησε το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο για την κατασκευή οδοντοστοιχιών και ακίνητων προσθετικών εργασιών. Οι ρητίνες αυτές, χωρίς εμφανή μειονεκτήματα, εκτόπισαν αμέσως κάθε άλλο υλικό για την κατασκευή των βάσεων των οδοντοστοιχιών.

Σήμερα, οι ακρυλικές ρητίνες βελτιώνονται συνεχώς με αποτέλεσμα την εμφάνιση νέων τύπων, όπως είναι τα ενισχυμένα με καουτσούκ πολυμερή του μεθακρυλικού μεθυλίου, και εξακολουθούν να αποτελούν τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατ' αποκλειστικότητα σχεδόν στην κατασκευή των βάσεων των οδοντοστοιχιών.

### 7.2.2 Ταξινόμηση

Οι ρητίνες διακρίνονται σε φυσικές και σε συνθετικές. Οι φυσικές ρητίνες είναι κυρίως φυτικά προϊόντα και διαφέρουν από τις συνθετικές στη χημική τους σύνθεση, ενώ έχουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες.

Οι συνθετικές ρητίνες είναι πολυμερή υψηλού μοριακού βάρους σε στερεή ή ημιστερεή μορφή. Είναι ενώσεις μη μεταλλικές, υπάγονται στα πλαστικά και μπορούν με την επίδραση της θερμότητας και της πίεσης, να πάρουν οποιοδήποτε σχήμα που το διατηρούν ακόμη και όταν πάψουν να επιδρούν οι παράγοντες που το προκάλεσαν.

Οι συνθετικές ρητίνες, ανάλογα με τη θερμική συμπεριφορά τους, διακρίνονται σε *θερμοπλαστικές* και σε *θερμοσκληρυνόμενες ή θερμοανθεκτικές*.

Οι *θερμοπλαστικές* συνθετικές ρητίνες μορφοποιούνται μόνο με τη βοήθεια της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα με την αύξηση της θερμοκρασίας μαλακώνουν και παίρνουν το σχήμα που τους δίδεται, ενώ με την ελάττωση της

θερμοκρασίας σκληραίνουν. Αν ξαναθερμανθούν, επανέρχονται στην πλαστική κατάσταση και μπορούν να αποκτήσουν νέο σχήμα. Οι ρητίνες αυτές είναι εύηκτες και διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες. Στις θερμοπλαστικές συνθετικές υπάγονται: α) η οξική και νιτρική κελουλόζη, β) οι πλαστικές βινυλικές ρητίνες και γ) οι ακρυλικές ρητίνες (πολυμεθακρυλικό μεθύλιο). Από τις ρητίνες αυτές στην οδοντοτεχνία χρησιμοποιούνται οι ακρυλικές.

Στις *θερμοσκληρυνόμενες* συνθετικές ρητίνες, κατά την επεξεργασία και μορφοποίησή τους, πραγματοποιείται χημική αντίδραση, στην οποία το τελικό προϊόν είναι τελείως διαφορετικό από το αρχικό υλικό. Οι ρητίνες αυτές είναι δύστηκτες, αδιάλυτες σε οργανικούς διαλύτες και δεν επανέρχονται στην πλαστική τους κατάσταση αν ξαναθερμανθούν.

### 7.2.3 Χαρακτηριστικά των ρητινών

Για να θεωρηθεί μια ακρυλική ρητίνη, ιδανική για οδοντιατρική χρήση, πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να είναι διαφανής ή ημιδιαφανής, και να έχει το χρώμα ή να μπορεί να αποδώσει το χρώμα των ιστών.
- Να εμφανίζει σταθερότητα χρώματος κατά την μακροχρόνια παραμονή της στο στόμα.
- Να μην υφίσταται διαστολή ή συστολή ή στρέβλωση κατά την κατεργασία της ή μετά την τοποθέτησή της στο στόμα.
- Να έχει ικανοποιητική αντοχή στην αποτριβή και να αντέχει στις μασητικές δυνάμεις.
- Να είναι αδιάλυτη από τα στοματικά υγρά και από τις τροφές και να μην αποκτά δυσάρεστη γεύση και οσμή.
- Να μην είναι τοξική και να μην προκαλεί ερεθισμό ή αλλεργικά φαινόμενα στους ιστούς του στόματος.
- Να μην μαλακώνει στις θερμοκρασίες που έχουν οι τροφές (στερεές ή υγρές).
- Να μην κατακρατά υπολείμματα τροφής στην επιφάνειά της.
- Να επισκευάζεται εύκολα και γρήγορα και να μην απαιτείται πολύπλοκη διαδικασία για την επισκευή της.

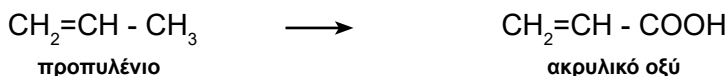
Να σημειωθεί ότι δεν έχει βρεθεί ακόμη μια τέτοια ρητίνη. Αυτός είναι ο λόγος που κυκλοφορούν πολλά είδη συνθετικών ρητινών στο εμπόριο.

## 7.2.4 Ακρυλικές ρητίνες

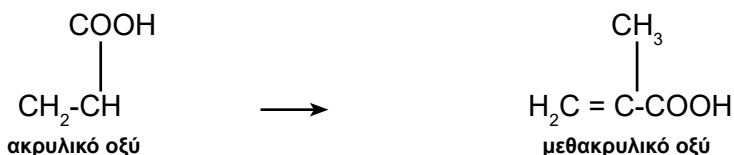
### 7.2.4.1 Γενικά περί ακρυλικών ρητινών

Σήμερα στην οδοντιατρική χρησιμοποιούνται οι ακρυλικές ρητίνες.

Οι ακρυλικές ρητίνες είναι παράγωγα του ακρυλικού οξέος (ακόρεστο οξύ) το οποίο προέρχεται από το προπυλένιο



Με αντικατάσταση ενός ατόμου υδρογόνου του ακρυλικού οξέος με μια μεθυλική ομάδα (μεθυλίωση ακρυλικού οξέος), προκύπτει το μεθακρυλικό οξύ.



Και τα δύο αυτά οξέα πολυμερίζονται με τον μηχανισμό του πολυμερισμού προσθήκης.

### 7.2.4.2 Μεθακρυλικό μεθύλιο

Το μεθακρυλικό μεθύλιο κυκλοφορεί στο εμπόριο με την μορφή υγρού (μονομερές) και σκόνης (πολυμερές) και έχει επικρατήσει η ονομασία «ακρυλικό» (Εικ. 7.2). Οι δύο αυτές μορφές του ακρυλικού αποτελούνται από τα ίδια στοιχεία, έχουν όμως διαφορετικό μοριακό βάρος και φυσική κατάσταση. Το πολυμερές προέρχεται από το μονομερές με αντίδραση πολυμερισμού προσθήκης.

Το μονομερές, είναι υγρό διαυγές, σχετικά σταθερό στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, εύφλεκτο και πτητικό. Έχει έντονη οσμή, διαλύεται εύκολα στο νερό, είναι ερεθιστικό για το δέρμα και τους βλεννογόνους και ενοχοποιείται για αλλεργικές αντιδράσεις. Ακόμη ερεθίζει τα μάτια και τις αναπνευστικές οδούς, όταν είναι σε μορφή ατμών. Έχει σημείο βρασμού 100,8°C.



**Εικ. 7.2.** Ακρυλικό σε συσκευασία σκόνης και υγρού

Το πολυμερές μεθακρυλικό μεθύλιο (πολυ-μεθακρυλικό μεθύλιο) είναι σκόνη, που αποτελείται από κόκκους διαφόρου σχήματος και μεγέθους. Προέρχεται από το μονομερές με πολυμερισμό προσθήκης. Στη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χημικά σταθερό, διαφανές, άοσμο, άγευστο, έχει μοριακό βάρος από 5.000 μέχρι 1.000.000.

Στο πολυμερές βρίσκεται ο παράγοντας έναρξης του πολυμερισμού (π.χ. το υπεροξειδίο του βενζολίου) και χρωστικές ουσίες που δίνουν στη ρητίνη τις διάφορες αποχρώσεις (ροζ, κόκκινο κ.λ.π.)

#### 7.2.4.3 Μηχανισμός πολυμερισμού

Το μεθακρυλικό μεθύλιο πολυμερίζεται με αντιδράσεις προσθήκης. Η αντίδραση αρχίζει με τη βοήθεια ενός παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο του βενζολίου). Για να δραστηριοποιηθεί ο παράγοντας έναρξης χρειάζεται ένας καταλύτης. Ο καταλύτης αυτός μπορεί να είναι η θερμότητα (εν θερμώ πολυμεριζόμενες ρητίνες) ή ένας χημικός παράγοντας (εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες ρητίνες).

Ο πολυμερισμός μπορεί να ξεκινήσει και μόνος του, με την επίδραση ορατού φωτός, υπεριώδους ακτινοβολίας ή με τη θερμότητα. Γι' αυτό το μονομερές πρέπει να φυλάσσεται σε δοχεία σκούρου χρώματος και να αποθηκεύεται σε δροσερό μέρος.

Από το υπεροξειδίο του βενζολίου αποσπώνται ελεύθερες ρίζες, οι οποίες ενεργοποιούν τα μόρια του μονομερούς και έτσι αρχίζει ο πολυμερισμός του μεθακρυλικού μεθυλίου. Η αντίδραση είναι εξώθερμη.

Ο πολυμερισμός σταματά χωρίς να έχει αντιδράσει όλο το μονομερές. Παραμένει πάντα μια ποσότητα μονομερούς ελεύθερη, η οποία δεν αντιδρά. Αυτή η ποσότητα μονομερούς ονομάζεται υπολειπόμενο μονομερές. Στις ακρυλικές ρητίνες, το υπολειπόμενο μονομερές ανέρχεται σε 0,2 - 0,5% του αρχικού. Το υπολειπόμενο μονομερές εξατμίζεται, δημιουργώντας πόρους στην μάζα του ακρυλικού. Η παρουσία μεγάλης ποσότητας μονομερούς μετά τον πολυμερισμό μειώνει τις μηχανικές ιδιότητες των ρητινών και μπορεί να είναι τοξική για τον οργανισμό (αλλεργικές αντιδράσεις στους ιστούς του στόματος κ.τ.λ.).

#### 7.2.4.4 Ιδιότητες ακρυλικών ρητινών

Οι ιδιότητες των ακρυλικών ρητινών καθορίζονται κυρίως από το μοριακό βάρος του πολυμερούς, την ύπαρξη υπολειπόμενου μονομερούς και τον τρόπο πολυμερισμού του.

**Ελαστικότητα.** Οι ακρυλικές ρητίνες εμφανίζουν υψηλό μέτρο ελαστικότητας, είναι δηλαδή δύσκαμπτες.

**Αντοχή σε δυνάμεις θλίψης, εφελκυσμού και κρούσης.** Η αντοχή των ακρυλικών ρητινών σε δυνάμεις θλίψης ή εφελκυσμού καθώς και σε δυνάμεις κρούσης, εξαρτάται από το μοριακό βάρος του πολυμερούς. Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερο είναι το μ.β. του πολυμεθακρυλικού μεθυλίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του στις παραπάνω δυνάμεις.

Η αντοχή των ακρυλικών ρητινών εξαρτάται και από την ύπαρξη πόρων στην μάζα της πολυμερισμένης ρητίνης. Οι πόροι αυτοί προκύπτουν από την εξαέρωση της περίσσειας του υπολειπόμενου μονομερούς.

**Θερμική αγωγιμότητα.** Το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο είναι κακός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.

**Συστολή πολυμερισμού.** Η κατ' όγκο συστολή είναι 6-7%. Ενώ όμως η κατ' όγκο συστολή είναι μεγάλη, οι τιμές της γραμμικής συστολής είναι πολύ μικρότερες (1,7%). Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι ο πολυμερισμός συνεχίζεται και μετά την σκλήρυνση του υλικού.

**Σταθερότητα χρώματος.** Οι ρητίνες έχουν την τάση να αλλάζουν χρώμα με την πάροδο του χρόνου. Η αλλαγή αυτή οφείλεται κυρίως σε προσρόφηση διαφόρων χρωστικών ουσιών.

**Προσρόφηση νερού και διαλυτότητα.** Το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο, όπως και όλες οι ρητίνες, προσροφούν νερό, όταν εμβαπτιστούν σε αυτό. Η



προσρόφηση του νερού προκαλεί αύξηση των διαστάσεων του υλικού. Είναι μεγαλύτερη τους δύο πρώτους μήνες μετά τον πολυμερισμό και μειώνεται αρκετά στη συνέχεια. Εάν η ακρυλική ρητίνη παραμείνει σε στεγνό περιβάλλον, χάνει το νερό που είχε προσροφήσει και οι διαστάσεις της μειώνονται. Αυτό σημαίνει ότι οι οδοντοστοιχίες, όταν αφαιρούνται από το στόμα και αφήνονται σε ξηρό περιβάλλον, υφίστανται συστολή, ενώ μακροχρόνια παραμονή της οδοντοστοιχίας σε ξηρό περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσει και στρέβλωσή της. Για το λόγο αυτό, όταν οι οδοντοστοιχίες αφαιρούνται από το στόμα, πρέπει να διατηρούνται μέσα σε νερό. Ακόμη, αν μία ολική οδοντοστοιχία μείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υγρό περιβάλλον, είναι δυνατόν να στρεβλώσει.

**Ερπυσμός.** Ο ερπυσμός του πολυμεθακρυλικού μεθυλίου εξαρτάται από το μοριακό βάρος, από τη θερμοκρασία, την ύπαρξη συμπολυμερών (διμεθακρυλική γλυκόζη), τον τύπο έναρξης πολυμερισμού της ρητίνης (εν θερμώ ή εν ψυχρώ) και το υπολειπόμενο μονομερές. Σε μεγάλες θερμοκρασίες ο ερπυσμός αυξάνεται. Η παρουσία διμεθακρυλικής γλυκόλης και η αυξημένη ποσότητα υπολειπόμενου μονομερούς, αυξάνουν τον ερπυσμό.

**Σημείο υαλώδους μεταπτώσεως\*.** Αυτό εξαρτάται από το μοριακό βάρος και αυξάνεται για τιμές μ.β. κάτω από 30.000, ενώ για τιμές πάνω από 100.000 δεν επηρεάζεται σημαντικά.

**Διαλυτότητα - Ανθεκτικότητα σε διαλύτες.** Το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο έχει μικρή διαλυτότητα και κλινικά εμφανίζει ικανοποιητική αντοχή, ιδιαίτερα στους οργανικούς διαλύτες. Διάλυση της ακρυλικής ρητίνης μπορούν να προκαλέσουν ενώσεις όπως η ακετόνη, το οινόπνευμα και το χλωροφόρμιο. Για το λόγο αυτό οι οδοντοστοιχίες δε θα πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα. Επίσης μπορεί να παρουσιασθούν αλλοιώσεις σε οδοντοστοιχίες διαβητικών, λόγω της αποβολής ακετόνης με το σάλιο τους.

### ■ 7.3 Είδη ακρυλικών ρητινών

Οι ακρυλικές ρητίνες έχουν σαν βάση το μεθακρυλικό μεθύλιο (μονομερές) το οποίο με πολυμερισμό προσθήκης δίνει το πολυμερές (πολυμεθακρυ-

\* Σημείο υαλώδους μετάπτωσης (T<sub>g</sub>) ονομάζεται η θερμοκρασία πάνω από την οποία το πολυμερές είναι μαλακό και εύκαμπτο, ενώ κάτω από αυτή σκληρό και εύθραυστο

λικό μεθύλιο). Οι ακρυλικές ρητίνες διακρίνονται στα ακόλουθα είδη:

- Στις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή βάσης ολικών οδοντοστοιχιών ή εν θερμώ πολυμεριζόμενες ρητίνες.
- Στις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή όψεων στεφανών και γεφυρών τύπου VENEER και ολικών ακρυλικών στεφανών.
- Στις αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες ή εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες ρητίνες.
- Στα ακρυλικά ταχέως πολυμερισμού ή βρασμού

### 7.3.1 Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή βάσης ολικών οδοντοστοιχιών ή εν θερμώ πολυμεριζόμενες

Στις ρητίνες αυτές η ενεργοποίηση του παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο το βενζολίου) επιτυγχάνεται με θερμότητα. Η θερμότητα είναι ο καταλύτης της αντίδρασης. Η παρουσία θερμότητας και πίεσης, σε όλη τη διάρκεια του πολυμερισμού, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ποσότητας του υπολειπόμενου μονομερούς.

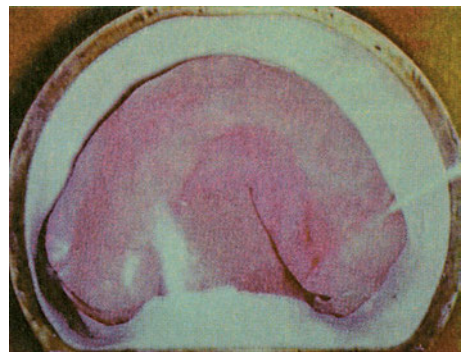
#### 7.3.1.1 Χρήσεις

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της βάσης ολικών και μερικών οδοντοστοιχιών (Εικ. 7.4), των ακρυλικών τμημάτων των ορθοδοντικών μηχανημάτων και συγκλεισιακών ναρθίκων.

#### 7.3.1.2 Ιδιότητες

Έχουν καλύτερες ιδιότητες από τις εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες. Αυτό οφείλεται στον τρόπο πολυμερισμού τους και στην μειωμένη ποσότητα υπολειπόμενου μονομερούς.

Εμφανίζουν υψηλό μέτρο ελαστικότητας (δύσκαμπτες). Η αντοχή τους σε δυνάμεις εφελκυσμού, θλίψης και κρούσης, είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στις εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες ρητίνες.



**Εικ. 7.4.** Θερμοπολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη τοποθετημένη σε έγκλειστρο για την κατασκευή ολικής οδοντοστοιχίας

Σε όλες τις ακρυλικές ρητίνες παρατηρείται αλλαγή του χρώματος με την πάροδο του χρόνου. Στις εν θερμώ πολυμεριζόμενες, η αλλαγή αυτή είναι πολύ αργή και πρακτικά έχουν ικανοποιητική σταθερότητα χρώματος. Η συστολή πολυμερισμού τους είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή των εν ψυχρώ πολυμεριζόμενων. Έχουν την ίδια προσρόφηση νερού με τις αυτοπολυμεριζόμενες, αλλά μικρότερη διαλυτότητα. Η αντοχή τους σε διαλύτες είναι μεγαλύτερη.

Οι εν θερμώ πολυμεριζόμενες ρητίνες, λόγω της μικρής ποσότητας του υπολειπόμενου μονομερούς, παρουσιάζουν μικρότερο ερπυσμό σε σχέση με τις εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες.

### 7.3.2 Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή όψης στεφάνων VENEER - Γεφυρών VENEER και ολικών ακρυλικών στεφάνων

#### 7.3.2.1 Γενικά

Στις ρητίνες αυτές η ενεργοποίηση του παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο του βενζολίου) επιτυγχάνεται με θερμότητα. Είναι ίδιου τύπου με τις εν θερμώ πολυμεριζόμενες για ολικές οδοντοστοιχίες. Κυκλοφορούν σε τρεις βασικούς τύπους: αυχένα, σώμα και διαφάνεια και σε διάφορα χρώματα.

#### 7.3.2.2 Χρήσεις

Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μεταλλοακρυλικών στεφάνων και γεφυρών, ως υλικό αισθητικής επικάλυψης του μεταλλικού σκελετού. Επίσης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή στεφάνων και γεφυρών εξολοκλήρου από ακρυλικό (μεταβατικές αποκαταστάσεις).

Οι τρόποι χρήσης είναι δύο:

**A.** Ο κλασικός τρόπος είναι αυτός που περιλαμβάνει



**Εικ. 7.5.** Συσκευή πολυμερισμού με κενό αέρα (Ivomat)

την κατασκευή κέρινου ομοιώματος, την εγκλείστρωση, την αποκλήρωση και την όπτηση με βρασμό. Σήμερα χρησιμοποιείται ελάχιστα.

**Β.** Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι η όπτηση σε ειδική συσκευή με κενό αέρα (Ivomat), που λειτουργεί με πίεση στις 6 Atm και σε θερμοκρασία όπτησης 120°C (Εικ. 7.5).

### 7.3.3 Αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες ή εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες

Στις ρητίνες αυτές η ενεργοποίηση του παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο του βενζολίου) επιτυγχάνεται με έναν χημικό καταλύτη (συνήθως μία τριτοταγής αμίνη). Ο καταλύτης βρίσκεται στο μονομερές (υγρό), ενώ ο παράγοντας έναρξης του πολυμερισμού (υπεροξειδίο του βενζολίου) βρίσκεται στο πολυμερές (σκόνη). Η παρουσία θερμότητας επιταχύνει την αντίδραση.

#### 7.3.3.1 Χρήσεις

Οι αυτοπολυμεριζόμενες ρητίνες χρησιμοποιούνται σαν υλικά για την κατασκευή ατομικών δισκαρίων, βασικών πλακών (Εικ. 7.5), προσωρινών στεφανών και γεφυρών (Εικ. 7.6) κ.ά.



**Εικ. 7.5.** Βασική πλάκα από εν ψυχρώ πολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη



**Εικ. 7.6.** Προσωρινή γέφυρα από εν ψυχρώ πολυμεριζόμενη ακρυλική ρητίνη

### 7.3.3.2 Ιδιότητες

Υστερούν σε ιδιότητες από τις εν θερμώ πολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες. Αυτό οφείλεται στον τρόπο πολυμερισμού τους και στην, συγκριτικά, αυξημένη ποσότητα υπολειπόμενου μονομερούς. Οι ιδιότητες τους μπορούν να βελτιωθούν εάν πολυμεριστούν σε αυξημένη θερμοκρασία και πίεση.

Οι αυτοπολυμεριζόμενες ρητίνες εμφανίζουν μικρότερο μέτρο ελαστικότητας (πιο εύκαμπτες) και μικρότερη αντοχή στις δυνάμεις εφελκυσμού, θλίψης και κρούσης από τις θερμοπολυμεριζόμενες. Μετά από χρονικό διάστημα 15 ημερών, εμφανίζουν σκληρότητα που πλησιάζει αυτή των θερμοπολυμεριζόμενων.

Πολυμερίζονται πιο γρήγορα από τις εν θερμώ πολυμεριζόμενες και η συστολή πολυμερισμού τους είναι ελαφρώς μικρότερη.

Η απορροφητικότητα του νερού είναι ίδια στις αυτοπολυμεριζόμενες και τις θερμοπολυμεριζόμενες ρητίνες. Οι αυτοπολυμεριζόμενες ρητίνες εμφανίζουν μεγαλύτερη διαλυτότητα από τις θερμοπολυμεριζόμενες ρητίνες.

Οι αυτοπολυμεριζόμενες ρητίνες εμφανίζουν αλλαγή του χρώματος σε συντομότερο χρονικό διάστημα από τις θερμοπολυμεριζόμενες. Αυτό οφείλεται στον καταλύτη (αμίνη), που περιέχουν και στην ύπαρξη πολλών πόρων στη μάζα της ρητίνης.

Οι αυτοπολυμεριζόμενες ρητίνες, λόγω του υπολειπόμενου μονομερούς (που δρα σαν πλαστικοποιητική ουσία), παρουσιάζουν μεγαλύτερο ερπυσμό σε σχέση με τις θερμοπολυμεριζόμενες ρητίνες.

### 7.3.4 Ακρυλικά ταχέως πολυμερισμού ή βρασμού

Τα ακρυλικά αυτά παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές σε σύγκριση με τα συμβατικά, έτσι ώστε ο πολυμερισμός τους να γίνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Συγκεκριμένα το πολυμερές (σκόνη) των ακρυλικών αυτών, έχει μεγαλύτερο μοριακό βάρος και περιέχει περισσότερη ποσότητα παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο του βενζολίου). Το μονομερές (υγρό) περιέχει μικρή ποσότητα καταλύτη (αμίνη), που χρησιμοποιείται στις αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες και χρησιμεύει για την έναρξη του πολυμερισμού στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο πολυμερισμός συνεχίζεται με τη βοήθεια της θερμότητας στους 100°C.

Με τη σύσταση που έχουν τα ακρυλικά αυτά είναι δυνατός ο ταχύς πολυμερισμός τους, χωρίς την ανάπτυξη μεγάλης εξώθερμης αντίδρασης και με την λιγότερη δυνατή περίσσεια μονομερούς. Τα ακρυλικά αυτά υστερούν σε μηχανικές ιδιότητες των απλών θερμοπολυμεριζόμενων, αλλά υπερέχουν των αυτοπολυμεριζόμενων.

## ■ 7.4. Σύνθετες ρητίνες

Η συνεχής έρευνα στον τομέα των πολυμερών υλικών, οδήγησε στην σύνθεση μιας νέας κατηγορίας υλικών, που ονομάστηκαν σύνθετες ρητίνες. Χαρακτηριστικό των υλικών αυτών είναι η δημιουργία ενός ενισχυμένου υποστρώματος με κόκκους χαλαζία και η αντικατάσταση του μονομερούς (μεθακρυλικό μεθύλιο) από παράγωγα μεγάλου μοριακού βάρους του μεθακρυλικού μεθυλίου, με κύριο εκπρόσωπο το γλυκιδιλικό μεθακρύλιο της διφαινόλης -Α ή BISGMA.

Τα υλικά αυτά, λόγω των ιδιοτήτων τους, βρήκαν μεγάλη εφαρμογή στην οδοντιατρική (υλικό σφραγισμάτων, κονίες μόνιμης συγκόλλησης ακίνητων εργασιών), αλλά και στην οδοντοτεχνία (όψεις μεταλλοακρυλικών αποκαταστάσεων, ολοακρυλικές στεφάνες και γέφυρες, ατομικά δισκάρια κ.τ.λ.).

### 7.4.1 Ιδιότητες

Οι σύνθετες ρητίνες παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες:

- Μικρή γραμμική συστολή πολυμερισμού (0,22%) και άρα πολύ καλή εφαρμογή
- Πολυμερίζονται πλήρως, χωρίς να μένουν κατάλοιπα χημικών ουσιών και υπόλοιπο μεθακρυλικού μεθυλίου
- Ευκολία στους χειρισμούς τους
- Δεν είναι τοξικές
- Συγκρινόμενες με τις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες, παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στον εφελκυσμό, στην κάμψη και είναι σκληρότερες
- Το υλικά αυτά είναι ψαθυρά, με μεγάλο μέτρο ελαστικότητας
- Εμφανίζουν μεγαλύτερη απορρόφηση νερού από τις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες (περίπου 4 φορές), με αποτέλεσμα να προσροφούν διάφορες χρωστικές και να αλλοιώνουν το χρώμα τους.



### 7.4.2 Ταξινόμηση

Ανάλογα με το σύστημα ενεργοποίησης του πολυμερισμού τους διακρίνονται σε:

- Χημικά πολυμεριζόμενα ή αυτοπολυμεριζόμενα σκευάσματα. Κυκλοφορούν ως βάση και καταλύτης, συνήθως σε μορφή πάστας, που ενεργοποιούνται με ανάμιξη.
- Σκευάσματα πολυμεριζόμενα με ακτινοβολία. Κυκλοφορούν σε μία φάση και πολυμερίζονται με υπεριώδη ή ορατή ακτινοβολία. Ονομάζονται και φωτοπολυμεριζόμενα σκευάσματα (Εικ. 7.7).



**Εικ. 7.7.** Συσκευή φωτοπολυμερισμού ακρυλικών

- Σκευάσματα διπλού μηχανισμού πολυμερισμού (χημικά πολυμεριζόμενα και φωτοπολυμεριζόμενα). Κυκλοφορούν ως βάση και καταλύτης σε μορφή πάστας. Με την ανάμιξη τους αρχίζει χημικά ο πολυμερισμός. Εάν φωτοπολυμεριστούν, ο πολυμερισμός επιταχύνεται.

- Θερμοφωτοπολυμεριζόμενα σκευάσματα. Κυκλοφορούν σε μορφή πάστας. Πολυμερίζονται με φως σε ειδικούς κλιβάνους, υπό θερμοκρασία. Στην οδοντοτεχνία χρησιμοποιούνται χημικά πολυμεριζόμενα, πολυμεριζόμενα με ακτινοβολία και θερμοφωτοπολυμεριζόμενα σκευάσματα.

### 7.4.3 Εφαρμογή στην οδοντοτεχνία

Η κύρια χρήση τους, είναι στις μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις, ως υλικό αισθητικής επικάλυψης (veneer) των μεταλλικών σκελετών. Για το σκοπό αυτό αρχικά χρησιμοποιήθηκαν χημικά πολυμεριζόμενες σύνθετες ρητίνες (π.χ. Isosit). Συγκρινόμενες με τις ακρυλικές ρητίνες έχουν:

- Πολύ καλή αισθητική απόδοση και εύκολη λείανση.
- Χρωματική σταθερότητα

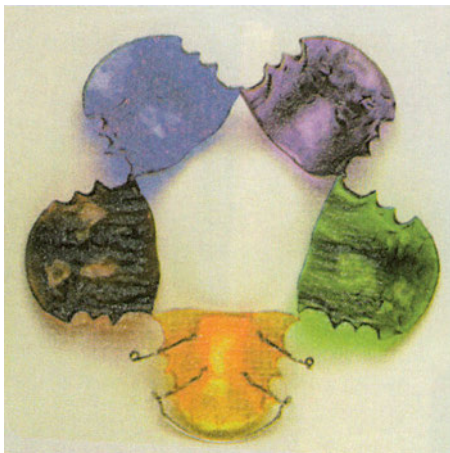
- Ικανοποιητικό βαθμό πολυμερισμού
- Ικανοποιητική ρευστότητα
- Αυξημένη σκληρότητα αποτριβής. Γι' αυτό και χρησιμοποιούνται και σε περιοχές με αυξημένες πιέσεις π.χ. μασητικές επιφάνειες οπισθίων δοντιών.

Τα υλικά αυτά παρουσίαζαν αυξημένη ψαθυρότητα, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται θραύσεις ορίων, όπως στα κεραμικά. Λόγω των προβλημάτων αυτών, άρχισε η χρησιμοποίηση φωτοπολυμεριζόμενων συνθέτων ρητινών. Γενικά οι φωτοπολυμεριζόμενες όψεις πλεονεκτούν των θερμοπολυμεριζόμενων στα ακόλουθα:

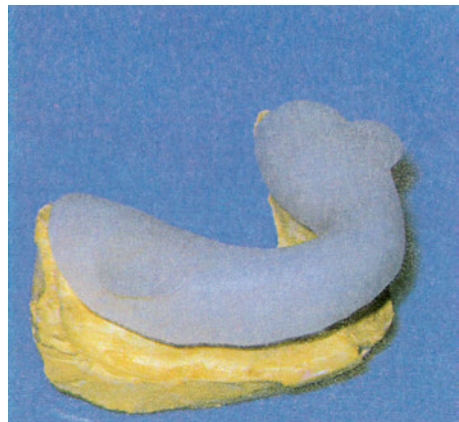
- Οι επιφάνειες των όψεων είναι σκληρότερες και αποτρίβονται λιγότερο
- Η χρωματική απόδοση είναι πληρέστερη επειδή τα χρώματα είναι προκαθορισμένα
- Η συνολική πόρωση είναι μικρότερη επειδή δεν μεσολαβεί ανάμειξη και εγκλεισμός αέρα
- Μπορεί να γίνει άμεσος έλεγχος του αποτελέσματος και γενικά υπάρχει λιγότερη σπατάλη του υλικού

Οι σύνθετες ρητίνες εκτός από την κατασκευή όψεων στην ακίνητη προσθετική, μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθούν για:

- κατασκευή προσωρινών ολικών ή μερικών οδοντοστοιχιών.
- συγκόλληση, αναπροσαρμογή και επισκευή οδοντοστοιχιών.
- κατασκευή ναρθήκων
- κατασκευή κινητών ορθοδοντικών μηχανημάτων (Εικ. 7.8)



**Εικ. 7.8.** Κινητά ορθοδοντικά μηχανήματα



**Εικ. 7.9.** Ατομικό δισκάριο από φωτοπολυμεριζόμενη σύνθετη ρητίνη



- κατασκευή βασικών πλακών και ατομικών δισκαρίων (Εικ. 7.9)
- κατασκευή μεταβατικών γεφυρών και στεφανών (Εικ. 7.10)

Σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται αποκαταστάσεις, που δεν έχουν μεταλλικό σκελετό και επιδιώκουν να συνδυάσουν την υψηλή αντοχή του ινώδους υποστρώματος, με την καλή αισθητική των ρητινών. Οι ρητίνες αυτές είναι φωτοπολυμεριζόμενες ή θερμοφωτοπολυμεριζόμενες. Διαφημίζονται ότι συνδυάζουν την υψηλή αισθητική της πορσελάνης, με την αντοχή του μεταλλικού σκελετού. Οι εργαστηριακές μετρήσεις, τους αποδίδουν πολύ καλές ιδιότητες, όπως μεγάλη αντοχή στην κάμψη (δυνατότητα κατασκευής γεφυρωμάτων έως 15mm χωρίς να χρησιμοποιηθεί μεταλλικός σκελετός) και χαμηλή αποτριβή.



**Εικ. 7.10.** Μεταβατική γέφυρα από ακρυλικό

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Π**ολυμερισμός είναι μια χημική αλυσιδωτή αντίδραση με την οποία συνδέονται μεταξύ τους πολλά απλά μόρια με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός σύνθετου μορίου που λέγεται μακρομόριο. Τα αρχικά μόρια που συνδέονται λέγονται «μονομερή», ενώ το τελικό μακρομόριο λέγεται «πολυμερές».

Η αντίδραση του πολυμερισμού διακρίνεται σε πολυμερισμό προσθήκης και σε πολυμερισμό συμπύκνωσης.

Οι συνθετικές ρητίνες είναι οργανικές ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους με χαρακτηριστική διαφάνεια, γυαλάδα, στερεή ή ημιστερεή μορφή και είναι πολυμερή, προέρχονται δηλαδή από τυπικές αντιδράσεις πολυμερισμού.

Οι συνθετικές ρητίνες ανάλογα με τη θερμική συμπεριφορά τους διακρίνονται σε θερμοπλαστικές και σε θερμοσκληρυνόμενες ή θερμοανθεκτικές.

Οι ακρυλικές ρητίνες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα στην οδοντιατρική. Αποτελούνται από μεθακρυλικό μεθύλιο.

Το μεθακρυλικό μεθύλιο στο εμπόριο κυκλοφορεί με την μορφή υγρού (μονομερές) και σκόνης (πολυμερές) και έχει επικρατήσει με την ονομασία «ακρυλικό».

Τα είδη των ακρυλικών ρητινών είναι τα εξής:

- Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή βάσης ολικών οδοντοστοιχιών ή εν θερμώ πολυμεριζόμενες.
- Αυτοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες ή εν ψυχρώ πολυμεριζόμενες
- Θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες για την κατασκευή όψης στεφανών VENEER-γεφυρών VENEER και ολικών ακρυλικών στεφανών
- Ακρυλικά ταχέως πολυμερισμού ή βρασμού

Ακόμη εκτός από τις συνθετικές ρητίνες χρησιμοποιούνται και σύνθετες ρητίνες

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

Χαρακτηριστικό των σύνθετων ρητινών είναι η δημιουργία ενός ενισχυμένου υποστρώματος με κόκκους χαλαζία και η αντικατάσταση του μονομερούς (μεθακρυλικό μεθύλιο) από παράγωγα μεγάλου μοριακού βάρους του μεθακρυλικού μεθυλίου, με κύριο εκπρόσωπο το γλυκιδιλικό μεθακρύλιο της διφαινόλης -A ή BISGMA.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι πολυμερισμός και τι πολυμερή;
2. Ποιος είναι ο μηχανισμός στον πολυμερισμό προσθήκης και συμπύκνωσης;
3. Τι είναι ο συμπολυμερισμός;
4. Πώς ταξινομούνται οι συνθετικές ρητίνες;
5. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των συνθετικών ρητινών;
6. Ποιες είναι οι ιδιότητες του μεθακρυλικού μεθυλίου (μονομερούς και πολυμερούς);
7. Ποια είναι τα είδη των ακρυλικών ρητινών;
8. Τι γνωρίζετε για τον πολυμερισμό των εν θερμώ ακρυλικών ρητινών και σε τι υπερτερούν αυτές από τις εν ψυχρώ ακρυλικές ρητίνες;
9. Ποιες οι χρήσεις των εν θερμώ και εν ψυχρώ ακρυλικών ρητινών;
10. Αναφέρατε συνοπτικά τον μηχανισμό πολυμερισμού στις εν θερμώ και εν ψυχρώ ακρυλικές ρητίνες.
11. Τι γνωρίζετε για τις θερμοπολυμεριζόμενες ακρυλικές ρητίνες, για την κατασκευή όψεων στεφανών και γεφυρών;
12. Τι γνωρίζετε για τις φωτοπολυμεριζόμενες ρητίνες (σύσταση και χρήσεις);
13. Ποια είναι τα νέα συστήματα πολυμερών όψεων στην ακίνητη προσθετική; Τι γνωρίζετε για τον πολυμερισμό τους;
14. Σε τι πλεονεκτούν οι φωτοπολυμεριζόμενες όψεις από τις θερμοπολυμεριζόμενες;



## ■ 8.1 Γενικά για τα μέταλλα

### 8.1.1 Ορισμός - Γενικά χαρακτηριστικά των μετάλλων

Τα μέταλλα είναι μία από τις κατηγορίες οδοντιατρικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση ή αντικατάσταση των δοντιών. Παρόλο που μπορούμε να τα διακρίνουμε από τα κεραμικά, τα πολυμερή και τις ρητίνες, δεν είναι εύκολο να δώσουμε τον ορισμό τους. Οι περισσότεροι συγγραφείς βασίζονται στο σύνολο των ιδιοτήτων τους, για να δώσουν τον ορισμό των μετάλλων.

Οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν όλα σχεδόν τα μέταλλα είναι:

Στη στερεή κατάσταση διαθέτουν μεταλλική λάμψη. Στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος βρίσκονται σε στερεή κατάσταση, με εξαίρεση τον υδράργυρο. Στη στερεή κατάσταση είναι πραγματικά στερεά, δηλαδή εμφανίζουν χαρακτηριστική κρυσταλλική δομή. Έχουν μεγάλη πυκνότητα, που οφείλεται στην πυκνή κρυσταλλική δομή τους. Έχουν μεγάλο ειδικό βάρος. Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, η ηλεκτρική αγωγιμότητά τους ελαττώνεται. Με τα οξέα σχηματίζουν άλατα και με το νερό υδροξειδία ή οξειδία. Έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή και πλαστικότητα. Έτσι, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, χρειάζεται μεγάλη μηχανική ενέργεια για να σπάσουν, και ορισμένα, πριν από τη θραύση τους, επιμηκύνονται, δηλαδή εμφανίζουν πλαστικότητα. Ορισμένα μέταλλα, που ονομάζονται φερομαγνητικά, με κύριο εκπρόσωπο το σίδηρο, έχουν μαγνητικές ιδιότητες. Τέλος, μία γενικότερη ιδιότητα των μετάλλων, που συναντάται μόνο σε αυτά, και έχει τεράστια πρακτική σημασία είναι η ικανότητά τους να σχηματίζουν κράματα, δηλαδή μίγματα με άλλα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι μέταλλα, αλλά μπορεί να είναι και αμέταλλα ή επαμφοτερίζοντα στοιχεία με μεταλλικό χαρακτήρα.

Οι ιδιότητες αυτές οφείλονται κυρίως στην ηλεκτρονική δομή των ατόμων και στο είδος του δεσμού που υπάρχει στα μέταλλα, ενώ ο μεταλλικός χαρα-

κτήρας οφείλεται στον αριθμό των ηλεκτρονίων σθένους του κάθε στοιχείου. Τα μέταλλα είναι κυρίως ηλεκτροθετικά στοιχεία και χαρακτηρίζονται από τον μικρό αριθμό ηλεκτρονίων σθένους του ατόμου τους.

### 8.1.2 Μεταλλικός δεσμός

Μεταξύ των ατόμων των σωμάτων αναπτύσσονται διαφόρων ειδών δυνάμεις που αποδίδουμε με τον όρο *ατομικός δεσμός*. Τα είδη των ατομικών δεσμών είναι:

1. Μεταλλικός
2. Ιοντικός (ή ετεροπολικός)
3. Ομοιοπολικός
4. Μοριακός (ή δεσμός van der Waals)

Ο μεταλλικός δεσμός εμφανίζεται στα μέταλλα, τα κράματα και τις μεταλλικές ενώσεις. Είναι χημικός δεσμός και εξασφαλίζει την συνοχή των ατόμων του μετάλλου. Σε μία συσσώρευση ατόμων μετάλλου τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας που κρατιούνται χαλαρά από τον πυρήνα εγκαταλείπουν την στοιβάδα. Ως αποτέλεσμα έχουμε, τα εναπομείναντα θετικά πλέον ιόντα διατεταγμένα στο χώρο, και γύρω από αυτά κινείται ένα νέφος ηλεκτρονίων, που ονομάζονται και *ελεύθερα ηλεκτρόνια*. Μεταξύ των ελευθέρων ηλεκτρονίων και των θετικών μεταλλικών ιόντων ασκούνται οι δυνάμεις που ονομάζονται μεταλλικός δεσμός.

Οι δυνάμεις αυτές είναι δυνάμεις έλξεως μεταξύ ιόντων - ηλεκτρονικού νέφους και δυνάμεις απώσεως μεταξύ ιόντος - ιόντος και μεταξύ ηλεκτρονίων. Δημιουργούν μια δομή υψηλής συμμετρίας που έχει ως αποτέλεσμα την πλαστικότητα των μετάλλων, την καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα και την κρυσταλλική δομή μεγάλης πυκνότητας.

### 8.1.3 Κρυσταλλική δομή των μετάλλων

Στα στερεά μέταλλα, λόγω του μεταλλικού δεσμού, έχουμε ένα τεράστιο μόριο με απροσδιόριστο αριθμό ατόμων, όπου το κάθε κατιόν περιβάλλεται, κατά μέσο όρο, από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που χρειάζεται για να εξασφαλιστεί η ηλεκτρική του ουδετερότητα. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται μέσα στη μάζα του μετάλλου και ανάμεσα στα διάκενα των θετικών ιόντων (νέφος ηλεκτρονίων). Οι ισχυρές απωστικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ

των ιόντων και οι ελκτικές μεταξύ ιόντων και ελευθέρων ηλεκτρονίων, αναγκάζουν τα θετικά ιόντα να παρατάσσονται σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους, όσο πιο κοντά όμως γίνεται. Ως αποτέλεσμα έχουμε μία κανονική χαρακτηριστική διάταξη των ατόμων του μετάλλου στο χώρο, που ονομάζεται κρυσταλλική δομή.

Η κρυσταλλική δομή, λοιπόν, είναι μία κανονική τρισδιάστατη διάταξη ατόμων στο χώρο.

Αν εξετάσουμε ένα μέταλλο στο μικροσκόπιο θα δούμε ότι δεν αποτελείται από έναν μόνο κρύσταλλο, αλλά από πολλούς μικρότερους με διαφορετικό σχήμα και μέγεθος. Οι κρύσταλλοι αυτοί ονομάζονται *κόκκοι ή κρυσταλλίτες*. Το μέγεθός τους υπαγορεύει τη συμπεριφορά των μετάλλων και πολλές από τις ιδιότητές τους. Μέσα σε κάθε κόκκο δεν υπάρχει ιδανική κρυσταλλική δομή. Στην πράξη τα υλικά έχουν *ατέλειες δομής*, που επιδρούν σημαντικά στις ιδιότητές τους. Αν κάποιος μέταλλο είχε τέλεια κρυσταλλική δομή, θα ήταν εκατοντάδες φορές ισχυρότερο από ό,τι στην πραγματικότητα.

## ■ 8.2 Κράματα

### 8.2.1 Έννοια - Ιδιότητες - Ταξινόμηση κραμάτων

Κράμα είναι ένα υλικό με μεταλλικές ιδιότητες που σχηματίζεται με μίξη δύο ή περισσότερων χημικών στοιχείων, εκ των οποίων το ένα τουλάχιστον είναι μέταλλο.

Στην ονομασία των κραμάτων, εκτός από αυτά που αναφέρονται με την εμπειρική τους ονομασία, αναφέρεται πρώτο το όνομα του συστατικού με την μεγαλύτερη αναλογία, ακολουθούμενο από το δεύτερο σε αναλογία κ.ο.κ.

Με τη δημιουργία του κράματος επιτυγχάνεται η μεταβολή των ιδιοτήτων των μετάλλων σε τέτοιο βαθμό, ώστε να σχηματίζεται ένα νέο υλικό με νέες φυσικομηχανικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές δεν είναι ο μέσος όρος των ιδιοτήτων των στοιχείων που απαρτίζουν το κράμα. Οι ιδιότητες του μετάλλου εξαρτώνται από τη φύση του μετάλλου και από την προηγηθείσα θερμική και μηχανική κατεργασία. Οι ιδιότητες του κράματος εξαρτώνται από τη χημική του σύνθεση (συστατικά του κράματος), από το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη χημική σύσταση των κόκκων του, καθώς και από τη θερμική και μηχανική κατεργασία που έχει υποστεί.



Η σύσταση του κράματος υπολογίζεται σε ποσοστιαία αναλογία κατά βάρος αλλά και σε ποσοστιαία αναλογία ατόμων των συστατικών. Για παράδειγμα το κράμα  $AuCu_3$  περιέχει 51% κ.β. χρυσό (Au), αλλά μόνο 25% ατόμων χρυσού. Αυτό οφείλεται στη διαφορά ατομικού βάρους μεταξύ χρυσού και χαλκού.

Αυτό έχει μεγάλη σημασία από πλευράς βιοσυμβατότητας. Για παράδειγμα ένα κράμα νικελίου - χρωμίου - μολυβδενίου - βηρύλλιου περιέχει 1.8% κ.β. βηρύλλιο που είναι τοξικό στοιχείο. Το βηρύλλιο όμως σε αριθμό ατόμων αποτελεί το 10.7% αυτού του βασικού κράματος. Στις ιδιότητες ενός κράματος, μεγαλύτερη σημασία έχει η ποσοστιαία αναλογία των ατόμων του κάθε συστατικού.

Τα κράματα ανάλογα με τον αριθμό των συστατικών τους ταξινομούνται σε διμερή, τριμερή, τετραμερή κ.τ.λ. Επίσης μπορούν να ταξινομηθούν σε κράμα μετάλλου-μέταλλο, μέταλλο-επαμφοτερίζοντος στοιχείου και σε κράμα μετάλλου-αμετάλλο.

Τα κράματα δεν λιώνουν (τήκονται) σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Δεν έχουν δηλαδή συγκεκριμένο σημείο τήξης. Κατά τη θέρμανσή τους, κάθε συστατικό λιώνει όταν φτάσει στη θερμοκρασία τήξης του. Άρα το κράμα παρουσιάζει ένα *θερμοκρασιακό διάστημα τήξης*, από τη θερμοκρασία που θα λιώσει το πρώτο συστατικό του, μέχρι τη θερμοκρασία και θα λιώσει και το τελευταίο. Όταν λέμε θερμοκρασία τήξης ενός κράματος εννοούμε τη θερμοκρασία στην οποία έχουν λιώσει όλα τα συστατικά του κράματος.

### 8.2.2 Κατεργασίες μετάλλων - κραμάτων

Οι μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων και των κραμάτων τους εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος των κόκκων τους.

Η μετάδοση διαταραχών και τάσεων μέσα σε ένα μέταλλο ή κράμα παρεμποδίζονται από τα όρια των κόκκων. Άρα η δημιουργία λεπτόκοκκων κραμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ανθεκτικότητας, γιατί όσο περισσότεροι κόκκοι υπάρχουν, τόσο μεγαλύτερη είναι η παρεμπόδιση της διάδοσης των διαταραχών προς διάφορες κατευθύνσεις.

Τα μέταλλα και τα κράματα με διάφορες κατεργασίες μπορούν να μεταβάλουν τη μικρογραφική δομή τους -ακόμη και σε στερεή κατάσταση- και να αυξηθεί ο αριθμός των κόκκων τους. Πολλές από αυτές τις κατεργασίες είναι θερμικές. Οι σημαντικότερες κατεργασίες είναι:

- Η εν ψυχρώ πλαστική παραμόρφωση
- Η εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση
- Η ανόπτηση για αποκατάσταση
- Η ανόπτηση για ομοιογενοποίηση
- Η ανόπτηση για απαερίωση

### 8.2.2.1 Εν ψυχρώ παραμόρφωση (*Work Hardening*)

Καλείται και *σκληρυνση δι' ενδοτραχύνσεως*. Είναι μία κατεργασία του κράματος στη θερμοκρασία περιβάλλοντος (εν ψυχρώ), για τη δημιουργία ελάσματος ή σύρματος. Η κατεργασία αυτή επιφέρει αύξηση της σκληρότητας, μεγαλύτερο όριο ελαστικότητας, μεγαλύτερο όριο θραύσεως, μικρότερη ολκιμότητα και μεγαλύτερη ευθραυστότητα.

Η μείωση της ολκιμότητας και η αύξηση της ευθραυστότητας κάνουν το κράμα λιγότερο ευκατέργαστο.

### 8.2.2.2 Ανόπτηση για αποκατάσταση

Η ανόπτηση για αποκατάσταση μπορεί να γίνει μόνο σε μέταλλα ή κράματα που έχουν υποστεί εν ψυχρώ πλαστική παραμόρφωση.

Τα ενδοτραχυμένα κράματα είναι επιρρεπή στη διάβρωση. Η ανόπτηση για αποκατάσταση γίνεται με θέρμανση σε θερμοκρασία χαμηλότερη από εκείνη της τήξεως. Το μέταλλο με αυτόν τον τρόπο «αποκαθίσταται» αποκτώντας ξανά την πλαστικότητά του. Η θερμοκρασία αποκατάστασης είναι καθορισμένη για κάθε μέταλλο ή κράμα.

Αν το μέταλλο παραμείνει στη θερμοκρασία αποκατάστασης επί μακρόν οι κόκκοι μεγεθύνονται περισσότερο από το επιθυμητό. Αυτό ονομάζεται «υπεραποκατάσταση».

Εάν θέλουμε ένα μέταλλο να έχει μικρή πλαστικότητα αλλά μεγάλη σκληρότητα και αντοχή θα πρέπει, προκειμένου να αποφευχθεί η «υπεραποκατάσταση», να θερμανθεί σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται *αποτακική ανόπτηση*, και απαλλάσσει το μέταλλο από εσωτερικές τάσεις, διατηρώντας παράλληλα τις καλές του ιδιότητες.

### 8.2.2.3 Εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση

Εάν η δημιουργία σύρματος ή ελάσματος γίνει σε θερμοκρασία λίγο μεγαλύτερη της ανακρυστάλλωσης το μέταλλο γίνεται ευκατέργαστο και μπορεί να πάρει οποιοδήποτε σχήμα χωρίς να καταστραφεί.

Για παράδειγμα, με την εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση μπορεί να κατασκευαστεί 3 χιλιόμετρα σύρμα από 1 γραμμάριο χρυσού.

### 8.2.2.4 Ανόπτηση για ομοιογενοποίηση

Κανένα κράμα δε στερεοποιείται κάτω από ιδανικές συνθήκες ώστε οι κόκκοι να έχουν την ίδια χημική σύσταση. Αυτή η έλλειψη ομοιογενούς χημικής σύστασης ονομάζεται *μικροδιαφορισμός* ή χημική ανομοιογένεια. Ο μικροδιαφορισμός έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων του κράματος και την έλλειψη αντοχής στη διάβρωση. Για να πετύχουμε την χημική ομοιογένεια, που είναι απαραίτητη, θερμαίνουμε το κράμα σε θερμοκρασία χαμηλότερη της θερμοκρασίας τήξης για ορισμένο χρονικό διάστημα. Η κατεργασία αυτή ονομάζεται ανόπτηση για ομοιογενοποίηση.

### 8.2.2.5 Ανόπτηση για απαερίωση (Degassing)

Είναι η θέρμανση ενός κράματος με σκοπό την απομάκρυνση οξειδίων ή αερίων από τη μάζα του. Οι ξένες αυτές προσμίξεις εμποδίζουν τη συνοχή των κόκκων του κράματος.

## ■ 8.3 Ταξινόμηση οδοντιατρικών κραμάτων

Δεκάδες διαφορετικά κράματα διαφόρων μετάλλων κυκλοφόρησαν κατά το παρελθόν ή κυκλοφορούν σήμερα με σκοπό να καλύψουν όλες τις ανάγκες της οδοντιατρικής. Για να γίνει πιο εύκολη η κατανόηση και μελέτη της πληθώρας αυτής των κραμάτων, κατατάσσονται, σύμφωνα με τις ιδιότητές τους και τη χρήση τους στην καθημερινή οδοντιατρική πράξη, σε τρεις κατηγορίες:

- Σε κράματα για μεταλλικές χυτές και μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις
- Σε κράματα για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις.
- Σε κράματα για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών

## ■ 8.4 Κράματα για μεταλλικές χυτές και μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις

Ο καθαρός χρυσός δεν έχει τις φυσικές εκείνες ιδιότητες που απαιτούνται για προσθετικές αποκαταστάσεις. Έτσι, αρχικά υιοθετήθηκαν χρυσοκράματα που εχρησιμοποιούντο για την κατασκευή κοσμημάτων. Τα κράματα αυτά ήταν τριμερή κράματα χρυσού-αργύρου-χαλκού. Με την πάροδο των ετών όλο και πιο πολλά κράματα εισήχθησαν στην αγορά, αλλά όλα βασιζονταν στο χρυσό.

### 8.4.1 Κράματα χρυσού

Το 1932 η Επιτροπή Οδοντιατρικών Υλικών του Εθνικού Γραφείου Μέτρων και Σταθμών (National Bureau of Standards) των Η.Π.Α. μελέτησε τα κράματα των μετάλλων που κυκλοφορούσαν και τα κατέταξε με τον ακόλουθο τρόπο:

<b>Πίνακας 8.1</b>		<b>Κατάταξη χρυσοκραμάτων για χυτές εργασίες</b>
ΤΥΠΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ % ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΑ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΧΡΥΣΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΛΑΤΙΝΑΣ	
I Μαλακά	83	
II Μέτριας σκληρότητας	78	
III Σκληρά	78	
IV Υπέρσκληρα	75	

Τα χρυσοκράματα για οδοντιατρική χρήση ήταν κυρίως τριμερή κράματα χρυσού, αργύρου και χαλκού. Αργότερα άρχισαν να προστίθενται και μικρές ποσότητες άλλων στοιχείων όπως παλλάδιο, πλατίνα και ψευδάργυρος. Μία από τις σημαντικές ιδιότητες τέτοιων κραμάτων είναι το σχετικά χαμηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης τους και η μικρόκοκκη δομή τους. Τα οδοντιατρικά χρυσοκράματα πρέπει να περιέχουν ικανές ποσότητες ευγενών μετάλλων, ώστε να μη διαβρώνονται ή να αμαυρώνονται στο στοματικό περιβάλλον. Πρέπει επίσης να περιέχουν ανάλογες ποσότητες από στοιχεία με χαμηλότε-

ρο σημείο τήξης, ούτως ώστε να μπορούν να λιώσουν με φλόγα υγραερίου και να χυτευθούν σε απλό πυρόχωμα (με συνδετική ουσία γύψο). Αρκετοί διαφορετικοί τύποι κραμάτων προέκυψαν με την αυξομείωση του ποσοστού των συμπληρωματικών αυτών στοιχείων.

Όπως είναι αναμενόμενο το εύρος των συνθέσεων είναι τέτοιο, ώστε μπορεί να υπάρξει κάποιος βαθμός αλληλοεπικάλυψης από τον ένα τύπο κράματος στον άλλο. Έτσι ουσιαστικά οι 4 τύποι διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα *εύρος ιδιοτήτων* παρά από ένα συγκεκριμένο ποσοστό στοιχείων. Συγκεκριμένα

**Τα τύπου I (μαλακά κράματα)** χρησιμοποιούνται για μικρά ένθετα, διαμορφώνονται και λειαινούνται εύκολα και υπόκεινται σε μικρές πιέσεις. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από 50 - 90 Vickers.

**Τα τύπου II (κράματα μέσης σκληρότητας)** χρησιμοποιούνται για ένθετα που υπόκεινται σε μέτρια πίεση, επένθετα, στεφάνες 3/4 μεγάλου πάχους, στηρίγματα, ενδιάμεσα, ολικές χυτές στεφάνες. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από 90 - 120 Vickers.

Οι τύποι I και II συχνά αναφέρονταν σαν «χρυσός ενθέτων». Η εξέλιξη υλικών άμεσης και έμμεσης έμφραξης που διαθέτουν το χρώμα του δοντιού έχει σήμερα ουσιαστικά εξαλείψει τη χρήση χρυσοκραμάτων τύπου I και II.

**Τα τύπου III (σκληρά κράματα)** χρησιμοποιούνται για ένθετα που υπόκεινται σε υψηλή πίεση, επένθετα, λεπτές στεφάνες 3/4, στηρίγματα, ενδιάμεσα, στεφάνες, βάσεις οδοντοστοιχιών και γέφυρες μέσου μήκους. Τα κράματα αυτής της κατηγορίας μπορούν να σκληρυνθούν με γήρανση. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από 120 - 160 Vickers.

Τέλος, τα **τύπου IV (πολύ σκληρά κράματα)** χρησιμοποιούνται για ένθετα και επένθετα εκτεθειμένα σε πολύ υψηλές πιέσεις, δοκούς και άγκιστρα, για βάσεις οδοντοστοιχιών, σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών και γέφυρες μεγάλου μήκους. Μπορούν να σκληρυνθούν με την ανάλογη θερμική κατεργασία. Η σκληρότητά τους κυμαίνεται από 150 - 250 Vickers.

Τα κράματα τύπου III και IV ονομάζονται και κράματα στεφανών και γεφυρών (crown and bridge alloys), αν και τα τύπου IV συχνά χρησιμοποιούνται για κατασκευές που χρειάζονται αντοχή σε υψηλές καταπονήσεις (π.χ. σκελετοί μερικών οδοντοστοιχιών).

Μια και ο χρυσός ήταν αρκετά ακριβός και υπήρχαν διαθέσιμα και άλλα πολύτιμα μέταλλα άρχισαν οι τροποποιήσεις στην περιεκτικότητα των κραμάτων. Έτσι δημιουργήθηκαν τα σύγχρονα κράματα για μεταλλικές χυτές ή

μεταλλοακρυλικές γέφυρες και στεφάνες τα οποία μπορεί να περιέχουν λίγο έως και καθόλου χρυσό. Τα νέα αυτά κράματα κατατάσσονται στους τύπους III και IV με βάση τις ιδιότητές τους. Οι τυπικές συνθέσεις ορισμένων από αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2.

**Πίνακας 8.2** *Τυπική σύσταση ορισμένων σύγχρονων κραμάτων*

		Au	Cu	Ag	Pd	In,Sn,Fe, Zn,Ga
		%	%	%	%	%
Τύπος I	χρυσού (gold)	83	6	10	0.5	Ποικίλλει
Τύπος II	χρυσού (gold)	77	7	14	1	Ποικίλλει
Τύπος III	χρυσού (gold)	75	9	1	3.5	Ποικίλλει
	Μειωμένης περιεκτικότητας σε χρυσό (low gold)	46	8	39	6	Ποικίλλει
	αργύρου παλλαδίου (silver-palladium)			70	25	Ποικίλλει
Τύπος IV	χρυσού (gold)	69	10	12.5	3.5(+3.0Pt)	Ποικίλλει
	μειωμένης περιεκτικότητας σε χρυσό (low gold)	56	14	25	4	Ποικίλλει
	αργύρου παλλαδίου (silver-palladium)	15	14	45	25	Ποικίλλει

Από τα ιχνοστοιχεία του Πίνακα 8.2 ο ψευδάργυρος προστίθεται κυρίως για να δεσμεύει το οξυγόνο. Πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα σύγχρονα πολύτιμα κράματα είναι γενικά λεπτόκοκκα. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη πολύ μικρών ποσοτήτων ιριδίου και ρουθηνίου (περίπου 100-150 ppm). Ο χαλκός είναι ο κυρίως «σκληρυντής» των κραμάτων. Προσδίδει αντοχή και σκληρότητα στα κράματα, και ελαττώνει το θερμοκρασιακό διάστημα τήξης τους. Σε μεγάλες ποσότητες ο χαλκός τείνει να κοκκινίζει τα χρυσά κράματα και να μειώνει την αντίστασή τους στη διάβρωση και την αμαύρωση. Ο άργυρος βοηθά στη μείωση της χρωματικής επίδρασης του χαλκού αλλά μειώνει την αντοχή του κράματος στη διάβρωση.

### 8.4.2 Κράματα με μειωμένη περιεκτικότητα σε χρυσό

Τα κράματα αυτά είναι τύπου III ή IV και περιέχουν χρυσό από 45 - 55%. Η προσθήκη παλλαδίου 5-10% τα κάνει ανθεκτικότερα στη διάβρωση και αυξάνει την σταθερότητα στην αλλαγή χρώματος μέσα στη στοματική κοιλότητα.

Χρησιμοποιούνται για στεφάνες, γέφυρες, δοκούς, τηλεσκοπικές και φρεζαριστές εργασίες. Μπορούν να λειανθούν και να σιλιβωθούν πάρα πολύ καλά. Το ειδικό τους βάρος είναι χαμηλότερο από αυτό των μεγάλης περιεκτικότητας σε χρυσό, γι' αυτό και χρειάζονται ευρύτερο αγωγό χύτευσης και ισχυρότερη φυγοκέντρωση στην συσκευή χύτευσης.

### 8.4.3 Κράματα αργύρου - παλλαδίου

Τα κράματα αυτά είναι τύπου III ή IV και περιέχουν άργυρο από 50-70%, παλλάδιο 20-25%, χρυσό από 1-15%.

Τα κράματα της κατηγορίας αυτής είναι λευκωπά, σκληρότερα από τα χρυσοκράματα, έχουν μικρότερο ειδικό βάρος και υψηλότερη θερμοκρασία τήξης.

Η εργαστηριακή επεξεργασία τους απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή από ό,τι τα χρυσοκράματα. Η αντοχή στη διάβρωση είναι μειωμένη και η χρήση τους σήμερα τείνει να εξαφανιστεί.

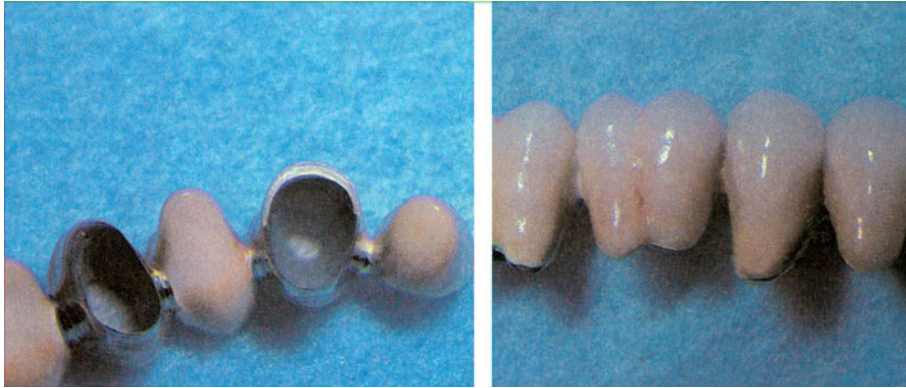
### 8.4.4 Κράματα βασικών μετάλλων

Τα κράματα βασικών μετάλλων δε χρησιμοποιούνται ευρέως για ολομεταλλικές ή μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις. Ο κύριος λόγος είναι η μεγάλη δυσκολία που εμφανίζουν στο γυάλισμα, ιδιαίτερα της μασητικής επιφάνειας. Τα κράματα αυτά είναι ίδιας σύστασης (Ni-Cr ή Co-Cr) με τα βασικά κράματα που χρησιμοποιούνται για μεταλλοκεραμικές εργασίες.

## ■ 8.5 Κράματα για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις

Ο συνδυασμός μετάλλου και πορσελάνης είναι σήμερα η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη ακίνητη προσθετική αποκατάσταση, επειδή συνδυάζει την αντοχή και την ακρίβεια των ολικών χυτών αποκαταστάσεων, με την καλή αισθητική εμφάνιση της πορσελάνης (Εικ. 8.1).

Το διπλό αυτό σύστημα αποτελείται από δύο επιμέρους συστατικά. Το μεταλλικό σκελετό και την πορσελάνη.



**Εικ. 8.1.** Μεταλλοκεραμική γέφυρα

Λόγω της διπλής φύσης της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης πρέπει να χρησιμοποιηθεί, για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού, ένα κράμα συμβατό με την πορσελάνη. Λόγω αυτού του περιορισμού υπάρχουν 6 βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί ένα κράμα, ώστε να είναι κατάλληλο για μεταλλοκεραμική.

1. Ένα κράμα μεταλλοκεραμικής πρέπει να είναι ικανό να παράγει επιφανειακά οξειδία για τον χημικό δεσμό με τις κεραμικές μάζες. Τα κράματα βασικού μετάλλου έχουν μία φυσική τάση να οξειδώνονται, όταν εκτεθούν στις υψηλές θερμοκρασίες του φούρνου πορσελάνης. Τα κράματα των πολύτιμων μετάλλων, από την άλλη πλευρά, συμπεριφέρονται ακριβώς αντίθετα, ιδιαίτερα τα υψηλής περιεκτικότητας σε πολύτιμα μέταλλα. Τα πολύτιμα μέταλλα των κραμάτων αυτών δεν οξειδώνονται. Γι' αυτό και προστίθενται και μικροποσότητες βασικών μετάλλων ούτως ώστε να λάβει χώρα η οξείδωση του κράματος.

Δηλαδή, όσο πιο πολύτιμο (ευγενές) είναι το κράμα τόσο λιγότερη ποσότητα οξειδίων παράγει. Η περιορισμένη ποσότητα οξειδίων έχει ως αποτέλεσμα ασθενέστερο μεταλλοκεραμικό δεσμό. Όσο λιγότερο πολύτιμο είναι το κράμα τόσο περισσότερα οξειδία παράγει. Βέβαια μερικές φορές τα οξειδία γίνονται πάρα πολλά και σε αυτές τις περιπτώσεις το μέταλλο πρέπει να προθερμαίνεται (degassing).

Σήμερα μεγάλη σημασία δίνουμε όχι μόνο στην ποσότητα οξειδίων αλλά και στο χρώμα τους. Το κράμα δεν πρέπει να παράγει έντονα χρωματισμένα οξειδία, τα οποία θα επηρεάσουν αρνητικά το χρώμα της πορσελάνης.



2. Ένα κράμα μεταλλοκεραμικής πρέπει να έχει συντελεστή θερμικής διαστολής ελαφρώς μεγαλύτερο από της πορσελάνης που θα οπτηθεί σε αυτό, για να διατηρηθεί η μεταλλοκεραμική σύνδεση. Παρά τη δημιουργία οξειδίων και την ύπαρξη χημικού δεσμού μεταξύ κράματος και πορσελάνης, μπορεί να δημιουργηθεί κάταγμα στην οπτημένη πορσελάνη εάν δεν είναι θερμικά συμβατή με το κράμα.
3. Το κράμα πρέπει να έχει θερμοκρασιακό διάστημα τήξης αρκετά υψηλότερο από τη θερμοκρασία τήξης της αντίστοιχης πορσελάνης. Αυτό έχει σημασία, διότι θα πρέπει το χτίσιμο της πορσελάνης με τα αλληπάλληλα ψησίματα και η εφυάλωση να γίνουν χωρίς φόβο ότι θα διαταραχθεί ή θα λιώσει η μεταλλική υποδομή.
4. Το κράμα δεν πρέπει να παραμορφώνεται υπό την επίδραση των θερμοκρασιών και των τάσεων που αναπτύσσονται κατά την όπτηση της πορσελάνης. Πρέπει να μπορεί να αντέχει (sag resistance) τις υψηλές θερμοκρασίες και τάσεις χωρίς την παραμικρή μεταβολή στις διαστάσεις του. Επίσης θα πρέπει να μπορεί να συγκολληθεί και μετά την όπτηση της πορσελάνης (post-soldering).
5. Τα κράματα, εκτός από τις 4 προηγούμενες προϋποθέσεις, πρέπει να πληρούν και την ανάγκη του τεχνίτη για ευκολία στους χειρισμούς. Πρέπει η όλη διαδικασία επεξεργασίας του μετάλλου να μην απαιτεί υπερβολικά εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις ή πολύ ακριβό και διαφορετικό από τον συνηθισμένο εξοπλισμό. Κάθε κράμα που είναι δύσκολο να λιώσει, να χυτευθεί, να εφαρμοσθεί και να γυαλισθεί, θα αποτύχει εμπορικά, όσο καλό δεσμό και να κάνει, όσο καλές ιδιότητες και να έχει.
6. Ένα κράμα για χυτές εργασίες πρέπει να είναι βιοσυμβατό και να μην είναι τοξικό. Η ασφάλεια του τεχνίτη, του γιατρού και του ασθενούς δεν πρέπει να διακινδυνεύεται με τη χρήση ενός οιουδήποτε κράματος, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν ασφαλέστερα κράματα ως εναλλακτική λύση.

### 8.5.1 Κατάταξη κραμάτων μεταλλοκεραμικής

Πολλές κατατάξεις έχουν προταθεί κατά καιρούς για τα κράματα μεταλλοκεραμικής. Σήμερα ακολουθείται η κατάταξη των κραμάτων σε συστήματα με βάση την σύστασή τους.

**Πίνακας 8.3 Κατάταξη κραμάτων μεταλλοκεραμικής**

	<b>ΣΥΣΤΗΜΑ</b>	<b>ΟΜΑΔΑ</b>
ΚΡΑΜΑΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Χρυσού-Πλατίνας- Παλλαδίου	Υψηλής % Αργύρου Χαμηλής % Αργύρου
	Χρυσού-Παλλαδίου-Αργύρου	
	Χρυσού-Παλλαδίου	
	Παλλαδίου	Αργύρου Κοβαλτίου Χαλκού Αργύρου-Χρυσού
ΚΡΑΜΑΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Νικελίου-Χρωμίου	με Βηρύλλιο χωρίς Βηρύλλιο
	Κοβαλτίου-Χρωμίου	
	Άλλα συστήματα	

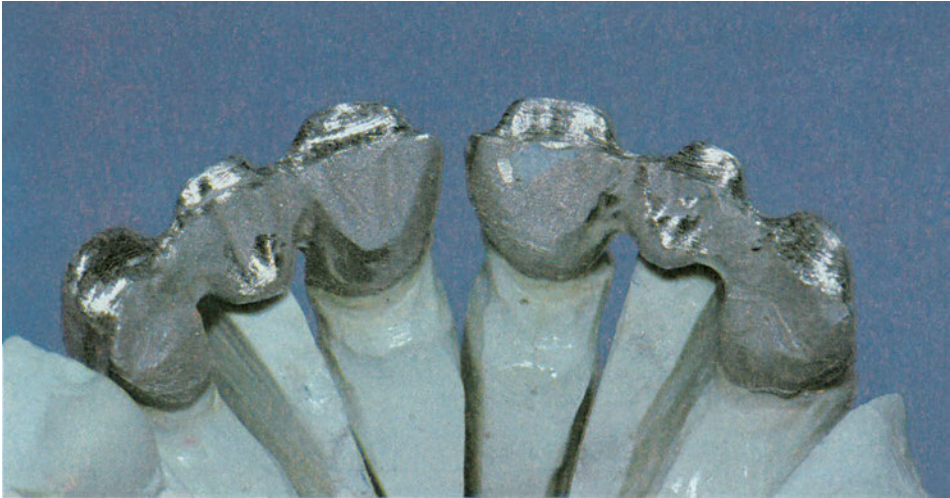
Παρατηρούμε ότι όλα τα κράματα χωρίζονται κατ' αρχήν σε 2 κύριες κατηγορίες: Πολύτιμα και Βασικά (ή μη πολύτιμα). Κατόπιν ταξινομούνται σε συστήματα με βάση τα κύρια συστατικά τους. Κατόπιν τα συστήματα υποδιαιρούνται σε υποκατηγορίες (ομάδες), αν χρειάζεται. Με αυτήν την ταξινόμηση όλα τα κράματα κατατάσσονται με βάση τη σύστασή τους και το ποσοστό του κυρίαρχου συστατικού τους.

Προηγείται το όνομα του κυρίαρχου μετάλλου και ακολουθείται από το δεύτερο σε αναλογία. Σημαντικά άλλα πρόσθετα, τα οποία κάνουν το κράμα να ξεχωρίζει προσδίδοντάς του συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ή ιδιότητες, βοηθούν στη διαίρεση σε υποκατηγορίες (π.χ. βηρύλλιο, χαλκός, κοβάλτιο κ.τ.λ.).

Ένα κράμα για να ανήκει στα πολύτιμα κράματα πρέπει να περιέχει αρκετή ποσότητα ενός από τα μέταλλα της κατηγορίας της πλατίνας ή του χρυσού. Αν αυτά τα μέταλλα απουσιάζουν ή βρίσκονται σε ίχνη, τότε το κράμα κατατάσσεται στα βασικά.

### 8.5.2 Η επίδραση της σύστασης ενός κράματος στις ιδιότητες του

Η χημική σύνθεση (σύσταση) είναι απευθείας υπεύθυνη για τις φυσικές ιδιότητες ενός υλικού. Η σύσταση των κραμάτων υπαγορεύει τις μηχανικές τους ιδιότητες.



**Εικ. 8.2.** Μεταλλικός σκελετός για μεταλλοκεραμική εργασία

Η κλινική επιτυχία μιας μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης εξαρτάται, κατά μεγάλο μέρος, από την ικανότητα του κράματος του μεταλλικού σκελετού να αντέχει στις δυνητικά καταστροφικές μασητικές δυνάμεις. Παρόλο που η οπτημένη πορσελάνη έχει σχετικά υψηλή αντοχή στις θλιπτικές δυνάμεις, η μειωμένη αντοχή στον εφελκυσμό και η χαρακτηριστική έλλειψη ολκιμότητας την κάνουν εξαιρετικά ευαίσθητη στις τάσεις λυγισμού που συνοδεύουν την κάμψη (flexure) του μεταλλικού σκελετού.

Γι' αυτό είναι απαραίτητο οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να αυξάνεται η αντοχή τους (Εικ. 8.2).

Η πιο προφανής προσέγγιση θα ήταν η αύξηση του πάχους της μεταλλικής υποδομής, μια και διπλασιασμός του πάχους οδηγεί σε οκταπλασιασμό την αντοχή στην κάμψη. Βέβαια, το μέγιστο πάχος της όλης αποκατάστασης περιορίζεται εξωτερικά από τη σύγκλιση και τη σωστή μορφολογία και εσωτερικά από την επιθυμία να διατηρηθεί όσο το δυνατόν περισσότερη οδοντική ουσία γίνεται. Από την άλλη πλευρά, η αισθητική απαιτεί ένα ελάχιστο πάχος πορσελάνης με αποτέλεσμα μείωση του πάχους του μετάλλου. Το ελάχιστο πάχος μιας μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης είναι 1 mm.

Μία εξέταση των μηχανικών ιδιοτήτων των βασικών κραμάτων και των χρυσοκραμάτων μας δείχνει ότι σε γενικές γραμμές τα κράματα των βασικών

μετάλλων έχουν μέτρο ελαστικότητας σχεδόν διπλάσιο από τα χρυσοκράμα-  
τα. Μια και το μέτρο ελαστικότητας είναι ένας τρόπος μέτρησης της ακαμψίας  
των υλικών, αυτή η ιδιότητα ευνοεί την χρησιμοποίηση κραμάτων βασικών  
μετάλλων σε γέφυρες με εκτεταμένα γεφυρώματα όπου η κάμψη είναι το κύ-  
ριο αίτιο αποτυχίας (Εικ. 8.3).

Σε δύο ισοπαχείς αποκαταστάσεις από βασικό κράμα και χρυσοκράμα,  
η γέφυρα από βασικό κράμα θα κάμπτεται μόνο κατά το μισό από ό,τι η γέ-  
φυρα από χρυσοκράμα, κάτω από τις ίδιες μασητικές δυνάμεις. Κατ' αυτήν  
την έννοια το υψηλό μέτρο ελαστικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να  
επιτρέψει λεπτότερα χυτά.

Παρόλο που συγκεκριμένα κράματα βασικών μετάλλων μπορεί να πλη-  
σιάζουν τη σκληρότητα των ευγενών μετάλλων, η πλειονότητά τους είναι σα-  
φώς σκληρότερη. Λόγω αυτής της σχετικώς υψηλής σκληρότητας, το κόψι-  
μο των αγωγών χύτευσης, το τρόχισμα, η εφαρμογή και το γυάλισμα μιας  
προσθετικής αποκατάστασης από βασικό κράμα, απαιτεί τη χρήση κοπτικών  
εργαλείων υψηλών στροφών.

Κλινικώς είναι μάλλον απίθανο να συμβεί σημαντική μασητική αποτριβή.  
Γι' αυτό πρέπει να δοθεί πολλή προσοχή στη διαμόρφωση της σύγκλεισης σε  
μεταλλικές μασητικές επιφάνειες. Επίσης η αφαίρεση μη ικανοποιητικών πα-  
λαιών αποκαταστάσεων από το στόμα είναι πιο δύσκολη για τα βασικά κρά-  
ματα από ό,τι με τα κράματα ευγενών μετάλλων μια και η αυξημένη σκληρό-  
τητα οδηγεί σε γρήγορη καταστροφή των φρεζών κοπής και των διαμαντιών.



**Εικ. 8.3.** Σπάσιμο γέφυρας μεγάλου μήκους

Η πυκνότητα των κραμάτων βασικών μετάλλων είναι  $8.0 \text{ gr/cm}^3$ , ενώ των αντίστοιχων κραμάτων ευγενών μετάλλων είναι  $18,4 \text{ gr/cm}^3$ . Μια και όλα τα κράματα για χύτευση πωλούνται με το βάρος στην ίδια μονάδα βάρους αντιστοιχεί υπερδιπλάσια ποσότητα βασικού κράματος.

Εκτός βέβαια από τους οικονομικούς λόγους η μικρότερη πυκνότητα των βασικών κραμάτων παίζει και ρόλο στην κατασκευή αποδεκτών χυτών. Μια και τα περισσότερα οδοντιατρικά χυτά, χυτεύονται σε φυγοκεντρικές μηχανές, η μειωμένη πυκνότητα μπορεί να παίζει κάποιο ρόλο στη δυσκολία που παρατηρείται όταν κατασκευάζονται χυτά υψηλής ακριβείας με κάποια από τα βασικά κράματα.

Όταν εκτιμούμε τις μηχανικές ιδιότητες ενός κράματος μεταλλοκεραμικής, πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου τη συμβατότητα μετάλλου-κεραμικού. Έτσι δύο προϋποθέσεις είναι σημαντικές. Το μέταλλο δεν πρέπει να παρεμβαίνει στο κεραμικό με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκαλεί ορατή αλλοίωση του χρώματος της πορσελάνης στην διεπιφάνεια (μεταξύ μετάλλου - κεραμικού) ή στα όρια. Η προσθετική αποκατάσταση πρέπει να έχει ένα σταθερό μεταλλοκεραμικό δεσμό, που να ανθίσταται επαρκώς στις πιέσεις στο στόμα.

Με τόσα πολλά κράματα στην αγορά σήμερα, δε θα ήταν σοφό να θεωρήσουμε ότι μία δεδομένη πορσελάνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε εξ αυτών. Επιπλέον η επιτυχία σε μία στεφάνη δεν εγγυάται κλινική επιτυχία σε μία γέφυρα. Μπορεί μία πορσελάνη και ένα κράμα να μη διαθέτουν ένα προβλέσιμο επίπεδο συμβατότητας, με αποτέλεσμα ράγισμα της πορσελάνης ή απόσπαση τμήματος αυτής από την επιφάνεια του μετάλλου. Ρωγμές και σπασίματα της πορσελάνης μπορεί να υποδηλώνουν ασυμβατότητα ανάμεσα σε ένα κράμα και μία συγκεκριμένη πορσελάνη. Δυστυχώς, δεν είναι όλες οι ασυμβατότητες άμεσα αναγνωρίσιμες. Πολλές φορές τα προβλήματα προκύπτουν μετά από κάποιο χρόνο που η γέφυρα βρίσκεται στο στόμα και υπόκειται σε μασητικές δυνάμεις.

Γι' αυτό, καλό είναι να γνωρίζουμε τα υλικά μας και να συμβουλευόμαστε τις κατασκευάστριες εταιρείες των πορσελανών ως προς τη συμβατότητά τους με διάφορα κράματα.

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για τη συμβατότητα ενός κράματος και μίας πορσελάνης. Ο συντελεστής θερμικής διαστολής των περισσότερων κραμάτων μεταλλοκεραμικής κυμαί-

νεται μεταξύ 13,5 και 15,5 X 10 in/in/°C. Για ένα σταθερό μεταλλοκεραμικό δεσμό ο συντελεστής θερμικής διαστολής του μετάλλου πρέπει να είναι ελαφρώς υψηλότερος από αυτόν της πορσελάνης.

Η χημική σύσταση συνήθως υπαγορεύει τις μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων. Οι μηχανικές ιδιότητες έχουν πρωτεύοντα ρόλο στα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα ενός κράματος και στη χρήση του. Έτσι με βάση την προηγούμενη ταξινόμηση (Πίνακας 8.3) των κραμάτων μεταλλοκεραμικής, ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση της χημικής σύνθεσης, των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους.

## ■ 8.6 Χημική σύσταση, ιδιότητες και χρήση των κραμάτων μεταλλοκεραμικής

### 8.6.1 Σύστημα χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου (Au-Pt-Pd)

Είναι από τα πιο παλιά κράματα για μεταλλοκεραμική. Σήμερα δε χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω του αυξημένου κόστους τους. Η αναλογία των συστατικών των κραμάτων αυτής της κατηγορίας ποικίλλει αρκετά. Σε ορισμένα

Σύσταση		Ίχνη στοιχείων όπως ίνδιο, σίδηρος και ψευδάργυρος βοηθούν στον δεσμό με τις πορσελάνες
Χρυσός:	75% - 88%	
Πλατίνα:	έως 8%	
Παλλάδιο:	έως 11%	
Άργυρος:	έως 5% εάν υπάρχει	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εξαιρετική χυτευσιμότητα</li> <li>• Εξαιρετικός δεσμός με την πορσελάνη</li> <li>• Υψηλό επίπεδο πολυτιμότητας</li> <li>• Ευκολία στη διαμόρφωση και λείανση της μασητικής επιφάνειας (ρύθμιση της σύγκλεισης)</li> <li>• Εξαιρετική αντίσταση στη διάβρωση και την αμαύρωση</li> <li>• Βιοσυμβατό</li> <li>• Εύκολο στην εφαρμογή στα όρια και στη λείανση</li> <li>• Ευκολία στην συγκόλληση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλό κόστος</li> <li>• Χαμηλή αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance), που δεν το κάνει αποδεκτό για ακίνητες εργασίες με μεγάλα γεφύρωμα</li> <li>• Μειωμένη αντοχή στον ερπυσμό</li> <li>• Μικρή σκληρότητα (αυξημένη αποτριβή)</li> <li>• Υψηλή πυκνότητα (λιγότερα χυτά ανά μονάδα βάρους)</li> </ul>

δεν υπάρχει καθόλου παλλάδιο, οπότε και αναφέρονται ως χρυσοπλατίνες, ενώ σε άλλα η αναλογία του παλλαδίου είναι αυξημένη και μπορούν να καταλήξουν σε κράματα χρυσού - παλλαδίου - πλατίνας.

### 8.6.2 Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag)

Αυτά τα κράματα κατασκευάστηκαν σε μία προσπάθεια να ξεπεραστούν οι περιορισμοί που υπήρχαν με τα κράματα χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου, όπως η μειωμένη αντοχή του κράματος στις παραμορφώσεις κατά την όπτηση (roor sag resistance), η χαμηλή σκληρότητα και το υψηλό κόστος. Δύο παραλλαγές δημιουργήθηκαν και τις ξεχωρίζουμε σε υψηλής και χαμηλής περιεκτικότητας σε άργυρο. Μια και αυτά τα κράματα είναι χρυσοκράματα, διαθέτουν και οι δύο υποκατηγορίες πολλά από τα γενικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου.

#### 8.6.2.1 Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag) (Υψηλής περιεκτικότητας σε άργυρο)

Σύσταση		Ίχνη στοιχείων όπως ίνδιο, σίδηρος και κασσίτερος βοηθούν στο δεσμό με την πορσελάνη.
Χρυσός:	39% - 53%	
Παλλάδιο:	25% - 35%	
Άργυρος:	12% - 22%	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>Χαμηλότερο κόστος από τα κράματα χρυσού-πλατίνας-παλλαδίου</li> <li>Βελτιωμένη ακαμψία και αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>Υψηλό επίπεδο πολυτιμότητας</li> <li>Αντοχή στη διάβρωση και την αμαύρωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Το υψηλό ποσοστό αργύρου δημιουργεί προϋποθέσεις για αλλοίωση του χρώματος της πορσελάνης</li> <li>Υψηλό κόστος</li> <li>Υψηλός συντελεστής θερμικής διαστολής</li> </ul>

### 8.6.2.2 Κράματα χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag) (Χαμηλής περιεκτικότητας σε άργυρο)

Σύσταση		Ίχνη στοιχείων που μπορούν να οξειδωθούν προστίθενται για το μεταλλοκεραμικό δεσμό.
Χρυσός:	52% - 77%	
Πλατίνα:	10% - 33%	
Παλλάδιο:	5% - 12%	
Άργυρος:	έως 5% εάν υπάρχει	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>Φθηνότερο από τα κράματα (Au-Pt-Pd)</li> <li>Βελτιωμένη ακαμψία και αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>Υψηλή περιεκτικότητα ευγενών μετάλλων</li> <li>Αντοχή στη διάβρωση και την αμαύρωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ο άργυρος δημιουργεί προϋποθέσεις για πιθανό χρωματισμό της πορσελάνης (λιγότερα πάντως από τα κράματα υψηλής περιεκτικότητας σε άργυρο)</li> <li>Υψηλό κόστος</li> <li>Υψηλός συντελεστής θερμικής διαστολής</li> </ul>

### 8.6.3 Κράματα χρυσού - παλλαδίου (Au-Pd)

Σύσταση		Ίχνη στοιχείων που μπορούν να οξειδωθούν προστίθενται για το μεταλλοκεραμικό δεσμό.
Χρυσός:	44% - 55%	
Παλλάδιο:	35% - 45%	
Κάλλιο:	έως 5%	
Ίνδιο και κασσίτερος:	8% - 12%	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξαιρετική χυτευσιμότητα</li> <li>Δεσμός ικανοποιητικής αντοχής</li> <li>Αντοχή στη διάβρωση και την αμαύρωση</li> <li>Βελτιωμένη αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>Χαμηλότερη πυκνότητα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δεν είναι θερμικά συμβατά με όλες τις οδοντιατρικές πορσελάνες</li> <li>Υψηλό κόστος</li> </ul>



Αυτή η συγκεκριμένη κατηγορία δημιουργήθηκε με σκοπό να υπερκεραστούν δύο σημαντικά προβλήματα συνυφασμένα με τη χρήση κραμάτων χρυσού - πλατίνας - αργύρου και παλλαδίου - αργύρου: Το χρωματισμό της πορσελάνης και τον υψηλό συντελεστή θερμικής διαστολής. Τα «λευκά» αυτά κράματα είναι δημοφιλή στους χρήστες ευγενών μετάλλων. Παρόλα αυτά δεν είναι θερμικά συμβατά με ορισμένες πορσελάνες υψηλού συντελεστή. Μία από τις πιο δημοφιλείς χημικές αναλογίες της κατηγορίας αυτής είναι 51,5% χρυσός, 38,5% παλλάδιο, 5% γάλλιο, ίχνη από ίνδιο και κασσίτερο.

#### 8.6.4 Κράματα παλλαδίου

Τα κράματα παλλαδίου κυκλοφόρησαν ως μια πιο «οικονομική λύση» από τα ακριβά χρυσοκράματα. Σήμερα η τιμή του παλλαδίου έχει αυξηθεί τόσο πολύ, ώστε το κόστος μιας προσθετικής αποκατάστασης από κράμα χρυσού να είναι συγκρίσιμο με το κόστος μιας προσθετικής αποκατάστασης από κράμα παλλαδίου.

##### 8.6.4.1 Κράματα παλλαδίου - αργύρου (Pd -Ag)

Σύσταση		Ιχνοστοιχεία και από άλλα οξειδούμενα μέταλλα είναι επίσης παρόντα.
Παλλάδιο:	55% - 60%	
Άργυρος:	28% - 30%	
Ίνδιο και Κασσίτερος:	8% - 12%	

ή

Παλλάδιο:	50% - 55%	Ιχνοστοιχεία και από άλλα οξειδούμενα μέταλλα είναι επίσης παρόντα.
Άργυρος:	35% - 40%	

Αυτό ήταν το πρώτο «μη χρυσό» (gold free) κράμα που παρουσιάστηκε στις Η.Π.Α. (1974) που περιείχε, παρόλα αυτά, ένα πολύτιμο μέταλλο (παλλάδιο). Προσφερόταν σαν μία οικονομικότερη εναλλακτική λύση στα ακριβότερα κράματα χρυσού - πλατίνας.

Μία κλασική γενίκευση σε αυτό το σύστημα είναι ότι περιέχει περίπου 60% παλλάδιο, με μεταβολές στον άργυρο συν το ίνδιο και τον κασσίτερο. Για την ακρίβεια, κάποιοι κατασκευαστές διαθέτουν στην αγορά δύο τύπους κρα-

μάτων παλλαδίου - αργύρου. Ο ένας έχει ποσοστό παλλαδίου γύρω στο 60% (55%-60%) με άργυρο της τάξης του 28%-30% συν ίνδιο, κασσίτερο και άλλα ιχνοστοιχεία. Ο άλλος τύπος περιέχει 50%-55% παλλάδιο, 35%-40% άργυρο συν κασσίτερο και άλλα στοιχεία, αλλά ελάχιστο ή καθόλου ίνδιο. Χράματα παλλαδίου - αργύρου με λιγότερο παλλάδιο και περισσότερο άργυρο είναι λίγο φθηνότερα από τα αντίστοιχα με περισσότερο παλλάδιο.

Αυτά τα κράματα είναι γενικώς φθηνότερα από άλλα κράματα παλλαδίου.

Ένα από τα πιο συχνά αναφερόμενα μειονεκτήματα των κραμάτων παλλαδίου - αργύρου είναι η τάση τους να «πρασινίζουν» την πορσελάνη. Για την ακρίβεια ο αποχρωματισμός, εάν συμβαίνει, είναι πιο πιθανό να παρουσιαστεί σαν κίτρινη ή ελαφρώς καφέ επιφανειακή δυσχρωμία παρά σαν ένα πραγματικό «πρασίνισμα» στην ένωση πορσελάνης - μετάλλου. Αντίθετα από την γενική πεποίθηση, σύμφωνα με τον Naylor, η αυξημένη παρουσία του αργύρου δεν προκαλεί υποχρεωτικά μεταβολή χρώματος στην κεραμική μάζα.

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαμηλό κόστος (:)</li> <li>• Χαμηλή πυκνότητα</li> <li>• Καλή χυτευσιμότητα (με κλασικές συσκευές χύτευσης)</li> <li>• Καλός δεσμός με την πορσελάνη</li> <li>• Μπορούν να γυαλιστούν καλά (Burnishability)</li> <li>• Χαμηλή σκληρότητα</li> <li>• Εξαιρετική αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>• Μέτριο επίπεδο ευγενών μετάλλων</li> <li>• Καλή αντοχή στην οξειδωση και την αμαύρωση</li> <li>• Κατάλληλα για εκτεταμένες γέφυρες με μεγάλα γεφυρώματα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αλλαγή στο χρώμα (κίτρινο, καφέ ή πράσινο) μπορεί να συμβεί με ορισμένες πορσελάνες</li> <li>• Έχουν αναφερθεί κάποια προβλήματα χυτευσιμότητας (με ηλεκτρονικές συσκευές χύτευσης)</li> <li>• Το παλλάδιο και ο άργυρος τείνουν να απορροφούν αέρια</li> <li>• Απαιτείται τακτικός καθαρισμός του φούρνου πορσελάνης</li> <li>• Μπορεί να σχηματίζουν εσωτερικά οξειδία (παρόλα αυτά δε φαίνεται να παρουσιάζονται προβλήματα με το δεσμό της πορσελάνης)</li> <li>• Δεν πρέπει να χυτεύεται σε χοάνες από γραφίτη, αλλά σε κεραμικές</li> <li>• Συνιστώνται πυροχώματα που δεν περιέχουν γραφίτη (carbon)</li> <li>• Υψηλός συντελεστής θερμικής διαστολής</li> <li>• Μειωμένη αντοχή στη διάβρωση</li> </ul>

### 8.6.4.2 Συστήματα υψηλής περιεκτικότητας σε παλλάδιο (High Palladium Systems)

Όταν αρχικά εξελίχθηκε αυτό το σύστημα, πολλά διαφορετικά κράματα έκαναν την εμφάνισή τους. Οι πιο δημοφιλείς συστάσεις ήταν μία που περιείχε κοβάλτιο και μία που περιείχε χαλκό. Η πιο εμπορικά επιτυχημένη έκδοση περιέχει 79% παλλάδιο και 2% χρυσό. Κάποιοι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι η προσθήκη ευγενών μετάλλων, όπως ο χρυσός ή η πλατίνα σε ποσοστό 1%-2%, βελτιώνει την κρυσταλλική δομή (grain structure) του κράματος.

#### Σύστημα παλλαδίου - κοβαλτίου (Pd-Co)

Σύσταση		Μερικά μπορεί να περιέχουν 2% χρυσό. Ίχνη άλλων στοιχείων προστίθενται για αύξηση του δεσμού με την πορσελάνη.
Παλλάδιο:	78% - 88%	
Κοβάλτιο:	4% - 10%	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχετικά χαμηλό κόστος (;</li> <li>• Έχει αναφερθεί καλή αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>• Έχει χαμηλή πυκνότητα, οπότε έχουμε μεγαλύτερο αριθμό χυτών ανά μονάδα βάρους</li> <li>• Κάποια λιώνουν και χυτεύονται εύκολα</li> <li>• Μπορούν να γυαλιστούν πολύ καλά. Υποτίθεται το ίδιο καλά με τα κράματα χρυσού - παλλαδίου</li> <li>• Μπορεί να κολληθούν πριν την όπτηση (presolder) πιο εύκολα από τα κράματα παλλαδίου - χαλκού</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πιο συμβατά με πορσελάνες υψηλής διαστολής</li> <li>• Είναι πιο επιρρεπή στην υπερθέρμανση από τα παλλαδίου-χαλκού</li> <li>• Παράγουν ένα παχύ, σκούρο στρώμα οξειδίων το οποίο μπορεί να δώσει μπλε απόχρωση στην πορσελάνη</li> <li>• Επιρρεπή στην απορρόφηση αερίων</li> <li>• Δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για μακροχρόνια κλινική επιτυχία</li> </ul>

## Παλλαδίου - χαλκού (Pd-Cu)

Σύσταση		Ίχνη από γάλλιο, ίνδιο και κασσίτερο προστίθενται για το δεσμό της πορσελάνης
Παλλάδιο:	70% - 80%	
Κοβάλτιο:	9% - 15%	
Χρυσός:	1% - 2%	
Πλατίνα:	1% (εάν υπάρχει)	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλή χυτευσιμότητα</li> <li>• Χαμηλότερο κόστος από τα κράματα του χρυσού (;)</li> <li>• Χαμηλότερη πυκνότητα, δηλ. περισσότερα χυτά ανά μονάδα βάρους</li> <li>• Καλός δεσμός με την πορσελάνη</li> <li>• Αντοχή στη διάβρωση και την αμαύρωση</li> <li>• Συμβατά με αρκετές οδοντιατρικές πορσελάνες</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παράγει παχιά, σκούρα στιβάδα οξειδίων</li> <li>• Μπορεί να αποχρωματίσει (γκριζάρει) κάποιες πορσελάνες</li> <li>• Πρέπει να εκτιμήσουμε οπτικά το χρώμα των οξειδίων, για να αποφασίσουμε εάν έχει σχηματισθεί στιβάδα ικανοποιητικής συγκράτησης</li> <li>• Δεν πρέπει να χυτεύεται σε χοάνες (crucible) γραφίτη (ηλεκτρικές συσκευές χύτευσης)</li> <li>• Έχει την τάση να απορροφά αέρια</li> <li>• Παρουσιάζει προβλήματα ερπυσμού κατά την όπτηση με συνέπεια το άνοιγμα των ορίων</li> <li>• Μπορεί να μην είναι κατάλληλο για εκτεταμένες γέφυρες</li> <li>• Περιορισμένες πληροφορίες για μακρόχρονη κλινική επιτυχία</li> <li>• Είναι δύσκολο να γυαλιστεί</li> <li>• Η κόλληση πριν την όπτηση μπορεί να είναι προβληματική</li> <li>• Υψηλή σκληρότητα</li> </ul>

### 8.6.4.3 Παλλαδίου - αργύρου - χρυσού (Pd-Ag-Au)

Σύσταση		Ίχνη γαλλίου και ινιδίου προστίθενται για το δεσμό της πορσελάνης
Παλλάδιο:	75% - 86%	
Άργυρος:	λιγότερο από 1% - 7%	
Χρυσός:	2% - 6%	
Πλατίνα:	λιγότερο από 1% (εάν υπάρχει)	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχετικά χαμηλό κόστος</li> <li>• Χαμηλή πυκνότητα</li> <li>• Βελτιωμένη αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance), δηλ. καλύτερη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες</li> <li>• Ανοιχτόχρωμη στοιβάδα οξειδίων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχετικά νέα κατηγορία κραμάτων</li> <li>• Δεν υπάρχουν στοιχεία για μακροχρόνια ενδοστοματική λειτουργία</li> <li>• Όπως και άλλα κράματα που περιέχουν παλλάδιο, υπάρχει τάση για προσρόφηση αερίων</li> <li>• Δεν πρέπει να χυτεύεται σε χοάνες από γραφίτη</li> </ul>

Σε μία προσπάθεια να εξαιρεθούν κάποια από τα μειονεκτήματα των αρχικών κραμάτων υψηλής περιεκτικότητας σε παλλάδιο που περιείχαν κοβάλτιο και χαλκό, δημιουργήθηκε μία δεύτερη γενιά στην οποία απουσίαζε ο χαλκός και το κοβάλτιο.

Η ιδέα ενός κράματος παλλαδίου - αργύρου - χρυσού παρουσιάστηκε σχεδόν την ίδια περίοδο που κυκλοφόρησαν τα κράματα χαλκού και κοβαλτίου. Παρόλα αυτά λίγη σημασία είχε δοθεί αρχικά σε αυτόν τον τύπο κράματος. Δεν ήταν παρά αργότερα, αφού τα κράματα παλλαδίου - χαλκού και παλλαδίου - κοβαλτίου απέτυχαν να αποκτήσουν σημαντικό μερίδιο στην αγορά λόγω των σκουρόχρωμων οξειδίων τους, τη μειωμένη αντοχή τους σε υψηλές θερμοκρασίες (κατηγορία χαλκού) και τον ερπυσμό στα όρια (κατηγορία κοβαλτίου), που η προσοχή στράφηκε στη σύσταση υψηλής περιεκτικότητας παλλαδίου - αργύρου - χρυσού. Πλεονέκτημα των κραμάτων αυτών ήταν το μειωμένο κόστος τους, σε σχέση με τα χρυσοκράματα. Σήμερα η τιμή του παλλαδίου έχει αυξηθεί τόσο πολύ ώστε το κόστος τους να είναι αντίστοιχο με αυτό των χρυσοκραμάτων. Άλλα πλεονεκτήματα των κραμάτων αυτών είναι η αναφερόμενη βελτίωση της αντοχής τους σε υψηλές θερμοκρασίες και η δημιουργία πιο ανοιχτόχρωμων οξειδίων.

## 8.6.5 Κράματα βασικών μετάλλων

Δύο τύποι βασικών κραμάτων είναι σε χρήση σήμερα. Ο ένας είναι βασισμένος στο νικέλιο και ο άλλος στο κοβάλτιο. Κράματα και των δύο τύπων έχουν σαν δεύτερο σε περιεκτικότητα συστατικό το χρώμιο. Όλοι οι άλλοι τύποι βασικών κραμάτων δεν αποτελούν παρά ελάχιστα χρησιμοποιούμενα συστήματα και δεν πρόκειται να εξεταστούν. Τα κράματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ολομεταλλικές ή μεταλλοακρυλικές κατασκευές.

### 8.6.5.1 Νικελίου - χρωμίου (Ni-Cr)

#### Νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου (Ni-Cr-Be)

Σύσταση	
Νικέλιο:	62% - 82%
Χρώμιο:	11% - 20%
Βηρύλλιο:	έως και 2%

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>Χαμηλό κόστος</li> <li>Χαμηλή πυκνότητα</li> <li>Υψηλή αντοχή στην παραμόρφωση κατά την όπτηση (sag resistance)</li> <li>Μπορεί να δημιουργεί λεπτά χυτά</li> <li>Κακός αγωγός θερμότητας</li> <li>Μπορεί να αδροποιηθεί (με οξύ)</li> <li>Καλός δεσμός με την πορσελάνη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς με ευαισθησία στο νικέλιο</li> <li>Η έκθεση στο βηρύλλιο μπορεί να είναι επιβλαβής σε τεχνίτες και ασθενείς</li> <li>Η σωστή τήξη και χύτευση απαιτεί ικανότητες</li> <li>Η αποτυχία του μεταλλοκεραμικού δεσμού συμβαίνει συνήθως στην στοιβάδα των οξειδίων (μεγάλο πάχος στοιβάδας)</li> <li>Υψηλή σκληρότητα (μπορεί να αποτρίψει τα δόντια του αντίθετου φραγμού)</li> <li>Παρουσιάζονται δυσκολίες κατά την κόλληση</li> <li>Πολύ δύσκολα αποκόπτονται όταν έχουν συγκολληθεί στο στόμα</li> </ul>

## Νικελίου-χρωμίου - χωρίς βηρύλλιο (Ni-Cr Beryllium free)

Σύσταση		Βόριο (ελάχιστο), σίδηρος, μολυβδαίνιο, νιόβιο (ή κολόμβιο) ή/και ταντάλιο.
Νικέλιο:	62% - 77%	
Χρώμιο:	11% - 22%	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>Χαμηλό κόστος</li> <li>Χαμηλή πυκνότητα</li> <li>Δεν περιέχει βηρύλλιο</li> <li>Μπορεί να δημιουργεί λεπτά χυτά</li> <li>Κακός αγωγός θερμότητας</li> <li>Καλός δεσμός με την πορσελάνη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς με αλλεργία στο νικέλιο</li> <li>Δεν μπορεί να αδροποιηθεί</li> <li>Χυτεύεται πιο δύσκολα από τα κράματα νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου</li> <li>Παράγει πιο πολλά οξειδία από τα κράματα νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου.</li> </ul>

Αυτά τα κράματα μεταλλοκεραμικής προσφέρουν τέτοια οικονομία, ώστε να χρησιμοποιούνται ακόμα και για ολικές χυτές στεφάνες ή ολομεταλλικές γέφυρες. Τα κύρια συστατικά είναι νικέλιο και χρώμιο με ένα ευρύ φάσμα άλλων συστατικών για τη δημιουργία του κράματος. Αυτός ο τύπος έχει δύο κύριες υποκατηγορίες. Αυτή που περιέχει βηρύλλιο και αυτή που είναι απαλλαγμένη από αυτό. Τα κράματα νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου θεωρούνται ότι διαθέτουν ανώτερες ιδιότητες και είναι πιο δημοφιλή. Ανάμεσα στα άλλα το βηρύλλιο βελτιώνει τη χυτευσιμότητα και μειώνει την τάση αυτών των κραμάτων να σχηματίζουν παχιά στοιβάδα οξειδίων σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τα βασικά κράματα νικελίου που κυκλοφόρησαν στα τέλη της δεκαετίας του '60 ήταν οι πρόγονοι των σημερινών κραμάτων. Παρόλες τις έρευνες της δεκαετίας του '70 γι' αυτά τα κράματα, τα αποτελέσματά τους δεν έχουν άμεση εφαρμογή στα σύγχρονα κράματα βασικών μετάλλων. Τα αρχικά προβλήματα με τη χυτευσιμότητα και την εφαρμογή έχουν κατά μεγάλο μέρος ξεπεραστεί από την βελτίωση των κραμάτων και την κατανόηση των σωστών τρόπων τοποθέτησης αγωγών, επένδυσης από πυρόχωμα και χύτευσης αυτών των χαμηλής πυκνότητας μετάλλων.

Το σύστημα νικελίου - χρωμίου είναι σήμερα ευρέως διαδεδομένο και κατέχει μεγάλο μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς στα βασικά μέταλλα.

### 8.6.5.2. Σύστημα κοβαλτίου - χρωμίου (Co-Cr)

Σύσταση		Ιχνοστοιχεία όπως μολυβδαίνιο, ρουθήνιο και / ή βολφράμιο
Κοβάλτιο:	53% - 68%	
Χρώμιο:	25% - 34%	

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν περιέχουν νικέλιο</li> <li>• Δεν περιέχουν βηρύλλιο</li> <li>• Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας</li> <li>• Έχουν χαμηλή πυκνότητα</li> <li>• Χαμηλό κόστος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πιο δύσκολη κατεργασία από τα κράματα νικελίου</li> <li>• Υψηλή σκληρότητα</li> <li>• Οξειδώνονται πιο πολύ από τα κράματα νικελίου</li> <li>• Δεν υπάρχουν πληροφορίες από μακροχρόνιες κλινικές έρευνες</li> </ul>

Όπως και τα συστήματα νικελίου - χρωμίου, έτσι τα κράματα που βασίζονται στο κοβάλτιο διατίθενται στην αγορά ως κράματα μεταλλοκεραμικής που διαθέτουν και την ιδιότητα να χρησιμοποιούνται για οικονομικές ολικές χυτές εργασίες. Το κύριο συστατικό είναι το κοβάλτιο και όχι το χρώμιο. Γι' αυτό και τα κράματα αυτά περιγράφονται σωστότερα σαν κράματα κοβαλτίου - χρωμίου και όχι χρωμιοκοβαλτίου ή χρωμίου - κοβαλτίου, όπως κατά καιρούς και μάλλον χάριν ευφωνίας έχουν καταγραφεί. Έχει αναφερθεί μία πιθανή υποδιαίρεση αυτού του συστήματος σε δύο ομάδες. Αυτά που περιέχουν ρουθήνιο και αυτά που δεν περιέχουν ρουθήνιο. Το κατά πόσον υπάρχουν αρκετές διαφορές που να πιστοποιούν αυτήν τη διάκριση παραμένει μάλλον ασαφές. Τα κράματα κοβαλτίου - χρωμίου διατίθενται ως κράματα μεταλλοκεραμικής, αλλά δεν συναντούν την ίδια προτίμηση και επιτυχία όπως τα κράματα νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου.

Παρόλο που δεν είναι τόσο δημοφιλής, διαφημίζονται ως βασικά κράματα «μη περιέχοντα νικέλιο», και «μη περιέχοντα βηρύλλιο», με στόχο όσους ανησυχούν για τη βιοσυμβατότητα του νικελίου και του βηρυλλίου.

### 8.6.7 Άλλα συστήματα

Αυτή η κατηγορία προστέθηκε για να περιλάβει τα κράματα τιτανίου και άλλα μικρότερα συστήματα που μπορεί να υπάρχουν. Το τιτάνιο έγινε γνωστό στην οδοντιατρική επιστήμη σαν υλικό κατασκευής των ενδοστικών οστεοεν-



σωματούμενων εμφυτευμάτων. Το τιτάνιο που χρησιμοποιείται στα εμφυτεύματα είναι υλικό που κατεργάζεται μηχανικά και λόγω της δομής του δύσκολα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή χυτών αποκαταστάσεων.

Με την πάροδο του χρόνου τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του υλικού αυτού, όσον αφορά κυρίως τη βιολογική του συμπεριφορά, οδήγησαν την έρευνα στην ανάπτυξη κατ' αρχάς τεχνικών για την χρησιμοποίησή του στην προσθετική σαν μηχανικά (μέθοδος Procera) ή ηλεκτροχημικά κατεργάσιμο υλικό (spark erosion) και κατόπιν σαν χυτεύσιμο υλικό. Από το 1980 και μέχρι σήμερα όλες οι προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στη βελτίωση του χυτεύσιμου τιτανίου, μια και τα πλεονεκτήματά του απέναντι στα άλλα κράματα είναι μεγάλα. Οι αρχικές χρήσεις του χυτεύσιμου υλικού αφορούσαν την κατασκευή των μεταλλικών σκελετών των μερικών οδοντοστοιχιών, ορισμένες χυτές υπερκατασκευές επί εμφυτευμάτων και την χύτευση των σκελετών των υποπεριοριστικών εμφυτευμάτων. Κατόπιν επεκτάθηκαν στην κατασκευή χυτών ενδορριζικών αξόνων και σκελετών στεφανών και γεφυρών, τόσο για ακρυλικές όσο και για κεραμικές επικαλύψεις.

Η χρήση του τιτανίου στην Προσθετική απαιτούσε, όπως είναι ευνόητο, τροποποιήσεις στη δομή του, έτσι ώστε οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που θα προέκυπταν, να μπορούσαν να ανταποκριθούν, αφενός στους όρους χύτευσης και αφετέρου στις απαιτήσεις της κλινικής λειτουργίας.

Η χρήση του τιτανίου στην Προσθετική σήμερα, είτε κυρίως σαν χυτεύσιμο υλικό, είτε σαν υλικό που κατεργάζεται μηχανικά, είναι περιορισμένη. Το τιτάνιο όμως διαθέτει μία εξαιρετική δυναμική που βασίζεται κατ' αρχάς στην άριστη βιολογική του συμπεριφορά και την εξαιρετική αντίσταση στην διάβρωση, αλλά και στις καλές του μηχανικές ιδιότητες.

Πίστη των ερευνητών είναι, ότι με την εξέλιξη θα διευκολυνθεί η παραγωγή προσθετικών εργασιών με εύκολο και φθηνό τρόπο και ότι θα αποτελέσει τη χρυσή εφεδρεία για τις προσθετικές αποκαταστάσεις που απαιτούν μεταλλικό σκελετό. Αυτό εξασφαλίζεται και από το γεγονός ότι τα αποθέματα του υλικού αυτού είναι πρακτικά απεριόριστα και η επεξεργασία εξόρυξής του εύκολη, οικολογική και οικονομική, με συνέπεια να αποτελεί το στόχο στην παγκόσμια έρευνα, έτσι ώστε να παραδοθεί στις επόμενες γενιές σαν ένα άριστο, φθηνό και ποιοτικό υλικό για την ευρεία χρήση στην κατασκευή των προσθετικών εργασιών.

## ■ 8.7 Κράματα για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών

Για την κατασκευή σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών χρησιμοποιούνται πολύτιμα κράματα τύπου IV και κράματα βασικών μετάλλων κοβαλτίου - χρωμίου (Co-Cr) ή νικελίου - χρωμίου (Ni-Cr).

### 8.7.1 Κράματα τύπου IV

Η χρήση χρυσοκραμάτων για κατασκευή σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών έχει περιοριστεί πάρα πολύ. Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των κραμάτων είναι ότι μπορούν μετά από θερμική κατεργασία, και να βελτιωθούν οι μηχανικές τους ιδιότητες. Για παράδειγμα η σκληρότητά τους από 150 Vickers ανεβαίνει στα 250 Vickers, και το όριο διαρροής από 300MN/m<sup>2</sup> σε 500MN/m<sup>2</sup>. Είναι κράματα εκλογής για άγκιστρα, σε δόντια σχετικώς εύσειστα ή με μεγάλη ανατομικότητα, λόγω του σχετικώς μικρού μέτρου ελαστικότητας που έχουν σε σχέση με τα κράματα Co-Cr.

### 8.7.2 Κράματα βασικών μετάλλων Co-Cr/Ni-Cr

Τα βασικά κράματα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών από το 1930. Το χαμηλό κόστος και οι υψηλότερες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων οδήγησαν στη διάδοσή τους πολύ πριν την άνοδο της τιμής του χρυσού. Το 1949 υπολογιζόταν ότι το 80% των σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών κατασκευαζόταν από βασικά κράματα. Το 1969 αυτό το ποσοστό είχε ανέλθει στο 87%. Σήμερα οι σκελετοί των μερικών



**Εικ. 8.4.** Μεταλλικός σκελετός μερικής οδοντοστοιχίας από κράμα βασικού μετάλλου



**Εικ. 8.5.** Μεταλλικός σκελετός μερικής οδοντοστοιχίας από κράμα βασικού μετάλλου (διακρίνεται και το κέρινο ύψος)

οδοντοστοιχιών κατασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά από κράματα κοβαλτίου - χρωμίου ή νικελίου - χρωμίου (Εικ 8.4 και 8.5)

### 8.7.2.1 Σύσταση

Τα κύρια συστατικά των κραμάτων αυτών είναι το κοβάλτιο, το χρώμιο και το νικέλιο τα οποία αθροιζόμενα ξεπερνούν το 85%. Τα κράματα περιέχουν και άλλα συστατικά όπως μολυβδαίνιο, αλουμίνιο, σίδηρο, άνθρακα, βηρύλλιο, μαγνήσιο, πυρίτιο και γάλλιο σε μικρότερες αναλογίες. Κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι τα κράματα Co-Cr (όπως είναι τα Vitallium και Nobilium) και τα κράματα Ni-Cr (όπως είναι το Ticonium). Το χρώμιο είναι παρόν σε όλα τα κράματα αυτής της κατηγορίας.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή Νο 14 της ADA τα κράματα αυτά θα πρέπει να περιέχουν πάνω από 85% (κ.β.) χρώμιο, κοβάλτιο και νικέλιο. Η περιεκτικότητα σε χρώμιο πρέπει να είναι τουλάχιστον 20%.

Το χρώμιο είναι υπεύθυνο για την ανθεκτικότητα των κραμάτων στη διάβρωση και την αμαύρωση. Αυτό επιτυγχάνεται επειδή το χρώμιο ενώνεται με το οξυγόνο ταχύτατα και δημιουργεί στην επιφάνεια του κράματος μια πολύ λεπτή στοιβάδα οξειδίων. Η στοιβάδα αυτή είναι εντελώς επιφανειακή, δεν προχωρεί σε βάθος και προστατεύει το κράμα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *παθητικοποίηση (passivation)*. Εάν το ποσοστό του χρωμίου ξεπεράσει το 30% η χύτευση του κράματος γίνεται δύσκολη. Επίσης αλλάζουν οι ιδιότητες του και το κράμα καθίσταται τόσο φαθυρό, ώστε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οδοντιατρική χρήση.

Το κοβάλτιο και το νικέλιο μπορούν να αντικαθιστούν το ένα το άλλο μέχρι κάποιο ποσοστό. Το κοβάλτιο αυξάνει το μέτρο ελαστικότητας (elastic modulus), την αντοχή (strength) και τη σκληρότητα (hardness) περισσότερο από το νικέλιο.

Η επίδραση των άλλων συστατικών αυτών των κραμάτων στις ιδιότητές τους είναι πολύ πιο έντονη. Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για να τροποποιηθεί η σκληρότητα στα κράματα κοβαλτίου είναι με τη μεταβολή του ποσοστού του άνθρακα (C). Εάν η περιεκτικότητα σε άνθρακα αυξηθεί κατά 0,2% πάνω από την επιθυμητή, το κράμα γίνεται τόσο σκληρό και φαθυρό που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οδοντιατρικές εργασίες. Σε αντίθεση, μια μείωση της τάξεως του 0,2% μειώνει τις τιμές του ορίου διαρρο-

ής (yield strength) και του τελικού ορίου θραύσης τόσο πολύ ώστε το κράμα γίνεται ακατάλληλο για οδοντιατρική χρήση.

Η παρουσία μολυβδαίνιου (Mo) συμβάλλει στην αντοχή του κράματος. Το αργίλιο (Al) στα κράματα νικελίου αυξάνει σημαντικά το όριο διαρροής (yield strength) και την μέγιστη αντοχή στον εφελκυσμό (ultimate tensile strength). Η προσθήκη βηρυλλίου (Be) στα νικελιούχα κράματα μειώνει το θερμοκρασιακό διάστημα τήξης τους κατά 100°C. Το πυρίτιο (Si) και το μαγνήσιο (Mg) προστίθενται, σε αυτά τα κράματα, για την αύξηση της ρευστότητας και της χυτευσιμότητας.

Η παρουσία αζώτου (N), η οποία δεν μπορεί να αποφευχθεί παρά μόνο εάν η χύτευση αυτών των κραμάτων γίνει σε κενό (vacuum) ή παρουσία αργού (argon), συμβάλλει στην ψαθυρότητα του κράματος. Εάν το ποσοστό του αζώτου στο τελικό κράμα ξεπεράσει το 0,1%, το χυτό παρουσιάζει μειωμένη ολκιμότητα. Η μεγάλη επιρροή που έχουν στις ιδιότητες αυτών των κραμάτων τα διάφορα συστατικά τους, έχει ως αποτέλεσμα κράματα με αρκετά διαφορετικές συστάσεις να έχουν παρόμοιες ιδιότητες.

Εκτός από τα διάφορα συστατικά, μεγάλη επιρροή στις ιδιότητες αυτών των κραμάτων έχει και η διαδικασία χύτευσης. Παράμετροι όπως η θερμοκρασία του καλουπιού, η θερμοκρασία του λιωμένου κράματος, το μέγεθος και η τοποθέτηση του αγωγού χύτευσης, επηρεάζουν τις ιδιότητες του τελικού χυτού όσο και η σύσταση του κράματος. Γι' αυτό και τα κράματα αυτής της κατηγορίας θεωρούνται τεχνικά ευαίσθητα. Ένας άλλος λόγος της ευαισθησίας αυτής είναι ότι σχεδόν όλα τα στοιχεία αυτών των κραμάτων, όπως το πυρίτιο, το χρώμιο, το μολυβδαίνιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο, αντιδρούν με τον άνθρακα. Η αντίδραση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού του άνθρακα στο κράμα. Ο άνθρακας προέρχεται από τον αέρα ή από τις χοάνες (crucible) γραφίτη. Άρα πρέπει να αποφεύγονται τα ανοιχτά χυτήρια (επαφή με τον αέρα) και οι χοάνες από γραφίτη. Η πρόσληψη του άνθρακα εξαρτάται από την θερμοκρασία του καλουπιού, τη θερμοκρασία χύτευσης του κράματος, το ρυθμό ψύξης και άλλες τεχνικές παραμέτρους. Η παρουσία του άνθρακα μεταβάλλει τις ιδιότητες των κραμάτων.

Ο προσεκτικός έλεγχος των χειρισμών και της διαδικασίας χύτευσης των κραμάτων αυτών είναι αναγκαίος. Πάντα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του κατασκευαστή.

### 8.7.2.2 Φυσικομηχανικές ιδιότητες

Τα κράματα των βασικών μετάλλων έχουν μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας, δηλαδή είναι λιγότερο ελαστικά, άρα και πιο άκαμπτα από τα κράματα τύπου IV. Έχουν επίσης μεγαλύτερη σκληρότητα από τα κράματα τύπου IV (Πίνακας 8.4). Αυτές οι ιδιότητες σε συνδυασμό με το χαμηλό ειδικό τους βάρος (σχεδόν το μισό από τα χρυσοκράματα), κάνουν δυνατή την κατασκευή λεπτότερων, ελαφρύτερων και ανθεκτικότερων μεταλλικών σκελετών.

Η ακαμψία των κραμάτων Co-Cr και Ni-Cr αποτελεί μειονέκτημα στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγάλη ελαστικότητα. Οι συγκρατητικοί βραχίονες των αγκίστρων είναι τα τμήματα των σκελετών των μερικών οδοντοστοιχιών, που πρέπει να παρουσιάζουν ελαστικότητα, ώστε να ξεπερνούν τη μέγιστη περίμετρο των δοντιών στηριγμάτων χωρίς κίνδυνο. Ο κίνδυνος που διατρέχει το άγκιστρο είναι η κόπωση και το σπάσιμο. Το δόντι, ιδιαίτερα εάν έχει μεγάλη ανατομικότητα στην περίμετρο ή εάν είναι εύσειστο, κινδυνεύει από περιοδοντικό τραυματισμό. Αυτός είναι ο κυριότερος λόγος που συνιστάται, ιδιαίτερα σε μερικές οδοντοστοιχίες ελευθέρου άκρου, η χρήση συνδυασμένων αγκίστρων με συγκρατητικό βραχίονα από χρυσό.

<b>Πίνακας 8.4</b>		<b>Μηχανικές ιδιότητες κραμάτων για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών</b>			
	Όριο διαρροής Mpa	Αντοχή στον εφελκυσμό Mpa	Γραμμική Επιμήκυνση %	Μέτρο ελαστικότητας Gra	Σκληρότητα Vickers Kg/mm <sup>2</sup>
Τύπος IV	480-510	750-790	5-7	90	220-250
Vitallium	495	640	1,5	228	380
Ticonium	690	800	1,7	186	340
Nobilium	565	825	1,6	228	380

Η μεγάλη τους σκληρότητα κάνει τα κράματα Co-Cr και Ni-Cr να διατηρούν την στιλπνότητά τους καλύτερα από τα κράματα τύπου IV. Βέβαια, η αυξημένη σκληρότητα κάνει δυσχερέστερη και πιο χρονοβόρα τη διαμόρφωση και τη στίλβωση αυτών των κραμάτων. Για τη διαμόρφωση και λείανση των κραμάτων αυτών συνιστάται η χρήση κοπτικών εργαλείων μεγάλης ροπής

και ταχύτητας (άνω των 25.000 στροφών ανά λεπτό) και η ηλεκτρολυτική στίλβωση.

Όλα τα χυτά παρουσιάζουν κάποιο βαθμό συστολής κατά την πήξη τους. Τα κράματα Co-Cr και Ni-Cr παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συστολής από τα κράματα τύπου IV. Τα σύγχρονα πυροχώματα φωσφορικού ή πυριπτικού τύπου αντισταθμίζουν κατά ένα μεγάλο βαθμό τη συστολή του χυτού κατά την πήξη. Παρ' όλα αυτά η καλή εφαρμογή του χυτού στο εκμαγείο εργασίας είναι μια εργασία με ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Η συγκόλληση όπως και οι επιδιορθώσεις των μεταλλικών σκελετών είναι πιο δύσκολες στα κράματα Co-Cr και Ni-Cr από ό,τι στα κράματα τύπου IV.

## ■ 8.8 Συγκόλληση

### 8.8.1 Εισαγωγή

Πολύ συχνά είναι απαραίτητο να «κολληθεί» μια μεταλλική προσθετική εργασία. Είτε εάν κατασκευαστεί από την αρχή σε δύο ή περισσότερα κομμάτια τα οποία ενώνονται μεταξύ τους αργότερα, είτε εάν κοπεί από τον οδοντίατρο κατά την δοκιμασία του μεταλλικού σκελετού, είτε εάν έχει σπάσει και χρειάζεται επιδιόρθωση. Η διαδικασία αυτή της ένωσης ονομάζεται συγκόλληση.

Οι μέθοδοι συγκόλλησης διακρίνονται σε άμεσες, αυτογενείς και έμμεσες ή ετερογενείς.

**Άμεση** ονομάζεται η συγκόλληση δύο επιφανειών μεταξύ τους χωρίς την μεσολάβηση κάποιου υλικού (κόλλησης) ανάμεσά τους και χωρίς να λιώσουν οι επιφάνειες. Αυτό μπορεί να γίνει με την ανάπτυξη θερμοκρασίας και πίεσης. Αυτή η μέθοδος δε χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική και την οδοντοτεχνία.

**Αυτογενής (welding)** ονομάζεται η συγκόλληση δύο επιφανειών μεταξύ τους χωρίς την μεσολάβηση κάποιου υλικού (κόλλησης) ανάμεσά τους. Η συγκόλληση γίνεται με λιώσιμο των επιφανειών που θα συγκολληθούν.

**Έμμεση ή ετερογενής (soldering or brazing)** ονομάζεται η συγκόλληση δύο επιφανειών με τη βοήθεια ενός υλικού (κόλληση) το οποίο παρεμβάλλεται ανάμεσα στις επιφάνειες. Στην έμμεση συγκόλληση μεγάλο ρόλο παίζει το υλικό της κόλλησης. Στην οδοντιατρική σήμερα χρησιμοποιούνται και τα δύο είδη συγκόλλησης.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί η έμμεση συγκόλληση μεγάλο ρόλο παίζει το υλικό της κόλλησης. Για τις χυτές οδοντιατρικές εργασίες η *κόλληση* είναι ένα κράμα με ιδιότητες τέτοιες, που να του επιτρέπουν να ενώσει τα τμήματα του χυτού, χωρίς να αλλοιώσει σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητές του και χωρίς να μειώσει την αντοχή της προσθετικής αποκατάστασης.

Η συγκόλληση δύο ή περισσότερων τμημάτων μιας μεταλλοκεραμικής γέφυρας μπορεί χρειαστεί να γίνει πριν ή μετά την όπτηση της πορσελάνης. Έτσι διακρίνουμε τη *συγκόλληση πριν από την όπτηση (pre-soldering)* και τη *συγκόλληση μετά από την όπτηση (post-soldering)*.

### 8.8.2 Είδη κολλήσεων

Οι κολλήσεις ταξινομούνται σε δύο μεγάλες ομάδες: τις μαλακές και τις σκληρές κολλήσεις.

Οι **μαλακές κολλήσεις** έχουν χαμηλή θερμοκρασία τήξης και έχουν εύκολη εφαρμογή και κατεργασία, αλλά έχουν μειωμένη αντοχή στη διάβρωση και είναι ακατάλληλες για οδοντιατρική χρήση.

Οι **σκληρές κολλήσεις** έχουν υψηλότερη θερμοκρασία τήξης και καλύτερες μηχανικές ιδιότητες. Οι οδοντιατρικές κολλήσεις ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Κυρίως είναι κολλήσεις χρυσού, αλλά υπάρχουν και κολλήσεις αργύρου και βασικών μετάλλων.

Οι κολλήσεις χρυσού έχουν πολλά πλεονεκτήματα και είναι οι πιο διαδεδομένες. Οι κολλήσεις αργύρου χρησιμοποιούνται κυρίως στη βιομηχανία και η χρήση τους στην οδοντιατρική είναι περιορισμένη. Έχουν περιορισμένη αντοχή στην διάβρωση και στην αμαύρωση. Οι κολλήσεις βασικών κραμάτων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία μπορούν να βρουν εφαρμογή στην οδοντιατρική. Χρησιμοποιούνται στην συγκόλληση σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών από κράματα Co - Cr ή Ni - Cr. Η συγκόλληση σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται με τη βοήθεια συσκευής ηλεκτροσυγκόλλησης.

### 8.8.3 Ιδιότητες μιας κόλλησης

Η κόλληση πρέπει να είναι συμβατή με την επιφάνεια στην οποία θα συκολληθεί, αλλά δεν πρέπει απαραίτητα να έχει την ίδια ή παρεμφερή σύσταση. Η συμβατότητα έχει να κάνει με την θερμοκρασία τήξης της, την ικανότητά της να διαβρέχει την επιφάνεια του κράματος, τη ροή της στη θερμοκρασία

τήξεως, την αντοχή της στην αμαύρωση και τη διάβρωση και την αντοχή της στην αλλοίωση του χρώματος.

Οι οδοντιατρικές κολλήσεις είναι κυρίως χρυσοκράματα. Η περιεκτικότητα των χρυσοκολλήσεων σε χρυσό επηρεάζει τη θερμοκρασία τήξης, τη ρευστότητα, την αντοχή στη διάβρωση, το χρώμα και τις μηχανικές ιδιότητες.

Η θερμοκρασία τήξεως της κόλλησης εξαρτάται από την σύστασή της. Όσο αυξάνει η περιεκτικότητά της σε χρυσό, τόσο αυξάνει η θερμοκρασία τήξεως. Γενικά, η κόλληση θα πρέπει να ρέει σε θερμοκρασία 60°C μικρότερη από την θερμοκρασία τήξεως του κράματος που συγκολλά. Σε κράματα μεταλλοκεραμικής, που η συγκόλληση γίνεται πριν από την όπτηση της πορσελάνης, η θερμοκρασία τήξεως της κόλλησης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία όπτησης. Σε μεταλλοκεραμικές γέφυρες, όπου η συγκόλληση γίνεται μετά την όπτηση της πορσελάνης, η θερμοκρασία τήξεως της κόλλησης πρέπει να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία της τελευταίας όπτησης.

Η ικανότητα της κόλλησης να διαβρέχει την επιφάνεια των κραμάτων που θα συγκολληθεί έχει να κάνει με δύο παράγοντες. Την επιφανειακή τάση της ρευστής κόλλησης και την ικανότητά της να ρέει και την ελεύθερη ενέργεια της επιφάνειας του κράματος. Η ικανότητα αυτή μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη ουσιών, που ονομάζονται *αρτύματα κράσης*.

Τα κράματα των κολλήσεων είναι ψαθυρά και έχουν ελαττωμένη σκληρότητα, ολκιμότητα και αντοχή στη διάβρωση. Βασικός παράγοντας που επηρεάζει την αντοχή μιας συγκόλλησης δεν είναι η σύνθεση του κράματος της κόλλησης αλλά η ύπαρξη πόρων στην περιοχή της συγκόλλησης. Η παρουσία πόρων έχει να κάνει με την απόσταση που έχουν μεταξύ τους οι προς συγκόλληση επιφάνειες, με τον κακό καθαρισμό των επιφανειών αυτών, με την εξαέρωση στοιχείων της κόλλησης λόγω υπερθέρμανσης και με την υπερβολική χρήση αρτυμάτων κράσης. Οι προς συγκόλληση επιφάνειες πρέπει να απέχουν μεταξύ τους από 0,05 έως 0,2 mm.

#### 8.8.4 Επιλογή μιας κόλλησης

Η κόλληση επιλέγεται ανάλογα με το είδος των κραμάτων που θα συγκολληθούν (πολύτιμα ή βασικά), και ανάλογα με τον τρόπο που θα γίνει η συγκόλληση. Υπάρχουν όμως κάποιες γενικές ιδιότητες που πρέπει να έχει



κάθε κόλληση ανεξάρτητα από τη χρήση της. Η *ιδανική κόλληση* έχει ιδιότητες όπως 1) ευκολία ροής σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, 2) ικανοποιητική ρευστότητα όταν λειώνει, 3) αντοχή συμβατή με την αντοχή των κραμάτων που συγκολλούνται, 4) αποδεκτό χρώμα, ώστε να μην διακρίνεται η συγκόλληση και 5) ικανοποιητική αντίσταση στην αμαύρωση (tarnish) και στη διάβρωση (corrosion).

Καμιά κόλληση δεν έχει όλες τις παραπάνω ιδιότητες και γι' αυτό οι κατασκευαστές διαθέτουν στην αγορά μεγάλο αριθμό κολλήσεων για όλες τις χρήσεις. Οι ιδιότητες των κολλήσεων επηρεάζονται σημαντικά από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση. Γι' αυτό πρέπει να ακολουθείται πιστά η προτεινόμενη, από τον κατασκευαστή, διαδικασία, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

### 8.8.5 Αρτύματα κράσης

Για να επιτύχει η συγκόλληση δύο μεταλλικών επιφανειών με τη βοήθεια ενός ρευστού κράματος κόλλησης που ρέει ανάμεσά τους, πρέπει να γίνει καλή διαβροχή των επιφανειών αυτών από την κόλληση. Η ικανότητα διαβροχής εξαρτάται από την επιφανειακή τάση του υγρού (κόλληση) και από την ελεύθερη ενέργεια της επιφάνειας.

Επειδή τα μέταλλα έχουν μεγάλη ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια, δημιουργούν οξειδία στην επιφάνειά τους. Η αυξημένη θερμοκρασία στην οποία γίνεται η συγκόλληση αυξάνει την ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια, άρα και την δημιουργία οξειδίων. Η δημιουργία των οξειδίων στην επιφάνεια των κραμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ελεύθερης ενέργειάς τους και τη δυσκολία στη διαβροχή τους. Οι οδοντιατρικές κολλήσεις περιέχουν μικρές ποσότητες βασικών μετάλλων, οι οποίες δημιουργούν και αυτές οξειδία που εμποδίζουν την καλή διαβροχή της επιφάνειας.

Για να επιτευχθεί πλήρης διαβροχή των επιφανειών από την κόλληση, πρέπει οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν να είναι καθαρές και ελεύθερες οξειδίων. Για να απομακρύνουμε τα οξειδία που έχουν ήδη δημιουργηθεί και να αποφύγουμε τη δημιουργία νέων, χρησιμοποιούμε ένα «καθαριστικό μέσο», το οποίο αποτελείται από ενώσεις βόρακα ή βορικού οξέως ή φθορίου. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται αρτύματα κράσης και λειτουργούν ως «ρευστοποιητικά» της κόλλησης.

Τα αρτύματα κράσης λιώνουν σε θερμοκρασία μικρότερη της κόλλησης,

διαβρέχουν την επιφάνεια και, επειδή έχουν αναγωγική δράση απομακρύνουν τα οξειδία, διατηρώντας τις επιφάνειες καθαρές. Αρτύματα κράσης, όπως το βορικό οξύ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ελάττωση της θερμοκρασίας πήξης της κόλλησης κάνοντάς την να ρέει ευκολότερα.

Για τη συγκόλληση πολύτιμων κραμάτων χρησιμοποιείται βόρακας ή βορικό οξύ. Για τη συγκόλληση βασικών κραμάτων (Ni-Cr/Co-Cr) χρειάζεται προσθήκη αρτύματος κράσης που περιέχει φθόριο. Τα αρτύματα κράσης έχουν συγκεκριμένες θερμοκρασίες, που είναι αποτελεσματικά. Για παράδειγμα ένα σκεύασμα βόρακα είναι συνήθως πολύ ρευστό για να παραμείνει στην θέση του σε μια κόλληση, πριν από την όπτηση. Ενώ, ένα σκεύασμα φθορίου μπορεί να μην έχει την απαιτούμενη δράση στις χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτεί η κόλληση μετά την όπτηση της πορσελάνης.

Η ποσότητα του αρτύματος που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να είναι περισσότερη ή λιγότερη από την απαιτούμενη διότι δε θα επιτευχθεί συγκόλληση. Τα αρτύματα κράσης είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται σε μορφή σκόνης.

Τα αρτύματα κράσης χρησιμοποιούνται επίσης και κατά την τήξη των κραμάτων, πριν από τη χύτευσή τους. Η προσθήκη αρτύματος απομακρύνει από την επιφάνεια του λιωμένου κράματος τα οξειδία που σχηματίζονται λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας.

### 8.8.6 Αντιρροϊκά

Υπάρχουν επιφάνειες με τις οποίες η κόλληση δεν πρέπει να έρθει σε επαφή. Για να περιοριστεί η ροή της λιωμένης κόλλησης χρησιμοποιούνται ουσίες, οι οποίες εμποδίζουν την επέκταση του αρτύματος κράσης, άρα και της ρευστής κόλλησης. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται αντιαρτύματα κράσης ή αντιρροϊκά.

Τέτοιες ουσίες είναι ο γραφίτης (πχ. κοινό μολύβι) για χαμηλές θερμοκρασίες και το εναιώρημα του ερυθρού σιδήρου σε οινόπνευμα. Οι ουσίες αυτές τοποθετούνται στις επιφάνειες, με τις οποίες δεν πρέπει να έρθει σε επαφή η κόλληση.

### 8.8.7 Συγκόλληση με Laser

Η συγκόλληση με Laser είναι αυτογενής συγκόλληση, δεν χρησιμοποιείται δηλαδή κάποιο υλικό ανάμεσα στις επιφάνειες. Η συγκόλληση γίνεται λιγότερο πολύπλοκη (δε χρειάζεται πυροχωμάτινο εκμαγείο) και έχει ικανοποιητική ακρίβεια. Μεγάλο πλεονέκτημα της συγκόλλησης με Laser είναι το γεγονός ότι η θερμοκρασία στα τμήματα που ενώνονται είναι αμελητέα. Αυτό κάνει αυτή την τεχνική κατάλληλη για συγκόλληση μεταλλοκεραμικών γεφυρών μετά από την όπτηση, αλλά και μεταλλοακρυλικών γεφυρών αφού έχει τοποθετηθεί η ακρυλική επικάλυψη. Πλεονέκτημα επίσης της μεθόδου αποτελεί ο μικρός χρόνος που χρειάζεται, ώστε να επιτευχθεί η συγκόλληση.

Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής είναι το υψηλό κόστος αγοράς της συσκευής συγκόλλησης Laser.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Τ**α μέταλλα είναι μία από τις κατηγορίες οδοντιατρικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση ή αντικατάσταση των δοντιών. Είναι στερεά κρυσταλλικής μορφής. Μία ιδιότητα των μετάλλων, που συναντάται μόνο σε αυτά, είναι η ικανότητά τους να σχηματίζουν κράματα, δηλαδή μίγματα με άλλα στοιχεία.

Κράμα είναι ένα υλικό με μεταλλικές ιδιότητες, που σχηματίζεται με μίξη δύο ή περισσότερων χημικών στοιχείων, εκ των οποίων το ένα τουλάχιστον είναι μέταλλο.

Στα μέταλλα, τα κράματα και τις μεταλλικές ενώσεις εμφανίζεται ο μεταλλικός δεσμός. Είναι χημικός δεσμός και εξασφαλίζει την συνοχή των ατόμων του μετάλλου.

Τα μέταλλα και τα κράματα μπορούν να υποστούν διάφορες κατεργασίες για να βελτιώσουν τις μηχανικές τους ιδιότητες. Οι σημαντικότερες κατεργασίες είναι:

- Η εν ψυχρώ πλαστική παραμόρφωση
- Η εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση
- Η ανόπτηση για αποκατάσταση
- Η ανόπτηση για ομοιογενοποίηση
- Η ανόπτηση για απαερίωση

### **Κράματα για μεταλλικές χυτές και μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις**

Τα κράματα αυτά μπορεί να είναι κράματα πολύτιμων ή βασικών μετάλλων. Τα πολύτιμα κατατάσσονται σε 4 τύπους, οι οποίοι διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα εύρος ιδιοτήτων παρά από ένα συγκεκριμένο ποσοστό στοιχείων (Πίνακας 8.2).

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

Πίνακας 8.2

Τυπική σύσταση ορισμένων σύγχρονων κραμάτων

		Au	Cu	Ag	Pd	In,Sn,Fe,Zn, Ga
		%	%	%	%	%
Τύπος I	χρυσού (gold)	83	6	10	0.5	Ποικίλλει
Τύπος II	χρυσού (gold)	77	7	14	1	Ποικίλλει
Τύπος III	χρυσού (gold)	75	9	1	3.5	Ποικίλλει
	Μειωμένης περιεκτικότητας σε χρυσό (low gold)	46	8	39	6	Ποικίλλει
	αργύρου παλλαδίου (silver-palladium)			70	25	Ποικίλλει
Τύπος IV	χρυσού (gold)	69	10	12.5	3.5(+3.0Pt)	Ποικίλλει
	μειωμένης περιεκτικότητας σε χρυσό (low gold)	56	14	25	4	Ποικίλλει
	αργύρου παλλαδίου (silver-palladium)	15	14	45	25	Ποικίλλει

Τα κράματα βασικών μετάλλων είναι ίδιας σύστασης (Ni-Cr ή Co-Cr) με τα βασικά κράματα που χρησιμοποιούνται για μεταλλοκεραμικές εργασίες.

### Κράματα για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις

Ο συνδυασμός μετάλλου και πορσελάνης είναι σήμερα η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη ακίνητη προσθετική αποκατάσταση. Για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού μιας μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα κράμα συμβατό με την πορσελάνη.

Τα κράματα μεταλλοκεραμικής κατατάσσονται ως εξής

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

Πίνακας 8.3	Κατάταξη κραμάτων μεταλλοκεραμικής	
	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΟΜΑΔΑ
ΚΡΑΜΑΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Χρυσού-Πλατίνας- Παλλαδίου Χρυσού-Παλλαδίου-Αργύρου	Υψηλής % Αργύρου Χαμηλής % Αργύρου
	Χρυσού-Παλλαδίου	
	Παλλαδίου	Αργύρου Κοβαλτίου Χαλκού Αργύρου-Χρυσού
ΚΡΑΜΑΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Νικελίου-Χρωμίου	με Βηρύλλιο
	Κοβαλτίου-Χρωμίου	χωρίς Βηρύλλιο
	Άλλα συστήματα	

Η χημική σύνθεση (σύσταση) είναι απευθείας υπεύθυνη για τις φυσικές και τις μηχανικές ιδιότητες ενός υλικού.

### Κράματα για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών

Για την κατασκευή σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών χρησιμοποιούνται πολύτιμα κράματα τύπου IV και κράματα βασικών μετάλλων κοβαλτίου - χρωμίου (Co-Cr) ή νικελίου -χρωμίου (Ni-Cr). Σήμερα χρησιμοποιούνται, σχεδόν αποκλειστικά, τα κράματα των βασικών μετάλλων. Είναι πιο ελαφριά και πιο ανθεκτικά από τα χρυσοκράματα, αλλά είναι τεχνικά ευαίσθητα.

### Συγκόλληση

Οι μέθοδοι συγκόλλησης διακρίνονται σε άμεσες, αυτογενείς και έμμεσες ή ετερογενείς. Στην οδοντιατρική χρησιμοποιείται η αυτογενής και η έμμεση μέθοδος. Η συγκόλληση δύο ή περισσοτέρων τμημάτων μιας μεταλλοκεραμικής γέφυρας μπορεί χρειαστεί να γίνει πριν ή μετά την όπτηση της πορσελάνης. Έτσι διακρίνουμε τη συγκόλληση πριν από την όπτηση (pre-soldering) και την συγκόλληση μετά από την όπτηση (post-soldering).

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

Οι οδοντιατρικές κολλήσεις είναι κυρίως χρυσοκράματα. Η περιεκτικότητα των χρυσοκολλήσεων σε χρυσό επηρεάζει την θερμοκρασία τήξης, τη ρευστότητα, την αντοχή στη διάβρωση, το χρώμα και τις μηχανικές ιδιότητες.

Η κόλληση επιλέγεται ανάλογα με το είδος των κραμάτων που θα συγκολληθούν (πολύτιμα ή βασικά), και ανάλογα με τον τρόπο που θα γίνει η συγκόλληση.

Τα αρτύματα κράσης λειτουργούν ως «ρευστοποιητικά» της κόλλησης. Η ποσότητα του αρτύματος που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να είναι περισσότερη ή λιγότερη από την απαιτούμενη. Τα αρτύματα κράσης είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται με μορφή σκόνης.

Υπάρχουν επιφάνειες με τις οποίες η κόλληση δεν πρέπει να έρθει σε επαφή. Για να περιοριστεί η ροή της λιωμένης κόλλησης χρησιμοποιούνται ουσίες, οι οποίες εμποδίζουν την επέκταση του αρτύματος κράσης, άρα και της ρευστής κόλλησης. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται αντιαρτύματα κράσης ή αντιρροϊκά.

Η συγκόλληση με Laser είναι αυτογενής συγκόλληση. Η συγκόλληση γίνεται λιγότερο πολύπλοκη και έχει ικανοποιητική ακρίβεια. Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής είναι το υψηλό κόστος αγοράς της συσκευής συγκόλλησης Laser.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες οι βασικές ιδιότητες των μετάλλων;
2. Περιγράψτε με συντομία την κρυσταλλική δομή των μετάλλων;
3. Τι ονομάζουμε κράμα;
4. Από τι εξαρτώνται οι ιδιότητες ενός κράματος;
5. Πώς υπολογίζεται η σύσταση ενός κράματος; Ποια η σημασία της; Αναφέρατε παραδείγματα
6. Ποιες κατεργασίες των μετάλλων και των κραμάτων γνωρίζετε;
7. Τι γνωρίζετε για την εν ψυχρώ πλαστική παραμόρφωση;
8. Τι γνωρίζετε για την εν θερμώ πλαστική παραμόρφωση;
9. Τι γνωρίζετε για την ανόπτηση για αποκατάσταση;
10. Τι γνωρίζετε για την ανόπτηση για ομοιογενοποίηση;
11. Τι γνωρίζετε για την ανόπτηση για απαερίωση;
12. Τι ονομάζεται αποτακτική ανόπτηση;
13. Τι ονομάζεται μικροδιαφορισμός;
14. Ποια η κατάσταση των χρυσοκραμάτων για μεταλλοακρυλικές αποκαταστάσεις;
15. Ποιες βασικές προϋποθέσεις πρέπει να έχει ένα κράμα, ώστε να είναι κατάλληλο για κατασκευή μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης; (συνοπτικά).
16. Πώς κατατάσσονται τα κράματα μεταλλοκεραμικής;
17. Ποια η σημασία του συντελεστή θερμικής διαστολής στα κράματα για μεταλλοκεραμικές εργασίες;
18. Ποια τα πλεονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου (Au-Pt-Pd);
19. Ποια τα μειονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - πλατίνας - παλλαδίου (Au-Pt-Pd);
20. Ποια τα πλεονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag);
21. Ποια τα μειονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - παλλαδίου - αργύρου (Au-Pd-Ag);



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ (συνέχεια)

22. Ποια τα πλεονεκτήματα των κραμάτων χρυσού - παλλαδίου (Au-Pd)
23. Ποια τα μειονεκτήματα των κραμάτων παλλαδίου - αργύρου (Pd-Ag); Ποιος ο λόγος που έχουν περιορισμένη χρήση σήμερα;
24. Ποια τα μειονεκτήματα των κραμάτων νικελίου - χρωμίου - βηρυλλίου (Ni-Cr-Be);
25. Ποια τα πλεονεκτήματα των κραμάτων νικελίου - χρωμίου (Ni-Cr);
26. Ποια τα πλεονεκτήματα των κραμάτων κοβαλτίου - χρωμίου (Co-Cr);
27. Ποια τα πλεονεκτήματα ενός πολύτιμου κράματος έναντι ενός βασικού κράματος στην κατασκευή μιας μεταλλοκεραμικής γέφυρας;
28. Ποια τα πλεονεκτήματα των βασικών κραμάτων για μεταλλοκεραμικές εργασίες σε σχέση με τα χρυσοκράματα για μεταλλοκεραμικές εργασίες;
29. Ποια είναι η επίδραση του αζώτου στα κράματα βασικών μετάλλων για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών; Πώς μπορεί να αποφευχθεί;
30. Ποια η επίδραση του χρωμίου στα κράματα βασικών μετάλλων για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών;
31. Ποια τα μειονεκτήματα των κραμάτων βασικών μετάλλων για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών σε σχέση με τα κράματα τύπου IV;
32. Πού ενδείκνυται η χρησιμοποίηση χρυσοκραμάτων τύπου IV στην κατασκευή σκελετών μερικών οδοντοστοιχιών;
33. Ποιες μεθόδους συγκόλλησης γνωρίζετε και ποιες οι διαφορές τους; Ποιες χρησιμοποιούνται στην οδοντοτεχνία;
34. Ποιες είναι οι επιθυμητές ιδιότητες μιας κόλλησης;
35. Ποια η δράση των αρτυμάτων κράσης;
36. Τι γνωρίζετε για τα αντιρροϊκά;
37. Τι ρόλο παίζει η περιεκτικότητα σε χρυσό μιας κόλλησης;

## ■ 9.1 Γενικά - Ιστορική ανασκόπηση

Τα υλικά που κατασκευάζονται από πηλό ονομάζονται κεραμικά. Η πορσελάνη ανήκει στα κεραμικά υλικά.

Ιστορικά η πορσελάνη ήταν γνωστή από παλιά στην Κίνα, ενώ στην Ευρώπη ήρθε τον 18ο αιώνα. Στην οδοντιατρική χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1774 στο Παρίσι από τον φαρμακοποιό Duchâteau, για την κατασκευή μιας οδοντοστοιχίας από πορσελάνη. Το επίτευγμα του Duchâteau εκμεταλλεύτηκε ο οδοντίατρος Dubois de Chemant, ο οποίος άνοιξε το δρόμο για την κατασκευή δοντιών από πορσελάνη.

## ■ 9.2 Οδοντιατρική πορσελάνη

Η πορσελάνη που χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική έχει διαφορετική σύσταση από την κοινή πορσελάνη (πίνακας 9.1). Περιέχει άστριο, χαλαζία, καολίνη, αλουμίνα, μεσόχωρα, υλικά εφυάλωσης και διάφορες χρωστικές.

<b>Πίνακας 9.1</b>	<b>Σύγκριση κοινής και οδοντιατρικής πορσελάνης</b>	
<b>Συστατικό</b>	<b>Οδοντιατρική πορσελάνη</b>	<b>Κοινή πορσελάνη</b>
Καολίνης	0-3%	40-60%
Χαλαζίας	10-30%	10-30%
Άστριος	70-80%	15-35%

Η πορσελάνη που χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική κυκλοφορεί σε μορφή σκόνης η οποία αναμιγνύεται με ειδικό υγρό. Με την ανάμιξη της σκόνης και του υγρού σχηματίζεται πολτός, ο οποίος με τη χρήση ειδικών πινέλων και εργαλείων τοποθετείται, κατά στάδια, πάνω σε μεταλλικό σκελετό και διμορφώνεται στο επιθυμητό σχήμα (σχήμα δοντιού) (Εικ. 9.1). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *χτίσιμο ή δόμηση της πορσελάνης*. Ακολούθως αφαιρείται η μέγιστη δυνατή ποσότητα νερού (συμπύκνωση) και έτσι επιτυγχάνεται η συ-

μπλησίαση των κόκκων της πορσελάνης. Στη συνέχεια, η διαμορφωμένη κεραμική μάζα ψήνεται σε ειδικό φούρνο που εξασφαλίζει σταθερά ρυθμιζόμενη θερμοκρασία και κενό αέρος (φούρνος πορσελάνης) (Εικ. 9.2). Το ψήσιμο της πορσελάνης ονομάζεται *όπτηση* της πορσελάνης.

Κατά το ψήσιμο της πορσελάνης το νερό φεύγει και το κενό καλύπτεται από τους κόκκους της πορσελάνης. Γι' αυτό το λόγο η πορσελάνη συρρικνώνεται κατά το ψήσιμό της.



**Εικ. 9.1.** Τοποθέτηση πολτού πορσελάνης κατά στάδια, με τη βοήθεια ειδικού πινέλου



**Εικ. 9.2.** Φούρνος πορσελάνης

### ■ 9.3 Συστατικά οδοντιατρικών πορσελανών

Οι οδοντιατρικές πορσελάνες περιέχουν άστριο, χαλαζία, καολίνη, αλουμίνα, μεσόχωρα, υλικά εφυάλωσης και διάφορες χρωστικές.

#### α. Καολίνης

Ο καολίνης είναι καθαρό ένυδρο πυριτικό αργίλιο ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) και αποτελεί το κύριο συστατικό των κοινών πορσελανών. Στις οδοντιατρικές πορσελάνες υπάρχει σε μικρό ποσοστό (πίνακας 9.1). Έχει λευκό χρώμα και σχηματίζει με το νερό μια εύπλαστη ζύμη. Λόγω της έντονης αδιαφάνειάς του δεν χρησιμοποιείται στην πορσελάνη αδαμαντίνης, παρά μόνο στην πορσελάνη οδοντίνης. Ο καολίνης μειώνει τη ρευστότητα του πολτού, διευκολύνοντας τους χειρισμούς του κατά τη δόμηση της πορσελάνης. Κατά τη διάρκεια της όπτησης προσκολλάται στον σκελετό που σχηματίζει ο χαλαζίας και συντελεί στη διατήρηση του σχήματος της πορσελάνης.

### **β. Χαλαζίας**

Ο χαλαζίας είναι κρυσταλλική μορφή του διοξειδίου του πυριτίου. Αποτελεί το σκελετό πάνω στον οποίο συνδέονται, αφού λιώσουν τα υπόλοιπα συστατικά.

Για οδοντιατρική χρήση απαιτείται χαλαζίας μεγάλου βαθμού καθαρότητας, χωρίς να έχει προσμίξεις από οξειδία μετάλλων, τα οποία μεταβάλλουν το χρώμα του τελικού προϊόντος.

Έχει υψηλό σημείο τήξης και δεν επηρεάζεται εύκολα από την θερμοκρασία (πυριάντοχο υλικό). Κάνει την πορσελάνη ανθεκτικότερη και αναπτύσσει δεσμούς με το γυαλί. Συμβάλλει λόγω του υψηλού σημείου τήξης, στο να διατηρείται σε μεγάλο ποσοστό το σχήμα που δίδεται κατά το χτίσιμο της πορσελάνης.

Ο χαλαζίας μειώνει την διαφάνεια της πορσελάνης. Για το λόγο αυτό στην πορσελάνη της αδαμαντίνης ο χαλαζίας δεν πρέπει να ξεπερνάει το 3%, ενώ στην πορσελάνη της οδοντίνης (σώμα) φτάνει μέχρι 20%.

### **γ. Άστριος**

Οι άστριοι, είναι το κύριο συστατικό της οδοντιατρικής πορσελάνης. Αποτελούν μια ομάδα ορυκτών, που βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στη φύση, και είναι πολυπυριτικά άλατα του αργιλίου (αλουμίνιο) συνδεδεμένα με νάτριο, κάλιο, λίθιο και ασβέστιο.

Με βάση την χημική του σύνθεση υπάρχουν τέσσερις τύποι αστρίου:

- Το άλας αστρίου με νάτριο (Αλβίτης)
- Το άλας αστρίου με κάλιο (Λευκίτης ή Ορθόκλαστο)
- Το άλας αστρίου με ασβέστιο (Ανορθίτης)
- Το άλας αστρίου με λίθιο (Σποδοειδής)

Στην οδοντιατρική πορσελάνη χρησιμοποιείται το άλας με κάλιο, που έχει χρώμα λευκό ή γκριζό. Ο Λευκίτης απαιτεί υψηλή θερμοκρασία για το λιώσιμο των κρυστάλλων του, χαμηλότερη όμως από τα άλλα συστατικά της πορσελάνης. Ο άστριος ρυθμίζει σημαντικά το συντελεστή θερμικής διαστολής της πορσελάνης.

Κατά το ψήσιμο της πορσελάνης, ο άστριος πυρακτώνεται και διασπάται χημικά σε δύο φάσεις: α) *την υαλώδη (άμορφη)* και β) *την κρυσταλλική*. Η υαλώδης φάση σχηματίζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό.

Η υαλώδης φάση έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός γυάλινου πε-

ριβλήματος που κατά την ψύξη της πορσελάνης συγκρατεί όλα τα άλλα συστατικά, ενισχύοντας έτσι την αντοχή της πορσελάνης και διατηρώντας το σχήμα των δοντιών. Η υαλώδης φάση δίνει στις οδοντιατρικές πορσελάνες τη διαφάνεια. Λόγω της υαλώδους φάσεως οι άστριοι χρησιμοποιούνται και σαν υλικό εφυσάλωσης.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι ιδιότητες των άστριων, εξαρτώνται αρκετά από την χημική τους σύνθεση, γι' αυτό και οι πρώτες ύλες του άστριου θα πρέπει να είναι μεγάλου βαθμού καθαρότητας.

#### **δ. Αλουμίνα (άργιλος)**

Η αλουμίνα (οξείδιο του αργιλίου -  $Al_2O_3$ ) παράγεται από το βωξίτη και λαμβάνεται με την α- και την γ- μορφή, ανάλογα με την κατεργασία. Στην οδοντιατρική πορσελάνη χρησιμοποιείται κυρίως α- μορφή, η οποία αποτελείται από σφαιρικούς κόκκους.

Κατά την όπτηση της αλουμίνας οι κόκκοι της λειώνουν, ενώνονται μεταξύ τους, καλύπτουν τους κενούς χώρους και ελαττώνουν τους πόρους της μάζας του υλικού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το υλικό να γίνεται αδιαφανές και γι' αυτό χρησιμοποιείται, για να καλύψει σαν πρώτο στρώμα το μεταλλικό σκελετό, πάνω στον οποίο θα χτιστεί η πορσελάνη.

Η αλουμίνα, που χρησιμοποιείται στις οδοντιατρικές πορσελάνες, είναι μεγάλης καθαρότητας (95% περίπου). Σε αυτή προστίθενται διάφορα οξείδια όπως του ασβεστίου, του μαγνησίου και του πυριτίου για να μειώσουν τη θερμοκρασία τήξης. Τα οξείδια αυτά δημιουργούν υαλώδη φάση κατά την όπτηση και κρυσταλλική φάση κατά την ψύξη.

Η αλουμίνα συμβάλλει στην βελτίωση των ιδιοτήτων της πορσελάνης:

- Κάνει ανθεκτικότερη την πορσελάνη, γιατί οι κόκκοι της δυσκολεύουν την διάδοση των ρωγμών της πορσελάνης (πορσελάνες με αλουμίνα έχουν διπλάσιο όριο θραύσης από τις απλές).
- Έχει υψηλή θερμοκρασία τήξης, με αποτέλεσμα να προσδίνει σταθερότητα στο στρώμα της αδιαφάνειας, που τοποθετείται στον μεταλλικό σκελετό.
- Είναι ανθεκτική και δε λιώνει σε θερμοκρασίες μέχρι 1500°C
- Εμφανίζει μεγάλη αντοχή στην αποτριβή και στην προσβολή από χημικές ουσίες.
- Το χρώμα της είναι λευκό, ενώ με την προσθήκη διαφόρων ουσιών όπως π.χ. βαναδίου, ζirkονίου και μαγγανίου προκύπτει μεγάλη ποικιλία χρωματικών τόνων.

### **ε. Μεσόχωρα ή αρτύματα κράσης**

Τα αρτύματα κράσης αλλάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία τήξης και το συντελεστή θερμικής διαστολής, όταν προστίθενται στην οδοντιατρική πορσελάνη. Σαν αρτύματα κράσης χρησιμοποιούνται: ανυδρίτης του βόρακα, οξείδιο του μαγνησίου, οξείδιο του λιθίου, πυριτικό κάλιο κα. Τα αρτύματα κράσης δεν ελαττώνουν τη διαλυτότητα και την ανθεκτικότητα της πορσελάνης.

### **στ. Χρωστικές**

Τα δόντια οφείλουν το χρώμα τους σε δύο κυρίως στοιχεία τους:

α) στην διαφανή αδαμαντίνη, που έχει ουδέτερη χρωματική συμπεριφορά και

β) στην ημιδιαφανή οδοντίνη που έχει κίτρινο-πορτοκαλί απόχρωση.

Οι κόκκοι της πορσελάνης, έχουν διαφορετικό δείκτη διάθλασης με αποτέλεσμα να εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα.

Με την πορσελάνη επιδιώκουμε, να έχουμε μια όσο το δυνατόν πιστή απομίμηση του φυσικού χρώματος των δοντιών και γι' αυτό προσθέτουμε λίγες ποσότητες πράσινων και κόκκινων χρωστικών, ενώ προσθέτουμε μπλε χρωστικές για τις λεπτές κοπτικές γωνίες του δοντιού. Με αυτές τις χρωστικές επιδιώκουμε την αλλαγή της χρωματικής έντασης των κίτρινων και γκριζών τόνων.

Ένα σημείο στο οποίο πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία είναι το μέσο τριτημόριο του δοντιού, γιατί εκεί βρίσκεται το παχύτερο στρώμα της οδοντίνης στο οποίο αντανακλάται η μεγαλύτερη ποσότητα φωτός.

### **ζ. Υλικά εφυάλωσης**

Τα υλικά εφυάλωσης εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία, ως προς την σύνθεσή τους και είναι συνήθως θρυμματισμένο διαφανές γυαλί, το οποίο επιστρώνεται στην επιφάνεια της ψημένης πορσελάνης. Τα υλικά αυτά προσδίδουν στην ψημένη πορσελάνη λεία επιφάνεια.

Το γυαλί, όταν θερμανθεί σε θερμοκρασία κατώτερη από εκείνη στην οποία ψήνεται η πορσελάνη, λειώνει και δίνει επιφάνεια λεία και γυαλιστερή.

Τα υλικά εφυάλωσης πρέπει να έχουν τον ίδιο συντελεστή θερμικής διαστολής με την πορσελάνη, γιατί διαφορετικά μπορεί η κατασκευή να αποφλοιωθεί. Συνήθως προτιμάται, αντί για εφυάλωση της πορσελάνης, να γίνεται υαλοποίηση της ίδιας της πορσελάνης με θέρμανσή της σε κατάλληλη θερμοκρασία, που ονομάζεται *θερμοκρασία υαλοποίησης*.

## ■ 9.4 Μεταλλοκεραμικές εργασίες

Οι μεταλλοκεραμικές εργασίες γίνονται με την όπτηση της πορσελάνης πάνω στον μεταλλικό σκελετό. Η μεταλλοκεραμική εργασία είναι ένα σύστημα τριών φάσεων: του μετάλλου, της πορσελάνης και της μεσόφασης (μεταλλοκεραμικός δεσμός).

Πρέπει να τονιστεί, ότι οι πορσελάνες για μεταλλοκεραμικές εργασίες, πρέπει να έχουν λίγο μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής από αυτό του μετάλλου. Όταν δεν υπάρχει εναρμόνιση στη συμπεριφορά των συντελεστών θερμικής διαστολής, το αποτέλεσμα είναι το σπάσιμο της κεραμικής μάζας, η δημιουργία τάσεων μεταξύ των δύο υλικών ή το «ξεφλούδισμα» της πορσελάνης.

### 9.4.1 Μεταλλοκεραμικός δεσμός

Είναι ο δεσμός που αναπτύσσεται μεταξύ του μετάλλου και της κεραμικής μάζας. Η φύση του δεσμού δεν είναι απόλυτα σαφής, πιστεύεται ότι οφείλεται στην δημιουργία χημικών δεσμών, μεταξύ των οξειδίων της επιφάνειας του μεταλλικού σκελετού και της κεραμικής μάζας (χημικός δεσμός). Σύμφωνα με άλλους, ο δεσμός αυτός οφείλεται σε μικρομηχανική συγκράτηση της κεραμικής μάζας με τις ανωμαλίες της επιφάνειας του μεταλλικού σκελετού (μηχανικός δεσμός). Επίσης άλλοι πιστεύουν, ότι οφείλεται στις θλιπτικές δυνάμεις που ασκούνται από την κεραμική μάζα στον μεταλλικό σκελετό, λόγω της μικρής διαφοράς του συντελεστή θερμικής διαστολής των δύο υλικών. Φαίνεται ότι είναι ένας συνδυασμός όλων των παραπάνω.

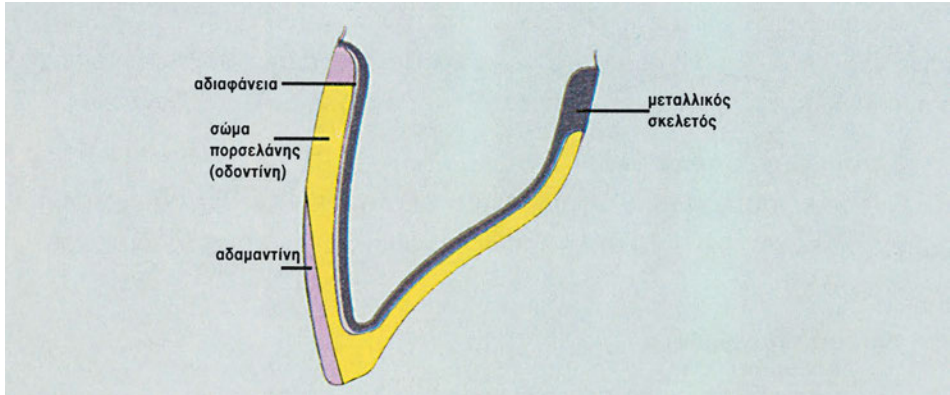
### 9.4.2 Τύποι οδοντιατρικής πορσελάνης για μεταλλοκεραμική

Η οδοντιατρική πορσελάνη που χρησιμοποιείται στην κατασκευή της μεταλλοκεραμικής αποτελείται από τους παρακάτω τύπους:

- Αδιαφάνεια (Opaque)
- Οδοντίνη ή σώμα (Dentin ή body)
- Αδαμαντίνη ή διαφάνεια (Enamel ή Translucency)
- Χρωστικές (Stains)

Εκτός από αυτούς τους βασικούς τύπους, υπάρχουν και πορσελάνες για εξειδικευμένες χρήσεις, όπως για εφυάλωση, για κατασκευή αυχενικού ορίου

πορσελάνης κ.ά. Οι πορσελάνες αυτές ανήκουν στην κατηγορία των χαμηλής τήξης πορσελανών (Εικ. 9.3).



**Εικ. 9.3.** Σχηματική απεικόνιση μεταλλοκεραμικής στεφάνης, σε διατομή

### **Αδιαφάνεια (Opaque)**

Η κάλυψη του μεταλλικού σκελετού με αδιαφάνεια γίνεται κυρίως με δύο επιστρώσεις.

Η πορσελάνη αδιαφάνειας εμφανίζει τις εξής ιδιότητες:

- Αδιαφάνεια, ώστε να καλύπτει το χρώμα του μεταλλικού σκελετού, το οποίο επηρεάζει αρνητικά την χρωματική απόδοση.
- Σύνδεση και διαβροχή με την μεταλλική επιφάνεια
- Εξισορρόπηση του συντελεστή θερμικής διαστολής με εκείνον του κράματος
- Παίξει το σπουδαιότερο ρόλο στο δεσμό μετάλλου - πορσελάνης

### **Οδοντίνη ή σώμα (Dentin ή body)**

Η πορσελάνη οδοντίνης χιτίζεται πάνω στην αδιαφάνεια, αναπαριστά οπτικά τη φυσική οδοντίνη και διαμορφώνεται σε να αποτελείται το δόντι μόνο από αυτήν.

Στην πορσελάνη του σώματος μπορούν να τοποθετηθούν χρωστικές (Stains ή Modifiers), που υπάρχουν σε διάφορα χρώματα (πορτοκαλί, καστανό, κίτρινο, μπλε και γκρι) με σκοπό την πιο φυσική χρωματική απόδοση του δοντιού.



### **Διαφάνεια (πορσελάνη αδαμαντίνης)**

Αφού τοποθετηθεί η πορσελάνη οδοντίνης, στην συνέχεια αφαιρείται μέρος του κοπτικού ή μασητικού τριτημορίου για απομίμηση των αυξητικών λοβών της οδοντίνης. Στη συνέχεια συμπληρώνεται, από πορσελάνη αδαμαντίνης (enamel porcelain), με την οποία δίνεται και η τελική μορφολογία στο δόντι. Είναι η περισσότερο ημιδιαφανής πορσελάνη.

Η διαφάνεια ανήκει στις πορσελάνες που ψήνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες και έχει αυξημένη ποσότητα σε γυαλί. Πρέπει να αναφερθεί ότι το πάχος και ο βαθμός της διαφάνειας επηρεάζουν τη φωτεινότητα των δοντιών.

### **Επιφανειακές χρωστικές**

Οι ουσίες αυτές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε μεταλλικά οξείδια και χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν τις φυσικές χρωματικές ιδιαιτερότητες των δοντιών.

### **Πορσελάνη εφυάλωσης**

Είναι το επιφανειακό στρώμα πορσελάνης, στο οποίο οφείλεται η γυαλάδα της επιφάνειάς της. Το λιώσιμο των χρωστικών και το γυάλισμα της πορσελάνης, γίνεται με ψήσιμο χωρίς κενό αέρα και σε θερμοκρασία που ξεπερνάει λίγο τη θερμοκρασία του προηγούμενου ψησίματος.

### **Πορσελάνη αυχένα**

Είναι η πορσελάνη η οποία τοποθετείται στον αυχένα του δοντιού και έχει σαν σκοπό να καλύψει το μεταλλικό αυχενικό όριο του δοντιού. Η πορσελάνη αυτή εμφανίζει πολύ μικρή συρρίκνωση κατά την όπτηση.

### **Γενική παρατήρηση**

Πρέπει να τονιστεί ότι τα επανειλημμένα ψησίματα τις πορσελάνης, αλλάζουν τον συντελεστή θερμικής διαστολής της και την δομή της γι' αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται.

## ■ 9.5 Ταξινόμηση των οδοντιατρικών πορσελανών

Οι οδοντιατρικές πορσελάνες ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας τους ή την χρήση τους (Εικ. 9.4).

Ανάλογα με το σημείο τήξης έχουμε :

- Οδοντιατρικές πορσελάνες με υψηλό σημείο τήξης (1200°C- 1400°C)

- Οδοντιατρικές πορσελάνες με μέσο σημείο τήξης (1100°C -1300°C)
- Οδοντιατρικές πορσελάνες με χαμηλό σημείο τήξης (850°C -1100°C)
- Οδοντιατρικές πορσελάνες με πολύ χαμηλό σημείο τήξης < 850°C

Ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται ταξινομούνται:

- Σε οδοντιατρικές πορσελάνες για την κατασκευή στεφανών Jacket
- Σε οδοντιατρικές πορσελάνες για την κατασκευή ενθέτων, επενθέτων και όψεων.
- Σε διορθωτικές πορσελάνες.
- Σε κεραμικά χρώματα
- Σε πορσελάνες για μεταλλοκεραμική.



**Εικ. 9.4.** Συσκευασία οδοντιατρικής πορσελάνης

### 9.5.1. Οδοντιατρικές πορσελάνες υψηλού και μέσου σημείου τήξης

Οι πορσελάνες αυτές χρησιμοποιούνται, για την κατασκευή δοντιών που τοποθετούνται στις ολικές οδοντοστοιχίες και για την κατασκευή στεφανών jacket.

Τα κύρια συστατικά των πορσελανών αυτών είναι, ο καολίνης 4%, ο χαλαζίας 15% και ο άστριος 81%, ο οποίος επειδή λιώνει γρήγορα χρησιμεύει ως συνδετική ουσία των άλλων συστατικών.

### 9.5.2 Οδοντιατρικές πορσελάνες χαμηλού σημείου τήξης

Οι πορσελάνες αυτές έχουν σαν σημείο τήξης 850-1100°C. Οι πορσελάνες αυτές λαμβάνονται, από τις πορσελάνες υψηλού σημείου τήξης, όταν προστεθεί οξείδιο του βορίου ή οξείδιο του λιθίου σε αυτές και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή στεφανών και γεφυρών. Οι πορσελάνες αυτές παρουσιάζουν μείωση του οξειδίου του πυριτίου.

Οι σύγχρονες οδοντιατρικές πορσελάνες χαμηλού σημείου τήξης έχουν επικρατήσει και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην κατασκευή μεταλλοκεραμι-

κών εργασιών. Οι πορσελάνες αυτές είναι λεπτόκοκκες και καλά ομοιογενοποιημένες και συμβάλλουν στην αισθητική απαίτηση της σταθερότητας του χρώματος και της ημιδιαφάνειας.

### 9.5.3 Οδοντιατρικές πορσελάνες πολύ χαμηλού σημείου τήξης

Οι πορσελάνες αυτές έχουν σημείο τήξης μικρότερο από 850°C. Χρησιμοποιούνται, για την κατασκευή στεφανών και γεφυρών. Σημαντική είναι η χρήση τους με το τιτάνιο και με τα κράματα του τιτανίου γιατί εμφανίζουν:

- χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής (ελάχιστα μικρότερο από αυτόν του τιτανίου)
- χαμηλή θερμοκρασία όπτησης, με αποτέλεσμα την μειωμένη δημιουργία οξειδίων, τα οποία αποδυναμώνουν την ένωση με την πορσελάνη.

Να σημειωθεί, ότι με το τιτάνιο δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πορσελάνες, που περιέχουν αρκετή ποσότητα λευκίτη, γιατί αυτός αυξάνει την θερμική διαστολή της πορσελάνης.

## ■ 9.6. Ιδιότητες πορσελάνης

### 9.6.1 Αντοχή στον εφελκυσμό

Η οδοντιατρική πορσελάνη παρουσιάζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό, λόγω της ανώμαλης επιφάνειάς της (πόροι) και των μικροσκοπικών ρωγμών που σχηματίζονται κατά την ψύξη της πορσελάνης. Αυτό συμβαίνει, γιατί η εξωτερική επιφάνειά της κατά την ψύξη στερεοποιείται πρώτη και βρίσκεται σε θλιπτική τάση, ενώ ο πυρήνας είναι θερμός και βρίσκεται σε εφελκυστική τάση. Η διαφορά αυτή των τάσεων, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών. Γι' αυτό η πορσελάνη δεν θα πρέπει να ψύχεται απότομα. Επίσης τα επανειλημμένα ψησίματα της πορσελάνης μειώνουν την αντοχή της. Να σημειωθεί, ότι η αλουμίνα αυξάνει την αντοχή της πορσελάνης, γιατί εμποδίζει την διάδοση των ρωγμών μέσα στην μάζα της πορσελάνης.

### 9.6.2 Συστολή της πορσελάνης

Η συστολή της πορσελάνης, οφείλεται στην απώλεια υγρού κατά την όπτησή της. Τα συστατικά της πορσελάνης συμπληρώνουν τα κενά που δημιουργούνται. Η συστολή της πορσελάνης εξαρτάται από την συμπίκνωσή

της στο στάδιο κατασκευής των εργασιών και σε μικρότερο βαθμό από την σύνθεσή της.

### 9.6.3 Αντοχή στην κάμψη

Η πορσελάνη εμφανίζει χαμηλή αντοχή στην κάμψη, με αποτέλεσμα να θεωρείται εύθραυστο υλικό. Έχει βρεθεί, ότι τις μικρότερες αντοχές στην κάμψη, παρουσιάζουν οι πορσελάνες για την οδοντίνη και αδαμαντίνη και την μεγαλύτερη η αδιαφάνεια.

### 9.6.4 Αντοχή στην θλίψη

Η πορσελάνη εμφανίζει μεγάλη αντοχή στην θλίψη. Κατά την εφαρμογή θλιπτικών δυνάμεων, δεν παρατηρείται διάδοση των ρωγμών μέσα στη μάζα της πορσελάνης. Γι' αυτό η αντοχή της πορσελάνης είναι μεγαλύτερη στην θλίψη, από ότι στον εφελκυσμό ή την κάμψη.

### 9.6.5 Ανθεκτικότητα πορσελάνης

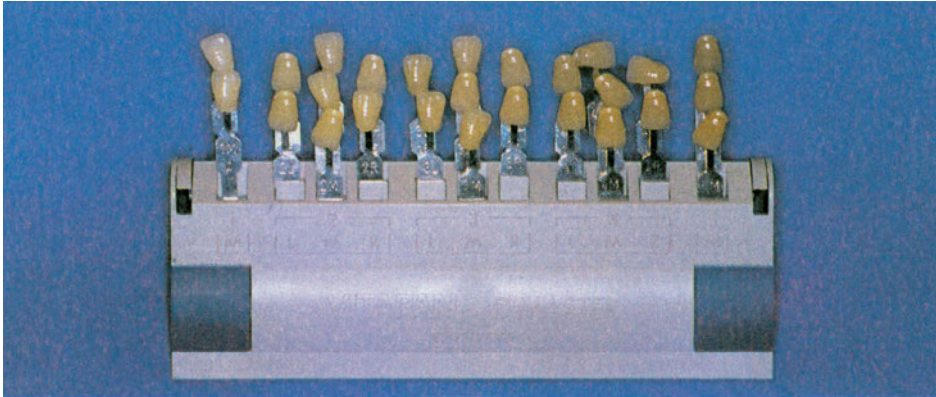
Η ανθεκτικότητα της πορσελάνης είναι αποτέλεσμα των ιδιοτήτων της, εξαρτάται από την εσωτερική δομή του υλικού και από τη σύνθεσή της. Η αύξηση του ποσοστού του οξειδίου του αργιλίου βελτιώνει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες της πορσελάνης.

Επίσης επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία όπτησης και από την ταχύτητα ψύξης. Έτσι μια χαμηλή θερμοκρασία όπτησης δίνει ανθεκτικότερη πορσελάνη, ενώ η υπερθέρμανση μειώνει την αντοχή της, δίνοντας στην πορσελάνη ένα γκριζο-σταχτί χρώμα και την εμφάνιση γυαλιού. Επίσης η υαλοποίηση στο τελικό στάδιο του ψησίματος της πορσελάνης, αυξάνει την αντοχή της, ενώ η αφαίρεση του εφυσάλωματος μειώνει την ανθεκτικότητα της πορσελάνης μέχρι και 50%. Γι' αυτό η πορσελάνη που έχει υαλοποιηθεί δε θα πρέπει να τροχίζεται.

## ■ 9.7 Αισθητικές ιδιότητες της πορσελάνης

Η οδοντιατρική πορσελάνη πρέπει να μιμείται το χρώμα των φυσικών δοντιών. Η μίμηση του χρώματος του φυσικού δοντιού από την πορσελάνη εξαρτάται

- από την ποσότητα του φωτός, που περνάει μέσα από την μάζα της πορσελάνης



**Εικ. 9.5.** Σύγχρονο χρωματολόγιο για επιλογή χρώματος

- από το χρώμα (μήκος κύματος) του φωτός, που περνάει μέσα από την μάζα της πορσελάνης και
- από την διάχυση (σκέδαση) του φωτός προς διάφορες κατευθύνσεις, κατά την διέλευσή του από μέσα από την μάζα της πορσελάνης.

Ανάλογα με την σύστασή της μπορεί να είναι διάφανη, ημιδιαφανής ή και αδιαφανής. Οι παλαιότερες σκόνες της πορσελάνης, που παράγονταν από τα παραδοσιακά ορυκτά δεν είχαν αξιόλογα αισθητικά αποτελέσματα. Οι σύγχρονες πορσελάνες, εμφανίζουν βελτιωμένες οπτικές ιδιότητες και καλύτερη αισθητική (Εικ. 9.5).

## ■ 9.8 Σύγχρονα κεραμικά συστήματα χωρίς μεταλλικό υπόστρωμα

Ένα σημαντικό πρόβλημα των μεταλλοκεραμικών κατασκευών είναι το χρώμα του μετάλλου. Αυτό πρέπει να καλυφθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην επηρεάζεται χρωματικά το αισθητικό αποτέλεσμα. Τα αισθητικά προβλήματα, που δημιουργεί η παρουσία του μεταλλικού σκελετού, οδήγησαν την σύγχρονη έρευνα στην κατασκευή προσθετικών αποκαταστάσεων χωρίς μεταλλικό σκελετό (ολοκεραμικά συστήματα).

Τα συστήματα αυτά, συνήθως, βασίζονται στην κατασκευή ενός ανθεκτικού πυρήνα από πορσελάνη υψηλής αντοχής. Πάνω σε αυτόν τον πυρήνα χτίζεται, η αποκατάσταση με μια πορσελάνη χαμηλού σημείου τήξης.

Τα σημαντικότερα ολοκεραμικά συστήματα είναι:

- Σύστημα In-Ceram

- Υαλοκεραμική (π.χ. σύστημα Dicor)
- Σύστημα Hi-Ceram
- Σύστημα IPS-Empress
- Συστήματα Cad-Cam

### ■ 9.9 Πλεονεκτήματα της οδοντιατρικής πορσελάνης

- Αποδίδει με μεγάλη ακρίβεια, την απόχρωση των φυσικών δοντιών.
- Είναι βιοσυμβατό υλικό
- Λειτουργεί, σαν μονωτικό υλικό και προστατεύει το δόντι, από τα θερμικά ερεθίσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι η πορσελάνη είναι κακός αγωγός της θερμότητας.
- Έχει μεγάλη αντοχή στην θλίψη.
- Έχει μεγάλη σκληρότητα
- Το χρώμα της πορσελάνης, παραμένει σταθερό στην πάροδο του χρόνου.

### ■ 9.10 Μειονεκτήματα της οδοντιατρικής πορσελάνης

- Κατά την όπτησή της η πορσελάνη συρρικνώνεται αρκετά.
- Εμφανίζει μικρή αντοχή στην κάμψη και στον εφελκυσμό
- Λόγω της μεγάλης σκληρότητάς της μπορεί να προκαλέσει αποτριβή στους ανταγωνιστές, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν πρόωρες επαφές.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Η** οδοντιατρική πορσελάνη παράγεται με τη βιομηχανική επεξεργασία ορυκτών του πυριτίου και της αργίλου. Τα κυριώτερα από τα ορυκτά αυτά είναι οι άστριοι, ο χαλαζίας, ο καολίνης και η άργιλος.

Η σκόνη της πορσελάνης περιέχει σε ποσοστό 90% κυρίως, Άστροιο, Καολίνη, Χαλαζία και Αλουμίνα ( $Al_2O_3$ ). Ακόμη αποτελείται και από άλλες ουσίες, οι οποίες προσδίδουν στην πορσελάνη κατάλληλες ιδιότητες όπως χαμηλή θερμοκρασία τήξης, σκληρότητα κλπ.

Η πορσελάνη, που χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική αποτελείται από σκόνη, η οποία αναμιγνύεται με απεσταγμένο νερό ή με το ανάλογο υγρό της και σχηματίζει πολτό, ο οποίος με τη χρήση ειδικών πινέλων και εργαλείων τοποθετείται πάνω σε μεταλλικό σκελετό ή σε φύλλο από πλατίνα ή σε πυρίμαχο κολόβωμα.

Το χτίσιμο και το ψήσιμο της πορσελάνης περιλαμβάνει διάφορα στάδια:

1. Την τοποθέτηση της αδιαφανούς πορσελάνης και το ψήσιμο αυτής
2. Την τοποθέτηση της πορσελάνης του σώματος και της αδαμαντίνης και το ψήσιμο αυτών και
3. Την τοποθέτηση της πορσελάνης εφυάλωσης και το ψήσιμο αυτής.

Οι οδοντιατρικές πορσελάνες, ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας τους ή την χρήση τους.

Ανάλογα με το σημείο τήξης έχουμε :

- Οδοντιατρικές πορσελάνες με υψηλό σημείο τήξης ( $1200^{\circ}C$  -  $1400^{\circ}C$ )
- Οδοντιατρικές πορσελάνες με μέτριο σημείο τήξης ( $1100^{\circ}C$  -  $1300^{\circ}C$ )
- Οδοντιατρικές πορσελάνες με χαμηλό σημείο τήξης ( $850^{\circ}C$  -  $1100^{\circ}C$ )
- Οδοντιατρικές πορσελάνες με πολύ χαμηλό σημείο τήξης  $<850^{\circ}C$ .

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ (συνέχεια)

Ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται ταξινομούνται:

- Σε οδοντιατρικές πορσελάνες για την κατασκευή στεφανών Jacket
- Σε οδοντιατρικές πορσελάνες, για την κατασκευή ενθέτων, επενθέτων και όψεων.
- Σε διορθωτικές πορσελάνες.
- Σε κεραμικά χρώματα
- Σε πορσελάνες για μεταλλοκεραμική.

Τα σύγχρονα συστήματα, για την κατασκευή ολοκεραμικών στεφανών, είναι τα ακόλουθα:

- Σύστημα In-Ceram
- Υαλοκεραμική (π.χ. σύστημα Dicor)
- Σύστημα Hi-Ceram
- Σύστημα IPS-Empress
- Συστήματα Cad-Cam



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι περιέχει η σκόνη της πορσελάνης;
2. Ποια είναι η βασική σύνθεση της οδοντιατρικής πορσελάνης;
3. Ποιοι τύποι οδοντιατρικής πορσελάνης, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή της μεταλλοκεραμικής;
4. Πώς ταξινομούνται οι οδοντιατρικές πορσελάνες;
5. Τι γνωρίζετε, για τις πορσελάνες χαμηλού σημείου τήξεως;
6. Τι γνωρίζετε, για τις πορσελάνες πολύ χαμηλού σημείου τήξεως;
7. Τι γνωρίζετε, για την αντοχή της πορσελάνης στην κάμψη;
8. Τι γνωρίζετε, για την αντοχή της πορσελάνης στον εφελκυσμό;
9. Ποια τα πλεονεκτήματα της πορσελάνης;
10. Ποια τα μειονεκτήματα της πορσελάνης;
11. Αναφέρατε, ονομαστικά, ποια σύγχρονα συστήματα ολοκεραμικών στεφανών γνωρίζετε;

## ΟΡΘΟΔΟΝΤΙΚΑ ΣΥΡΜΑΤΑ

Στην ορθοδοντική, χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά, για την κατασκευή των κινητών και ακίνητων ορθοδοντικών μηχανημάτων. Τα υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στα μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά. Στα μεταλλικά υλικά ανήκουν τα ορθοδοντικά σύρματα και οι μεταλλικοί ορθοδοντικοί δακτύλιοι.

### ■ 10.1 Ορθοδοντικά σύρματα

Τα ορθοδοντικά σύρματα κατασκευάζονται από κράματα βασικών μετάλλων. Τα κύρια συστήματα κραμάτων είναι τα ακόλουθα:

- Ανοξειδωτοι χάλυβες
- τα κράματα κοβαλτίου - νικελίου - χρωμίου
- τα κράματα νικελίου - τιτανίου
- Τα κράματα β-Τιτανίου

#### 10.1.1 Ανοξειδωτοι χάλυβες

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες ανάλογα είναι κράματα σιδήρου - άνθρακα. Με βάση τη δομή τους κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες :

- στους φερριτικούς
- στους μαρτενσιτικούς
- στους ωστενιτικούς

Από τις κατηγορίες αυτές, στην ορθοδοντική χρησιμοποιούνται κυρίως οι ωστενιτικοί και κατά προτίμηση ο τύπος 18/8, που περιέχει χρώμιο (Cr) 18%, νικέλιο (Ni) 8%, άνθρακα (C) από 0,08% μέχρι 0,20% και άλλα στοιχεία σε μικρότερες αναλογίες, που επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στις ιδιότητες του κράματος.

Ο τύπος αυτός 18/8 του ανοξειδωτου χάλυβα, παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχει μεγάλη αντίσταση στη διάβρωση και στην αμαύρωση. Η αντίσταση του ανοξειδωτου χάλυβα στη διάβρωση, οφείλεται στην παρουσία χρωμίου στο κράμα.

- Μπορεί να βελτιώσει τις ιδιότητές του, με εν ψυχρώ παραμόρφωση και με την ανόπτηση.
- Είναι εύκολος στην κατεργασία του.

Τα μειονεκτήματα του ανοξειδωτου χάλυβα είναι:

- Χάνει τις ιδιότητές του, όταν θερμανθεί κατά την συγκόλληση ή την επεξεργασία του.
- Μειώνεται η αντοχή του, από την παρατεταμένη επεξεργασία του και από δραστικούς απολυμαντικούς παράγοντες.
- Η θέρμανση μειώνει την σκληρότητα και την αντοχή του.

### 10.1.2 Κράματα κοβαλτίου - χρωμίου - νικελίου

Τα κράματα αυτά χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Η ευρεία χρήση των κραμάτων κοβαλτίου - χρωμίου - νικελίου, οφείλεται στο υψηλό μέτρο ελαστικότητας τους (δυσκαμψία), στην αντίστασή τους στην αμαύρωση και στο χαμηλό τους κόστος. Πιο συγκεκριμένα το κοβάλτιο προσδίδει στο κράμα αντοχή, δυσκαμψία και σκληρότητα, ενώ το χρώμιο κάνει το κράμα ανθεκτικό στη διάβρωση και στην αμαύρωση. Οι τύποι κραμάτων κοβαλτίου - χρωμίου - νικελίου αποτελούν το σύρμα *Elgiloy*, που είναι κατεργασμένο σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες και το αναγνωρίζουμε με τέσσερα διαφορετικά χρώματα, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά το καθένα:

- Το *Rm blue Elgiloy* (μπλε). Είναι μαλακό και επεξεργάζεται εύκολα με τα δάκτυλα και τις πένσες. Επιδέχεται κόλληση σε χαμηλή θερμοκρασία. Είναι ιδανικό για σπείρες, αγκύλες γλωσσικά τόξα, συγκράτηση και μετακίνηση.
- *Green Elgiloy* (πράσινο). Αυτό είναι μέτριας σκληρότητας. Είναι όμοιο με το θερμικά επεξεργασμένο ασάλι.
- *Rm yellow Elgiloy* (κίτρινο). Είναι το πλέον σύνηθες και δουλεύεται με τα δάκτυλα και τις πένσες. Έχει ελαστικότητα και χρησιμοποιείται για λειτουργικά ελατήρια. Είναι πολύ λείο και πρέπει να υποστεί θερμική κατεργασία, για να έχει καλά αποτελέσματα. Είναι ιδανικό για επίπεδες κατασκευές και προτιμάται, γιατί γίνονται καλύτερες σπείρες σε ελατήρια από το μπλε σύρμα.
- *Rm Red Elgiloy* (κόκκινο). Είναι σκληρό σύρμα, για υψηλής απόδοσης ελατήρια. Δεν συνιστάται, για εργασίες όπου χρησιμοποιείται αιχμηρή πένσα, γιατί έχει μικρή αντοχή σε σκληρότητα μετά από κατεργασία.

### 10.1.3 Κράματα νικελίου -τιτανίου

Το κράμα νικελίου-τιτανίου εμφανίστηκε το 1972, για οδοντιατρική χρήση, με το όνομα Nitinol. Το κράμα αυτό, χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη του ελαστικότητα, την περιορισμένη δυνατότητα διαμόρφωσης του σχήματός του και τη θερμική του μνήμη.

Το κράμα Nitinol περιέχει 55% νικέλιο και 45% τιτάνιο. Επίσης το κράμα αυτό, που χρησιμοποιείται στην ορθοδοντική περιέχει 1,6% κοβάλτιο, για να διευκολύνεται η πλαστική παραμόρφωση του κράματος.

Το σύρμα Nitinol, απαιτεί ειδικές τεχνικές κάμψης και δεν μπορεί να λυγίσει σε οξεία γωνία ή σε πλήρη κύκλο (loop). Έτσι το σύρμα αυτό, χρησιμοποιείται σε τεχνικές ευθέος σύρματος, με κατάλληλα αγκύλια (brackets). Το κράμα δεν μπορεί να συγκολληθεί και έτσι τα σύρματα πρέπει να συγκρατούνται μεταξύ τους μηχανικά.

Το κράμα νικελίου-τιτανίου σε σχέση με το κράμα βήτα - τιτανίου και τους ανοξειδωτους χάλυβες, έχει το μικρότερο μέτρο ελαστικότητας και όριο αναλογίας, αλλά έχει την υψηλότερη επαναφορά ελατηρίου (spring back) και τη μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη και τη στροφή από τα τρία κράματα. Κλινικά η μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και το μικρό μέτρο ελαστικότητας σημαίνουν, ότι μπορούμε να εφαρμόσουμε μικρότερες και περισσότερες συνεχείς δυνάμεις, με μεγαλύτερες ενεργοποιήσεις και αυξημένες δυνατότητες χρήσης.

### 10.1.4 Κράματα β -τιτανίου

Το 1979 παρουσιάστηκε ένα κράμα τιτανίου-μολυβδαινίου που είναι γνωστό σαν β -τιτάνιο και χρησιμοποιείται με την ονομασία TMA.

Σε σύγκριση με τα σύρματα από ανοξειδωτο χάλυβα και από κοβάλτιο - χρώμιο - νικέλιο, το σύρμα από β-τιτάνιο έχει μικρότερο μέτρο ελαστικότητας, μεγαλύτερη επαναφορά ελατηρίου (spring back) και μικρότερο όριο διαρροής. Επίσης παρουσιάζει, καλή ολκιμότητα, ικανότητα συγκόλλησης και αντίσταση στη διάβρωση.

Το σύρμα από β-τιτάνιο συγκρινόμενο με το σύρμα από κράμα νικελίου - τιτανίου έχει, μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας, μικρότερη επαναφορά ελατηρίου και μεγαλύτερο όριο διαρροής. Η ικανότητα του β-τιτανίου να διαμορφώνεται σε σχήματα και να συγκολλάται αποτελεί πλεονέκτημα έναντι του νικελίου - τιτανίου.

## ■ 10.2 Σχήμα - μέγεθος συρμάτων



**Εικ. 10.1** Ορθοδοντικά σύρματα σε μορφή ρολού ή σε σωλήνες

Το σχήμα των ορθοδοντικών συρμάτων μπορεί να είναι στρογγυλό, τετράγωνο ή ορθογώνιο. Οι περισσότερες κατασκευές, γίνονται με σύρματα στρογγυλού σχήματος. Το μέγεθος (πάχος) των συρμάτων, είναι διαφορετικό και η διάμετρος τους υπολογίζεται σε χιλιοστά του μέτρου ή σε χιλιοστά της ίντσας (το 1 μέτρο αντιστοιχεί σε 39,37 ίντσες).

Στο εμπόριο, κυκλοφορούν τα σύρματα σε μορφή ρολού ή σε σωλήνες. Στα εργαστήρια, χρησιμοποιούνται συνήθως σύρματα, που είναι σε ρολό (Εικ. 10.1).

## ■ 10.3 Ιδιότητες ορθοδοντικών συρμάτων

Τα ορθοδοντικά σύρματα θα πρέπει :

- Να μην είναι τοξικά ή ερεθιστικά, για το στοματικό βλεννογόνο και τα δόντια.
- Να είναι απρόσβλητα, δηλαδή να μη διασπώνται στα συστατικά τους, από το σάλιο και από οποιοδήποτε άλλο υγρό.
- Να έχουν αντοχή, στη διάβρωση και την αμαύρωση.
- Να είναι αισθητικά ευχάριστα. Η απαίτηση αυτή δεν έχει ικανοποιηθεί μέχρι σήμερα. Μια προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή έχει, γίνει με την επένδυση των συρμάτων με πλαστικό υλικό, αλλά τα σύρματα αυτά δεν έχουν γίνει ευρέως αποδεκτά.

### Γενική παρατήρηση

Πρέπει να αναφερθεί, ότι όλα τα σύρματα, δεν πρέπει να πυρακτώνονται κατά την επεξεργασίας τους, γιατί υπάρχει το ενδεχόμενο να αλλάξει η περιεκτικότητά τους σε άνθρακα και η μικρογραφική τους δομή.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στην ορθοδοντική χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά, για την κατασκευή των κινητών και ακίνητων ορθοδοντικών μηχανημάτων.

Τα υλικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, στα μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά.

Στα μεταλλικά υλικά ανήκουν, τα ορθοδοντικά σύρματα και οι μεταλλικοί ορθοδοντικοί δακτύλιοι.

Για την κατασκευή ορθοδοντικών συρμάτων, χρησιμοποιούνται διάφορα κράματα όπως:

- οι ανοξείδωτοι χάλυβες
- τα κράματα χρωμίου - κοβαλτίου
- τα κράματα νικελίου - τιτανίου
- τα κράματα βήτα - τιτανίου

Επίσης τα ορθοδοντικά σύρματα, ανάλογα με το σχήμα τους, μπορεί να είναι στρογγυλά, τετράγωνα ή ορθογώνια.

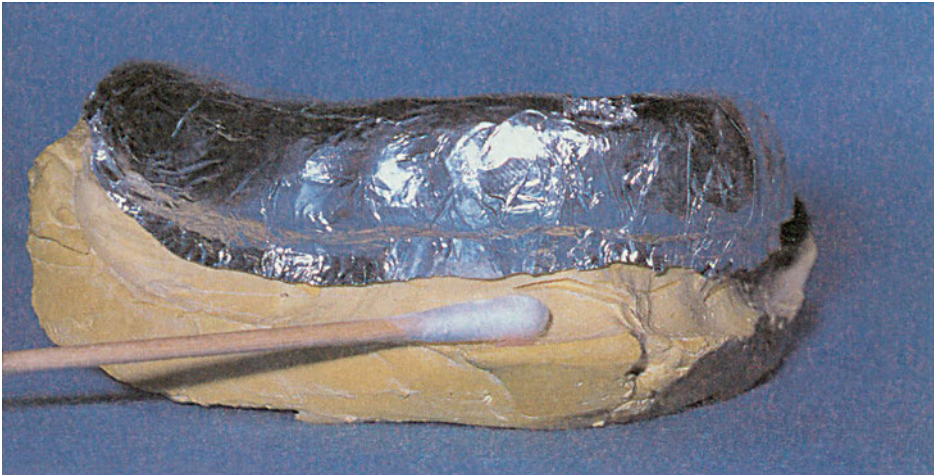
## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες κατηγορίες κραμάτων χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ορθοδοντικών συρμάτων;
2. Πώς κατατάσσονται ανάλογα με τη δομή τους οι ανοξειδωτοι χάλυβες;
3. Ποιος τύπος ανοξειδωτου χάλυβα χρησιμοποιείται κυρίως και ποιες είναι οι ιδιότητες του;
4. Πού οφείλεται η ευρεία χρήση των κραμάτων χρωμίου - κοβαλτίου - Νικελίου;
5. Τι είναι το κράμα Nitinol και πού χρησιμοποιείται;
6. Ποιες ιδιότητες έχουν τα σύρματα βήτα - τιτανίου σε σύγκριση με τα σύρματα από ανοξειδωτο χάλυβα και από τα σύρματα χρωμίου - κοβαλτίου - νικελίου;
7. Ποιες ιδιότητες θα πρέπει να έχουν τα ορθοδοντικά σύρματα;

## ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

### ■ 11.1 Εισαγωγή

Διαχωριστικά υλικά ονομάζουμε τα υλικά εκείνα τα οποία, όταν επαλείφονται πάνω σε μια επιφάνεια (Εικ 11.1), σχηματίζουν ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα που δρα ως αντικολλητικός παράγοντας, εμποδίζει δηλαδή το υλικό που θα τοποθετηθεί πάνω στην επιφάνεια να κολλήσει με αυτή.



*Εικ. 11.1 Επάλειψη διαχωριστικού υλικού σε εκμαγείο*

### ■ 11.2 Ιδιότητες των διαχωριστικών υλικών

Ένα διαχωριστικό υλικό πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Να μπορεί να τοποθετηθεί σε στρώματα μικρού πάχους
- Να μην έχει ενοχλητική οσμή, ιδιαίτερα εάν πρόκειται να έρθει σε απευθείας επαφή με την προσθετική αποκατάσταση.
- Να μην είναι τοξικό ή αλλεργιογόνο.
- Να μην συγκολλάται στις προσθετικές αποκαταστάσεις.



- Να μην αντιδρά χημικά με τα υλικά των προσθετικών αποκαταστάσεων.
- Να μπορεί να απομακρυνθεί εύκολα από τις επιφάνειες που έχει τοποθετηθεί.
- Να είναι εύχρηστο.
- Να είναι οικονομικό.

### ■ 11.3 Κυριότερα διαχωριστικά υλικά

Τα διαχωριστικά υλικά που συνήθως χρησιμοποιούμε στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είναι:

- Το λάδι
- Το φύλλο του κασσιτέρου
- Το διάλυμα πυριτικού νατρίου 60% μέσα σε νερό
- Το διάλυμα αλγινικού νατρίου 2%
- Η βαζελίνη (παράγωγο του πετρελαίου)

### ■ 11.4 Χρήσεις των διαχωριστικών υλικών στην οδοντοτεχνία

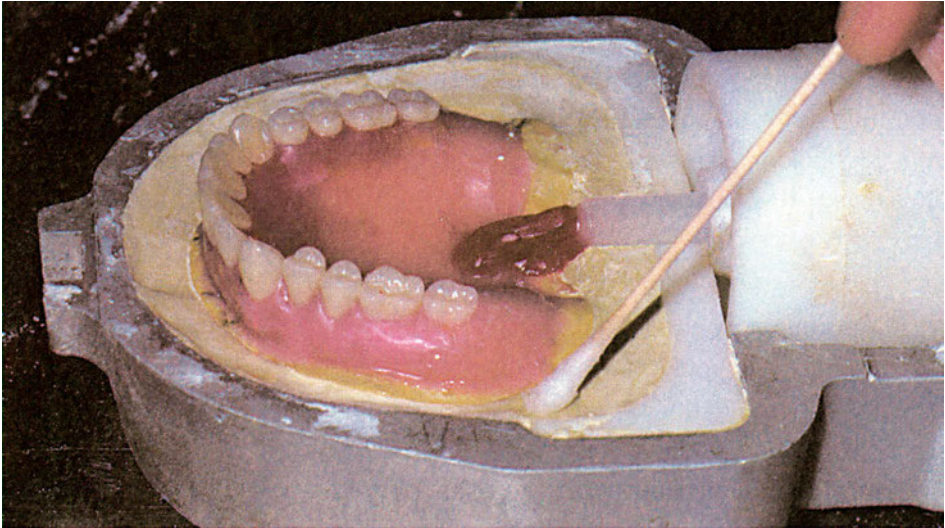
Τα διαχωριστικά υλικά χρησιμοποιούνται καθημερινά στο εργαστήριο, σε μια σειρά εργασιών, όπως στην κατασκευή ατομικών δισκαρίων (Εικ. 11.1), στην κατασκευή διαχωριζόμενων εκμαγείων κ.ά. Χρησιμοποιούνται επίσης και για συγκεκριμένες εργασίες στην κινητή και ακίνητη προσθετική.

#### 11.4.1 Κινητή προσθετική

Στην κινητή προσθετική τα διαχωριστικά υλικά χρησιμοποιούνται, κυρίως, στην εγκλείστρωση των ολικών και μερικών οδοντοστοιχιών.

Τα εσωτερικά τοιχώματα των εγκλείστρων επαλείφονται με βαζελίνη για τον ευκολότερο διαχωρισμό της γύψου από αυτά, μετά το τέλος της κατασκευής των ολικών και μερικών οδοντοστοιχιών.

Στην επιφάνεια της πηγμένης γύψου, του ενός τμήματος του εγκλείστρου, τοποθετούμε διαχωριστικά (συνήθως διάλυμα αλγινικού νατρίου 2%), ώστε, όταν θα ρίξουμε τη γύψο στο άλλο τμήμα του εγκλείστρου να μην κολλήσουν τα δύο τμήματα (Εικ. 11.2). Η εργασία αυτή γίνεται πριν την αποκήρωση. Επίσης μετά την αποκήρωση και πριν τον στοιβαγμό της ακρυλικής ρητίνης, στην κατασκευή των ολικών οδοντοστοιχιών, σε όλη την επιφάνεια της γύψου

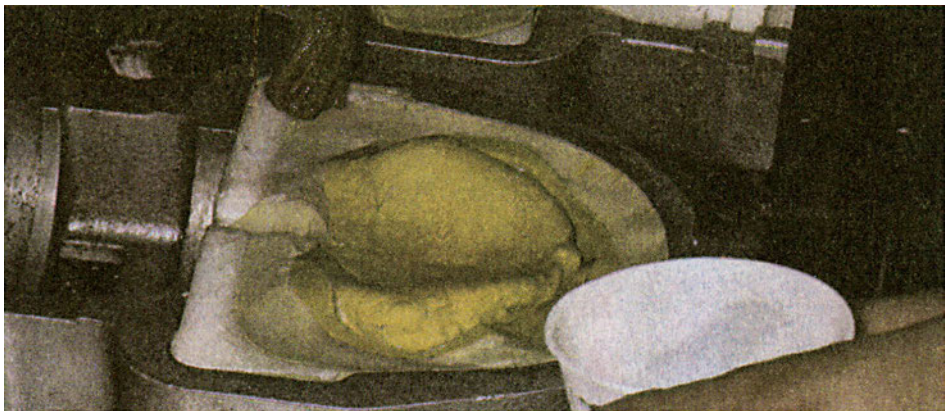


*Εικόνα 11.2 Τοποθέτηση διαχωριστικού*

τοποθετείται άλλου τύπου διαχωριστικό υλικό (Εικ. 11.3).

Αυτό γίνεται :

- Για να αποφύγουμε την προσρόφηση του μονομερούς της ακρυλικής ρητίνης από την γύψο, που θα είχε σαν αποτέλεσμα να αλλάξει η επιθυμητή σύσταση της ακρυλικής ρητίνης,
- Για να μην απορροφήσει η ακρυλική ρητίνη ποσότητα νερού από τη γύψο και εμφανιστούν ρωγμές και λευκές κηλίδες στην ακρυλική ρητίνη και



*Εικόνα 11.3 Τοποθέτηση διαχωριστικού πριν το στοιβαγμό της ακρυλικής ρητίνης*

- Να μην εισχωρήσει η γύψος στην επιφανειακή στοιβάδα της ακρυλικής ρητίνης.

Το διάλυμα σαπουνιού έχει πάψει να χρησιμοποιείται σαν διαχωριστική ουσία, διότι σωματίδια του σαπουνιού εισχωρούν κατά την διάρκεια της εγκλείστρωσης στην ακρυλική ρητίνη με αποτέλεσμα να επηρεάζουν αρνητικά τον πολυμερισμό και την αισθητική της οδοντοστοιχίας (άσπρα στίγματα και κηλίδες).

#### 11.4.2 Ακίνητη προσθετική

Στην ακίνητη προσθετική χρησιμοποιείται διαχωριστικό ούτως ώστε, να μην κολλήσει το κέρινο ομοίωμα στη γύψο του κολοβώματος. Συνήθως επαλείφεται το κολόβωμα με διαχωριστικό υλικό ή βυθίζεται σε διαχωριστικό υλικό για 10 λεπτά. Το είδος του διαχωριστικού (συνήθως αλγινικό νάτριο ή ουσίες ελαιώδους συστάσεως) ποικίλλει ανάλογα με το είδος του υλικού που είναι κατασκευασμένο το κολόβωμα (γύψος, εποξική ρητίνη, μέταλλο).

Διαχωριστικό υλικό χρησιμοποιείται και στην κατασκευή εκμαγείου με κινητά κολοβώματα για να διαχωρίζονται τα κολοβώματα από τη βάση του εκμαγείου.

### ■ 11.5 Πλεονεκτήματα διαχωριστικών υλικών

Διευκολύνουν το διαχωρισμό δύο διαφορετικών υλικών που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους π.χ. γύψος - ακρυλική ρητίνη.

Έχουν χαμηλό κόστος.

Δεν χρειάζονται ιδιαίτερη επεξεργασία για την χρησιμοποίησή τους.

### ■ 11.6 Μειονεκτήματα διαχωριστικών υλικών

Τα διαχωριστικά υλικά που περιέχουν πτητικά έκδοχα (π.χ. διαχωριστικό πορσελάνης και εποξικής ρητίνης) απαιτούν ταχύτητα κατά τη διάρκεια της χρήσης τους για να μην εξατμιστούν τα συστατικά του υλικού.

Συχνά τα διαχωριστικά υλικά αφήνουν κατάλοιπα που δύσκολα απομακρύνονται.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Δ**ιαχωριστικά τα υλικά είναι εκείνα τα υλικά που δρουν ως αντικολητικοί παράγοντες, εμποδίζοντας το υλικό που θα τοποθετήσουμε στο εκμαγείο να κολλά πάνω του. Η χρησιμοποίησή τους στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είναι πολύ συχνή. Χρησιμοποιούνται τόσο στην κινητή προσθετική (εγκλείστρωση ολικών και μερικών οδοντοστοιχιών) όσο και στην ακίνητη προσθετική (κατασκευή κέρινου ομοιώματος σε κολόβωμα).

Τα σπουδαιότερα διαχωριστικά υλικά είναι:

- Το λάδι
- Το φύλλο του κασσιτέρου
- Το διάλυμα πυριτικού νατρίου 60% μέσα σε νερό
- Το διάλυμα αλγινικού νατρίου 2%
- Η βαζελίνη (παράγωγο του πετρελαίου)

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι τα διαχωριστικά υλικά;
2. Πού χρησιμοποιούνται τα διαχωριστικά υλικά;
3. Ποια είναι τα σπουδαιότερα διαχωριστικά υλικά;
4. Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει ένα διαχωριστικό υλικό;

## ΕΚΤΡΙΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΤΙΛΒΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

---

### ■ 12.1 Εισαγωγή

Οι προσθετικές εργασίες πρέπει να είναι αισθητικά αποδεκτές, αλλά και ανεκτές από το στοματογναθικό σύστημα του ασθενούς. Η γλώσσα, τα χείλη και το εσωτερικό των παρειών έχουν μεγάλη ευαισθησία και η παραμικρή ανωμαλία ή ατέλεια σε μια προσθετική αποκατάσταση γίνεται αμέσως αντιληπτή από τον ασθενή. Για το λόγο αυτό όλες οι προσθετικές εργασίες, πριν τοποθετηθούν στο στόμα του ασθενούς θα πρέπει να λειαινούνται και να στιλβώνονται καλά. Αυτό επιτυγχάνεται με τα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά.

Η λείανση και η στίλβωση των προσθετικών εργασιών δε βοηθά μόνο στην αποδοχή τους από τους ασθενείς. Συντελεί στην αποφυγή κατακράτησης υπολειμμάτων τροφών και μικροβιακής πλάκας πάνω σ' αυτές. Επίσης μειώνει την πιθανότητα εμφάνισης αμαύρωσης ή διάβρωσης στις μεταλλικές επιφάνειες των αποκαταστάσεων.

Με τον όρο *λείανση*, εννοούμε την τελική διαμόρφωση και ομαλοποίηση των επιφανειών των προσθετικών αποκαταστάσεων, η οποία επιτυγχάνεται με τα εκτριπτικά υλικά. Με τον όρο *στίλβωση*, εννοούμε το τελικό γυάλισμα των προσθετικών εργασιών, το οποίο γίνεται με τα στιλβωτικά υλικά.

Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι τα εκτριπτικά, αφαιρούν πολύ περισσότερο υλικό από την επιφάνεια της προσθετικής αποκατάστασης, από ότι τα στιλβωτικά υλικά.

### ■ 12.2 Ιδιότητες των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών

Λειαίνουν και στιλβώνουν τις προσθετικές εργασίες χωρίς να αλλοιώνουν τα μορφολογικά (ανατομικά) χαρακτηριστικά τους και τις ιδιότητες των υλικών που είναι κατασκευασμένες.

Μετά από τη χρησιμοποίηση των υλικών αυτών οι προσθετικές εργασίες θα πρέπει να διατηρούν την στιλπνότητά τους.

Η συμπεριφορά των προσθετικών εργασιών στο στόμα των ασθενών

επηρεάζεται προς το καλύτερο μετά την χρησιμοποίηση των υλικών αυτών.

### ■ 12.3 Κυριότερα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά

Τα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

Στη μία κατηγορία ανήκουν υλικά που είναι προσκολλημένα σε φρέζες οι οποίες τοποθετούνται σε μοτέρ (τροχόλιθοι, διαμάντια κτλ.) (Εικ. 12.1). Αυτά είναι, κατά κανόνα, εκτριπτικά υλικά. Στην άλλη κατηγορία ανήκουν τα υλικά που κυκλοφορούν σε μορφή σκόνης ή φυράματος και χρησιμοποιούνται με τη βοήθεια περιστροφικών εργαλείων. Αυτά είναι συνήθως λειαντικά μέσα.

Τα συνηθέστερα εκτριπτικά (λειαντικά) και στιλβωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο είναι:

**Φρέζες απλές ασάλινες - φρέζες τουνγκστενίου:** Χρησιμοποιούνται για την κατεργασία και λείανση ακινήτων προσθετικών εργασιών.

**Καρβίδιο του πυριτίου:** Χρησιμοποιείται στη λείανση σε μορφή τροχόλιθων και λεπτών μεταλλικών δίσκων διαφόρων σχημάτων και μεγεθών.

**Διαμάντι (διαμαντόσκονη):** Είναι από τα σκληρότερα εκτριπτικά υλικά. Κυκλοφορεί σε μορφή τροχόλιθων ή μεταλλικών δίσκων.



*Εικόνα 12.1* Σειτ διαμόρφωσης και λείανσης πορσελάνης



**Σμύριδα:** Είναι ορυκτό και χρησιμοποιείται σε μορφή σμυριδόχαρτου ή δίσκου που περιστρέφονται από το οδοντογλύφανο για την λείανση των προσθετικών εργασιών.

**Ελαστικά:** Βρίσκονται μόνιμα τοποθετημένα σε μαντρέλ και χρησιμοποιούνται για τη λείανση προσθετικών εργασιών (Εικ. 12.1).

**Δίσκος υαλοχάρτου:** Χρησιμοποιείται για τη λείανση ακρυλικών ρητινών.

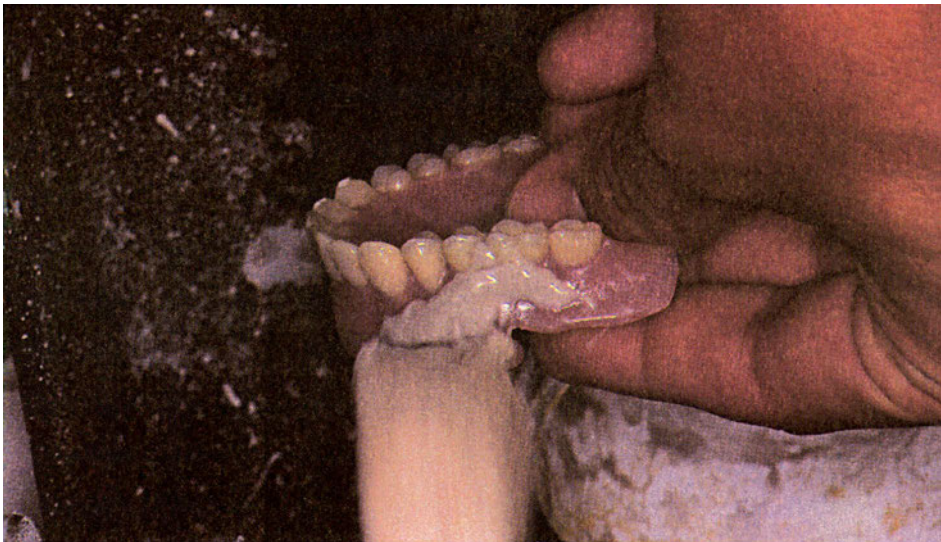
**Οξείδιο του αργιλίου:** Συνήθως χρησιμοποιείται με συσκευές αμμοβολής για την λείανση και διαμόρφωση προσθετικών εργασιών.

**Κίσσηρις (κοινώς ελαφρόπετρα):** Λαμβάνεται με κονιοποίηση πορωδών ηφαιστειογενών πετρωμάτων. Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων την χρησιμοποιούμε είτε για λείανση είτε για στίλβωση των προσθετικών εργασιών (Εικ. 12.2).

**Οξείδιο του ψευδαργύρου με νερό:** Χρησιμοποιείται για την εξάλειψη των μικρών εγκοπών που δημιουργεί η λείανση με ελαφρόπετρα.

**Κιμωλία:** Είναι πέτρωμα λευκό εύθρυπτο και αποτελείται από κόκκους ανθρακικού ασβεστίου, χρησιμοποιείται ως στίλβωτικό σε μορφή φυράματος.

**Σαπούνι για στίλβωση (τριπολί-ροσσέτο):** Το τριπολί είναι η τριπολίτις γη, είναι καθαρή πυριτική γη. Το τριπολί χρησιμοποιείται για τη στίλβωση των ακρυλικών ρητινών και για βασικά κράματα. Το ροσσέτο είναι το ερυθρό των



*Εικόνα 12.2* Λείανση οδοντοστοιχίας με ελαφρόπετρα



παρισίων, είναι λεπτή κόκκινη σκόνη που αποτελείται από οξείδιο του σιδήρου κυκλοφορεί σε μορφή φυράματος και χρησιμοποιείται για τη στίλβωση πολύτιμων και ημιπολύτιμων κραμάτων (χρυσός, παλλάδιο κ.ά.) με τη βοήθεια βούρτσας υφάσματος που περιστρέφεται από τροχό. Με αυτό επιτυγχάνουμε πολύ καλή στίλβωση.

**Κετσές-τσόχα:** Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το σαπούνι για λείανση κραμάτων.

**Μάλλινη βούρτσα:** Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με λειαντικά μέσα για τη λείανση ακρυλικών ρητινών.

**Πάνινη και δερμάτινη βούρτσα:** Χρησιμοποιείται για στίλβωση με τη βοήθεια στιλβωτικών υλικών υγρής μορφής (Brasso, candulor).

**Βουρτσάκια σε μανδρέλ:** Χρησιμοποιούνται για τη λείανση των μεταλλικών και ακρυλικών εργασιών.

#### ■ 12.4 Πλεονεκτήματα των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών

Με τα υλικά αυτά οι προσθετικές εργασίες αποκτούν λείες και στιλπνές επιφάνειες χωρίς εσοχές και βοθρία, που θα κατακρατούν υπολείμματα τροφών και θα δημιουργούν τρυγία (πέτρα). Επιπλέον με τη χρήση των υλικών αυτών επιτυγχάνουμε καλά διαμορφωμένες ανατομικές κατασκευές (μασητική επιφάνεια, τρίγωνο αυτοκαθαρισμού).

#### ■ 12.5 Μειονεκτήματα των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών

Κατά την χρησιμοποίηση τους δημιουργούν αιωρούμενη σκόνη με αποτέλεσμα αυτός που τα χρησιμοποιεί επί μακρό χρόνο να κινδυνεύει από πνευμονοκονιάσεις. Γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας (μάσκα, γυαλιά προστασίας, ισχυρός απορροφητήρας). Επίσης μπορεί να παρατηρηθούν διάφοροι μικροτραυματισμοί από αδέξιους χειρισμούς κατά την χρησιμοποίηση των υλικών αυτών.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

**Μ**ε την χρησιμοποίηση των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών επιτυγχάνουμε ομαλοποίηση και γυάλισμα των προσθετικών εργασιών.

Τα σπουδαιότερα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά είναι:

- Φρέζες απλές ασάλινες - φρέζες τουγκστενίου
- Καρβίδιο του πυριτίου
- Διαμάντι (διαμαντόσκονη)
- Δίσκος υαλόχαρτου
- Κίσσηρις (κοινώς ελαφρόπετρα)
- Οξειδίο του ψευδαργύρου με νερό
- Σμύριδα
- Κιμωλία
- Σαπούνι για στίλβωση (τριπολί-ροσσέτο)
- Κετσές-τσόχα
- Μάλλινη βούρτσα
- Πάνινη και δερμάτινη βούρτσα
- Βουρτσάκια σε μανδρέλ

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι επιτυγχάνουμε με τα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά;
2. Αναφέρατε ονομαστικά μερικά από τα εκτριπτικά και στιλβωτικά υλικά
3. Ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα των προσθετικών εργασιών από την μη χρησιμοποίηση των εκτριπτικών και στιλβωτικών υλικών;

## Βιβλιογραφία

- Craig RG:** *Restorative Dental Materials*, Mosby Co, St. Louis Missouri, 1994.
- Craig RG:** *Dental Materials. Properties & Manipulation*, 6th ed., Mosby Co, St. Louis Missouri, 1996.
- Γεωργιάδης Κ:** *Ο μεταλλοκεραμικός δεσμός στο σύστημα Τιτανίου - Πορσελάνης*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2000.
- Δουκουδάκης Α:** *In vitro & in vivo συγκριτική μελέτη επί της ακριβείας ελαστικών αποτυπωτικών υλικών*, Διατριβή για διδακτορία, Αθήνα 1985.
- Καφούσιος Ν, Μπαλιτζάκη Γ, Σταθόπουλος Α:** *Οδοντιατρικά βιοϋλικά*. Ακίδα, Αθήνα 1994.
- Naylor WP, Beaty MW:** *Materials and Techniques in Fixed Prosthodontics*. Dental Clinics of North America, Volume 36, Number 3, July 1992.
- Naylor WP:** *Introduction to Metal Ceramic Technology*, Quintessence Publishing Co, 1992.
- Philips, RW:** *Skinner's Science of Dental Materials*, 2nd ed., W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1996.
- Rudd KD, Morrow RM, Rhoads JE:** *Dental Laboratory Procedures. Vol I, II, III*, Mosby Co, St. Louis Missouri, 1986.
- Stender E:** *Non-precious metal dental alloys in laboratory tests-critical judgement of results*. [German] ZWR. 99(7): 562-3, 1990, Jul.
- Σταθόπουλος Α:** *Αριστοτέλους Αδάμ Οδοντιατρικά υλικά*. Εκδ. Γρ. Παρισιανός, Αθήνα 1988.
- Tjan AH, Li T, Logan GI, Baum L:** *Marginal accuracy of complete crowns made from alternative casting alloys*. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 66(2):157-64, 1991 Aug.
- Χρονόπουλος Β:** *Τα μέταλλα και η σημασία τους στην Ακίνητη Προσθετική*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 1998.
- Yamamoto, M:** *Metal-Ceramics, Principles and Methods of M. Yamamoto*. Quintessence Publishing Co., 1985.
- Zarb, G:** *Prosthodontic Treatment for the Partially Edentulous Patients*. Chapter 26, Mosby Company, St. Louis, M.O.









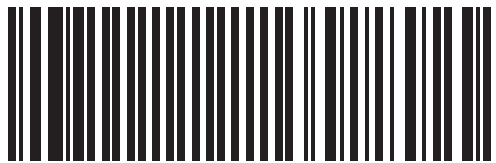


Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ 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 και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0240  
ISBN Set 978-960-06-3008-4

ITYE  
"ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ"  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΚΔΟΣΕΩΝ



(01) 000000 0 24 0240 6