

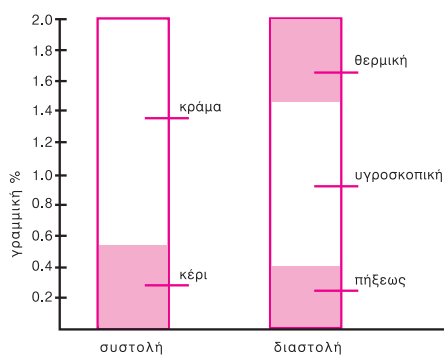
■ 5.1 Εισαγωγή

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 κέρينو 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*.

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 μετά από παραμονή 45min εκτός εκμαγείου



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

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

το πρότυπο παραμορφώνεται, λόγω της απελευθέρωσης εσωτερικών τάσεων (χρόνος χαλάσεως).

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 τη στερεοποίησή 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 πυρόχωμα 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 πυροχωμάτων μπορεί να δοθεί με την παρακάτω εξίσωση:

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

■ 5.2 Ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα πυρόχωμα

Ένα πυρόχωμα 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 διασπάται 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 πυρόχωμα πρέπει να έχει αρκετή αντοχή, για να μην κινδυνεύσει κατά τους χειρισμούς (ιδιαίτερα για τα πυροχώματα 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 πυροχρώματα.** Είναι αυτά που δεν περιέχουν γύψο σαν συνδετική ουσία και διακρίνονται: α) Στα πυροχρώματα φωσφορικού τύπου και β) Στα πυροχρώματα πυριτικού τύπου.
- **Πυροχρώματα για συγκόλληση.**
Οι τύποι των πυροχωμάτων διαφέρουν στις ιδιότητες και τις χρήσεις τους.

■ 5.4 Απλά πυροχρώματα - πυροχρώματα γύψου

5.4.1 Σύνθεση

Τα πυροχρώματα 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 πυροχρώματα 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 πυροχρώματος.

5.4.2 Ιδιότητες

α. Διαστολή πήξης ή φυσική διαστολή

Όταν αναμειχθεί σκόνη πυροχρώματος 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 Α.Δ.Α. από 5-25 min. Ο συνήθης χρόνος πήξης είναι μεταξύ 9-18 min.

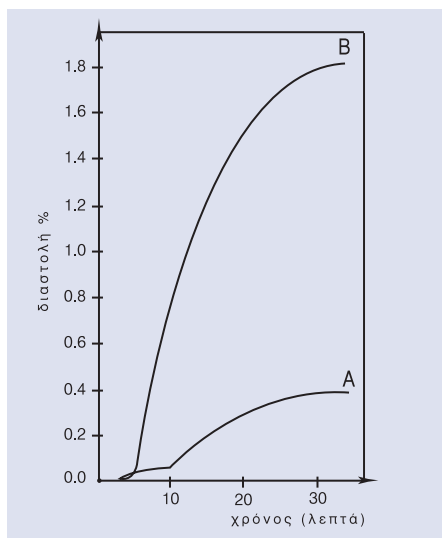
Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο πήξης είναι:

- 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 γίνεται 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 SiO_2 , με αποτέλεσμα να προκαλεί διαχωρισμό των μορίων και διαστολή.

Συνοψίζοντας αναφέρουμε ότι 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°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 αντιροπείται 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/m².

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 στην μάζα του.

- Τα πυροχώματα που περιέχουν χλωριούχο νάτριο, έχουν ελαττωμένη 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 ιδιότητές 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 αργύρου-παλλαδίου, καθώς και των βασικών κραμάτων (χρωμίου-κοβαλτίου, χρωμίου-νικελίου). Η διαφορά τους από τα απλά πυροχώματα είναι η συνδετική ουσία που τα κάνει πιο θερμοανθεκτικά. Γι' αυτό τείνουν να αντικαταστήσουν τα άλλα πυροχώματα.

5.5.1.1 Σύνθεση

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

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

Συνδετική 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.

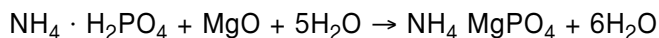
Διάφορες χημικές ουσίες. Τέτοιες είναι το χλωριούχο νάτριο, το βορικό οξύ, το θειικό κάλιο, η σκόνη χαλκού και οξειδίου του μαγνησίου.

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 συνδετική ουσία και προκαλεί την πήξη του πυροχώματος δίνοντάς του ικανοποιητική αντοχή.

Κατά τη θέρμανση του πυροχώματος η συνδετική 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 κολλοειδές πυριτικό διάλυμα, τότε στην αρχή εμφανίζουν συστολή και μετά διαστολή. Αυξομειώνοντας τη συγκέντρωση του κολλοειδούς 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 αντirroπείται 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 εξαερώσεως 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 (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.

5.4.2.3 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 ομοιόμορφη θέρμανση του πυροχώματος, για την αποφυγή ραγισμάτων στην επιφάνειά του. Γι' αυτό σε οποιεσδήποτε 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).

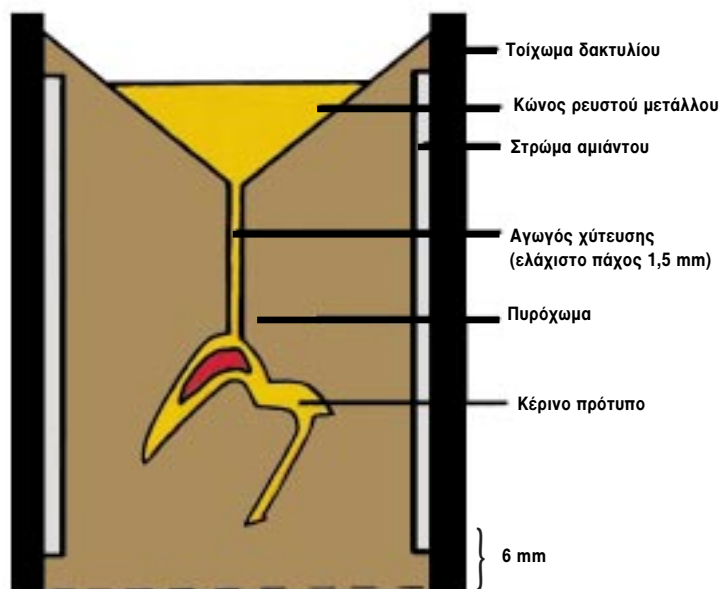
Για τα κράματα χρυσού με χαμηλό θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, χρησιμοποιούμε απλά πυροχώματα, ενώ γι' αυτά με μεγάλο θερμοκρασιακό διάστημα τήξης, φωσφορικού τύπου πυρόχωμα.

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

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

συνιστάται η χρήση πυρόχωμάτων πυριτικού τύπου και μερικών φωσφορικών πυρόχωμάτων, 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

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 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 κέρινα 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 κερί 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 κερί πολυαιθυλενίου
- Το κερί 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.

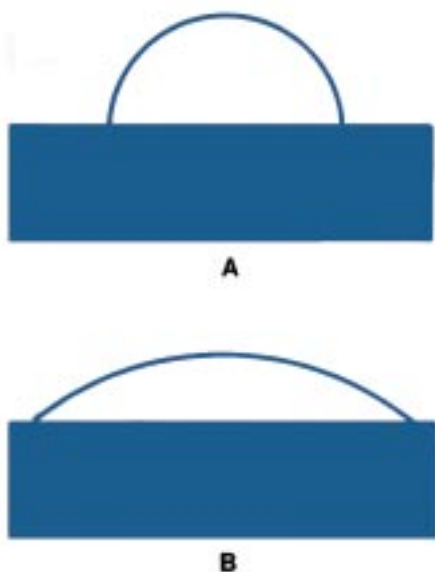
Στρέβλωση: Εκφράζει τη μόνιμη παραμόρφωση των κεριών κατά το χειρισμό τους. Κατά τη θέρμανση και την κατεργασία του κεριού εγκλωβίζονται τάσεις στη μάζα του. Οι εσωτερικές αυτές τάσεις απελευθερώνονται κατά την ψύξη του κεριού και μπορεί να οδηγήσουν στην παραμόρφωσή του. Στρέβλωση στα κεριά παρατηρείται 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 προπλασμάτων σε όσο το δυνατόν χαμηλότερη και πιο σταθερή θερμοκρασία
- με την αποφυγή βίαιων χειρισμών των κέρινων προπλασμάτων
- 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 (Α) πριν και (Β) μετά την επάλειψη με διάλυμα σαπουνιού

6.3.1 Τρόποι θέρμανσης των κεριών

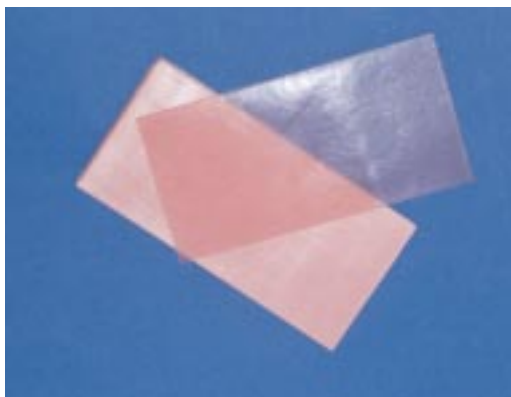
Πρέπει να αποφεύγεται η θέρμανση των κεριών πάνω από φλόγα. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, πρέπει να γίνεται σιγά-σιγά, ομοιόμορφα και με συνεχή περιστροφή του κεριού. Η καλύτερη μέθοδος για να μαλακώνει το κερί είναι είτε μέσα σε κλίβανο με ρυθμιζόμενη θερμοκρασία, είτε μέσα σε υδατόλουτρο επίσης με ρυθμιζόμενη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

6.4.3 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

6.4.4 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)

6.4.5 Συγκολλητικό κερί (sticky wax)

Έχει συγκολλητικές ικανότητες όταν είναι ρευστό. Σε στερεά κατάσταση είναι σκληρό και αρκετά εύθραυστο. Χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις στο εργαστήριο, όπως στη συγκόλληση των κέρινων υψών πά-



Εικ. 6.5. Συγκολλητικό κερί

νω 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)

6.4.6 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 εμπάπτισης (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 εμπάπτιση του γύψινου κινητού κολοβώματος μέσα στο υγρό κερί, δημιουργείται μια λεπτή επίστρωση κεριού στο κολοβώμα. 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

Τα οδοντοτεχνικά κεριά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διάφορων 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 δέξης, κερί εγκιβωτισμού, κερί κατασκευής καλύπτρας, κερί φρεζαδόρων και αποτυπωτικό κερί.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

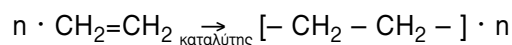
Πολλά από τα οδοντιατρικά υλικά είναι πολυμερή, όπως οι ακρυλικές ρητίνες, οι σύνθετες ρητίνες, κάποια ελαστικομερή αποτυπωτικά υλικά κ.α.

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 συμπύκνωσης

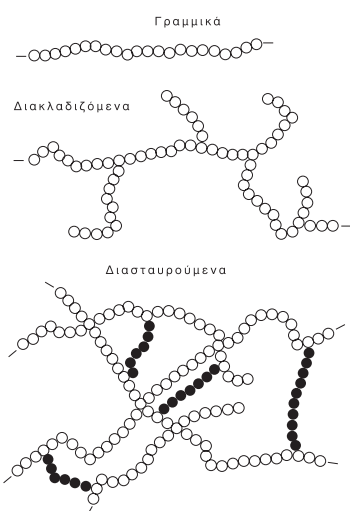
Στον πολυμερισμό συμπύκνωσης συνδέονται μεταξύ τους πολλά μόρια μονομερούς και σχηματίζεται ένα πολυμερές, που περιέχει μικρότερο αριθμό ατόμων από τον αριθμό των ατόμων των μορίων του μονομερούς που αντέδρασαν. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την αντίδραση παράγονται παραπροϊόντα, όπως νερό, αλκοόλη, αμμωνία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

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

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

7.1.4 Συμπολυμερισμός

Όταν κατά τον πολυμερισμό ενώνονται δύο ή περισσότερα διαφορετικά μονομερή, έχουμε το σχηματισμό ενός πολυμερούς, που περιέχει μονάδες



Εικ. 7.1. Γραμμικά, διακλαδιζόμενα και διασταυρούμενα συμπολυμερή

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 (δύσσομο, αντισθητικό χρώμα, πορώδες κ.α.) χρησιμοποιήθηκε στην οδοντιατρική για την κατασκευή των βάσεων των οδοντοστοιχιών μέχρι τις αρχές του Β' Παγκοσμίου πολέμου.

Το 1935 οι Rohn και Haas σε συνεργασία με την Vernon - Benshoff Co παρασκεύασαν την πρώτη συνθετική ρητίνη, η οποία ήταν παράγωγο του ακρυλικού οξέος. Το 1937 ο Kuslei 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 εύτηκτες 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.

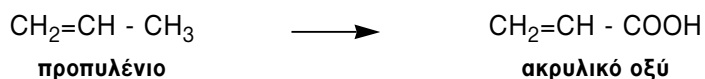
Να σημειωθεί ότι δεν έχει βρεθεί ακόμη μια τέτοια ρητίνη. Αυτός είναι ο λόγος που κυκλοφορούν πολλά είδη συνθετικών ρητινών στο εμπόριο.

7.2.4 Ακρυλικές ρητίνες

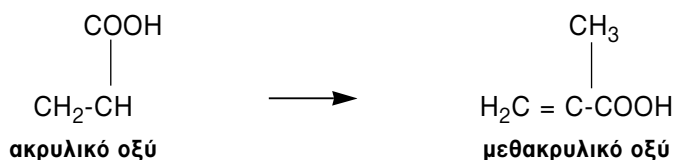
7.2.4.1 Γενικά περί ακρυλικών ρητινών

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 υπεροξείδιο 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 (υπεροξείδιο 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 υπεροξείδιο 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 (πολυ-

* Σημείο υαλώδους μετάπτωσης (rg) ονομάζεται η θερμοκρασία πάνω από την οποία το πολυμερές είναι μαλακό και εύκαμπτο, ενώ κάτω από αυτή σκληρό και εύθραυστο

μεθακρυλικό 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 ναρθήκων.

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 στεφανών VENEER - Γεφυρών VENEER και ολικών ακρυλικών στεφανών

7.3.2.1 Γενικά

Στις ρητίνες αυτές η ενεργοποίηση του παράγοντα έναρξης της αντίδρασης (υπεροξειδίο το 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 στεφανών και γεφυρών, ως υλικό αισθητικής επικάλυψης του μεταλλικού σκελετού. Επίσης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή στεφανών και γεφυρών εξολοκλήρου από ακρυλικό (μεταβατικές αποκαταστάσεις).

Οι τρόποι χρήσης είναι δύο:

A. Ο κλασσικός τρόπος είναι



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

αυτός που περιλαμβάνει την κατασκευή κέρινου ομοιώματος, την εγκλείστροση, την αποκήρωση 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 το 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 θρασμού

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 τη 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 γλυκιδικό 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 απότριβής. 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 δισκίο 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

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».

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

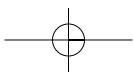
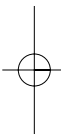
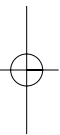
Ακόμη εκτός από τις συνθετικές ρητίνες χρησιμοποιούνται και σύνθετες ρητίνες

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 γλυκιδικό μεθακρύλιο της διφαινόλης –Α ή BISGMA.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι πολυμερισμός και τι πολυμερή;
2. Ποιός είναι ο μηχανισμός στον πολυμερισμό προσθήκης και συμπύκνωσης;
3. Τι είναι ο συμπολυμερισμός;
4. Πως ταξινομούνται οι συνθετικές ρητίνες;
5. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των συνθετικών ρητινών;
6. Ποιές είναι οι ιδιότητες του μεθακρυλικού μεθυλίου (μονομερούς και πολυμερούς);
7. Ποιά είναι τα είδη των ακρυλικών ρητινών;
8. Τι γνωρίζεται για τον πολυμερισμό των εν θερμώ ακρυλικών ρητινών και σε τι υπερτερούν αυτές από τις εν ψυχρώ ακρυλικές ρητίνες;
9. Ποιές 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 γνωρίζεται για τις φωτοπολυμεριζόμενες ρητίνες (σύσταση και χρήσεις);
13. Ποιά 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 υδροξείδια ή οξείδια. 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 μεταλλι-

κός χαρακτήρας 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 ελευ-

θέρων 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 κάποιο 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 προηγούμενη 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 - βηρυλλίου 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-μέταλλου, μέταλλου-επαμφοτερίζοντος στοιχείου και σε κράμα μετάλλου-αμετάλλου.

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 *αποτατική 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 βασιζόνταν 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:

Πίνακας 8.1		Κατάταξη χρυσοκραμάτων για χυτές εργασίες
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 χαμηλότερο σημείο τήξης, ούτως ώστε να μπορούν να λιώσουν με φλόγα υγραερίου και να χυτευθούν σε απλό

πυρόχρωμα (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 λειαίνονται 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 χυ-

τές 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 στιλβωθούν 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 πληρεί 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 οιοδήποτε 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**

	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΟΜΑΔΑ
ΚΡΑΜΑΤΑ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Χρυσού-Πλατίνας- Παλλαδίου Χρυσού-Παλλαδίου-Αργύρου Χρυσού-Παλλαδίου	Υψηλής % Αργύρου Χαμηλής % Αργύρου
	Παλλαδίου	Αργύρου Κοβαλτίου Χαλκού Αργύρου-Χρυσού
ΚΡΑΜΑΤΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Νικελίου-Χρωμίου Κοβαλτίου-Χρωμίου	με Βηρύλλιο χωρίς Βηρύλλιο
	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 ιδιότητές 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 σύγκλειση 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

χρυσοκράματων μας δείχνει ότι σε γενικές γραμμές τα κράματα των βασικών μετάλλων έχουν μέτρο ελαστικότητας σχεδόν διπλάσιο από τα χρυσοκράματα. 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 κύριο 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 γέφυρα 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 πλησιάζουν τη σκληρότητα των ευγενών μετάλλων, η πλειονότητά τους είναι σαφώς σκληρότερη. Λόγω αυτής της σχετικής υψηλής σκληρότητας, το κόψιμο 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 πολύ προσοχή στη διαμόρφωση της σύγκλεισης σε μεταλλικές μασητικές επιφάνειες. Επίσης η αφαίρεση μη ικανοποιητικών παλαιών αποκαταστάσεων από το στόμα είναι πιο δύσκολη για τα βασικά κράματα από ό,τι με τα κράματα ευγενών μετάλλων μια και η αυξημένη σκληρότητα 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 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 προβλέψιμο 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 πορσελάνων 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 κυμαίνεται μεταξύ $13,5$ και $15,5 \times 10 \text{ in/in}^\circ\text{C}$. Για ένα σταθερό με-

ταλλοκεραμικό 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

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

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

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

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

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 κραμάτων 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. Κράματα 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 παλαδίου.

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.

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

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

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

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

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

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

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, ρουθίνιο και / ή βολφράμιο
Κοβάλτιο:	53% - 68%	
Χρώμιο:	25% - 34%	
Πλεονεκτήματα		Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> • Δεν περιέχουν νικέλιο • Δεν περιέχουν βηρύλλιο • Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας • Έχουν χαμηλή πυκνότητα • Χαμηλό κόστος 		<ul style="list-style-type: none"> • Πιο δύσκολη κατεργασία από τα κράματα νικελίου • Υψηλή σκληρότητα • Οξειδώνονται πιο πολύ από τα κράματα νικελίου • Δεν υπάρχουν πληροφορίες από μακροχρόνιες κλινικές έρευνες

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 ρουθίνιο και αυτά που δεν περιέχουν ρουθίνιο. 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 δημοφιλή, 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 οστεοενσωματούμενων 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 φθινό 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 εξόρυξης του εύκολη, οικολογική και οικονομική, με συνέπεια να αποτελεί το στόχο στην παγκόσμια έρευνα, έτσι ώστε να παραδοθεί στις επόμενες γενιές σαν ένα άριστο, φθινό 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/m² σε 500MN/m². 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 σκε-



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)

λετοί των μερικών 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 μολυβδένιο, 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 Nobileum) 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 ιδιότητές του και το κράμα καθίσταται τόσο ψαθυρό, 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 ψαθυρό που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οδοντιατρικές εργασίες. Σε αντίθεση, μια μείωση της τάξεως του 0,2% μειώνει τις τιμές

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

Η παρουσία μολυβδένιου (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 αγκίστρο 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 ελεύθερου άκρου, η χρήση συνδυασμένων αγκίστρων με συγκρατητικό βραχίονα από χρυσό.

Πίνακας 8.4		Μηχανικές ιδιότητες κραμάτων για σκελετούς μερικών οδοντοστοιχιών			
	Όριο διαρροής Mpa	Αντοχή στον εφελκυσμό Mpa	Γραμμική Επιμήκυνση %	Μέτρο ελαστικότητας Gpa	Σκληρότητα Vickers Kg/mm ²
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 με-

γάλης 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 πυροχρώματα φωσφορικού ή πυριτικού 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 (κόλλησης) 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 ή 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 συγκολληθεί, 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 συγκολλήσει 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 οξείδια 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 οξείδια 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 κόλλη-

σης, 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 ελαιώρημα 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 μεταλλο-κεραμικών 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

Τα 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 χωρίς Βηρύλλιο
	Κοβαλτίου-Χρωμίου	
	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 περισσότερων τμημάτων μιας μεταλλοκεραμικής γέφυρας μπορεί χρειαστεί να γίνει πριν ή μετά την όπτηση της πορσελάνης. Έτσι διακρίνουμε τη

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

(συνέχεια)

συγκόλληση πριν από την όπτηση (pre-soldering) και την συγκόλληση μετά από την όπτηση (post-soldering).

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 αποτατική ανόπτηση;
13. Τι ονομάζεται μικροδιαφορισμός;
14. Ποια η κατάταξη 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. Που 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 ;