



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Πτυχιακή/ Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

**Μέθοδοι κατασκευής μεταλλικού σκελετού για μεταλλοκεραμικές
αποκαταστάσεις**

Συγγραφέας

Μουστάκη Μαρούλα

ΑΜ: 18678158

Επιβλέπων:

Κωνσταντίνος Καρούζος

Λέκτορας Εφαρμογών

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF HEALTH AND
CARE SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES**

Diploma Thesis

Title

Methods of construction of the metal frame of metal-ceramic restoration

Moustaki Maroula

Registration Number: 18678158

Supervisor name and surname:

Konstantinos Karouzos Lecturer

Athens, October 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τίτλος εργασίας:

Μέθοδοι κατασκευής μεταλλικού σκελετού για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΘΕΟΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΒΕΡΓΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΟΥΖΟΣ	ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μουστάκη Μαρούλα του Εμμανουήλ, με αριθμό μητρώου 18678158 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή*

Η Δηλούσα
Μαρούλα

Κωνσταντίνος Καρούζος
Λέκτορας Εφαρμογών

(Υπογραφή)

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

** Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):*

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή.....	7
Ιστορική αναδρομή.....	9
Γενικό μέρος.....	15
1 ^ο Κεφάλαιο: Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη μεταλλοκεραμική.....	15
1.1 Οδοντιατρική πορσελάνη.....	15
1.1.1 Σύνθεση του υλικού.....	15
1.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οδοντιατρικής πορσελάνης.....	22
1.2 Κατηγορίες ταξινόμησης οδοντιατρικής πορσελάνης.....	23
1.2.1 Όπτηση πορσελάνης.....	24
1.2.2 Συμπύκνωση πορσελάνης.....	25
1.3 Κύκλος όπτησης στο υλικό της πορσελάνης.....	27
1.4 Τύποι οδοντιατρικής πορσελάνης.....	29
1.4.1 Τύπος αδιαφάνειας.....	29
1.4.2 Τύπος οδοντίνης.....	30
1.4.3 Τύπος κοπτικής-αδαμαντίνης.....	30
1.5 Φυσικομηχανικές ιδιότητες οδοντιατρικής πορσελάνης.....	31
1.6 Οπτικές ιδιότητες οδοντιατρικής πορσελάνης.....	31
2 ^ο Κεφάλαιο: Κράματα μεταλλοκεραμικής.....	33
2.1 Γενικά στοιχεία.....	33
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των κραμάτων μεταλλοκεραμικής.....	34
2.3 Είδη κραμάτων.....	35
3 ^ο Κεφάλαιο: Μεταλλοκεραμικές Αποκαταστάσεις.....	37
3.1 Δομή μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης.....	37
3.2 Δομή μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης με αυχενικό κεραμικό όριο.....	37
3.3 Μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις με κυκλικό κεραμικό όριο.....	38
3.4. Ολοκεραμικές και μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις.....	38
3.4.1 Κλινική Επιτυχία της Μεταλλοκεραμικής Αποκατάστασης.....	39
3.4.2 Η φύση των κεραμικών αποκαταστάσεων των δοντιών.....	39
3.4.3 Θερμική συμβατότητα.....	40
3.5 Σύνδεση κεραμικού και μετάλλου.....	40
3.6 Ταξινόμηση οδοντιατρικών κεραμικών.....	42
3.7 Ταξινόμηση κεραμικών υλών.....	42
3.8 Αντοχή και κίνδυνος θραύσης κεραμικών.....	44
3.9 Διαδικασίες Ενίσχυσης Κεραμικών.....	45
3.9.1 Πίεση που προκαλείται από υπολειμματικές συμπιεστικές τάσεις.....	45

Ειδικό μέρος: Μέθοδοι κατασκευής του μεταλλικού σκελετού.....	46
1 ^ο Κεφάλαιο: Μέθοδος χαμένου κεριού.....	46
1.1 Κέρωμα.....	46
1.1.1 Κέρωμα για οδοντικές στεφάνες μεταλλικού σκελετού.....	47
1.1.2 Πορσελάνη συντηγμένη σε μεταλλικές στεφάνες.....	47
1.1.3 Μεταλλικές-ακρυλικές ή σύνθετες στεφάνες.....	47
1.1.4 Κέρωμα για μεταλλικό σκελετό.....	48
1.1.5 Πορσελάνη λιωμένη σε μέταλλο.....	48
1.1.6 Μεταλλικές σύνθετες, μεταλλικές ακρυλικές και πλήρεις μεταλλικές γέφυρες.....	48
1.1.7 Στερέωση αγωγών χύτευσης.....	48
1.1.8 Ενίσχυση ή επένδυση.....	48
1.1.9 Τεχνική.....	49
1.1.10 Χύτευση.....	49
1.1.11 Κατεργασία μεταλλικού σκελετού.....	50
1.2 Μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο χαμένου κεριού.....	51
1.3 Ελαττώματα στην μεθοδο χαμένου κεριού.....	53
2 ^ο Κεφάλαιο: Ψηφιακά συστήματα (CAD/CAM-systems).....	54
2.1 CAD-κατασκευή αποκαταστάσεων (3D-επεξεργασία εικόνας).....	55
2.2 Αφαιρετική μέθοδος.....	56
2.2.1 Μειονεκτήματα.....	56
2.3 Προσθετική μέθοδος.....	57
2.3.1 Πλεονεκτήματα.....	57
2.3.2 Μειονεκτήματα.....	57
3 ^ο Κεφάλαιο: Γαλβανισμός.....	58
3.1 Γαλβανισμός - Γαλβανοδιαμόρφωση.....	64
3.2 Στερεοποίηση της πρόθεσης στη γαλβανοειδή βάση.....	65
Συζήτηση.....	67
Συμπεράσματα.....	70
Περίληψη.....	71
Abstract.....	72
Βιβλιογραφία.....	73

Εισαγωγή

Το στοματογναθικό σύστημα είναι πάρα πολύ σημαντικό για την διατήρηση της γενικότερης υγείας ενός ανθρώπου από ψυχολογική αλλά και λειτουργική άποψη. Το σύστημα αυτό μας βοηθάει στην ομιλία, στη μάσηση αλλά και στην αισθητική. Η ανάγκη για την αποκατάσταση αλλά και διατήρηση ενός υγιούς συστήματος οδήγησε στην ανάπτυξη προσθετικών εργασιών. Βασικότερη ακίνητη προσθετική εργασία είναι η μεταλλοκεραμική, η δημιουργία δηλαδή μιας σταθερής στο στόμα εργασίας που αποτελείται από ένα μεταλλικό σκελετό και επικάλυψη αυτού με κεραμικά υλικά. Τα κεραμικά υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως για αισθητικούς λόγους αφού το μέταλλο δεν εναρμονίζεται χρωματικά με τα φυσικά δόντια και είναι εμφανές. Για τη διαδικασία κατασκευής μεταλλικού σκελετού για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις χρησιμοποιείται η κλασική μέθοδος με τη δημιουργία κέρινου(ή άλλου εύπλαστου υλικού) προπλάσματος και στη συνέχεια χύτευση αυτού με κράματα μετάλλου και επεξεργασία του μεταλλικού σκελετού, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και η κατασκευή σκελετού μεταλλικού ή και κεραμικού με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας και της μεθόδου CAD-CAM. Παρά το γεγονός ότι με το πέρασμα των χρόνων αναπτύσσονται και άλλοι τύποι ακίνητων προσθετικών εργασιών, η μεταλλοκεραμική εργασία συνεχίζει να επιλέγεται από τους περισσότερους οδοντιάτρους.^{1,2}

Η διαδικασία συνεχούς αναζήτησης για οδοντιατρικά υλικά που θα μιμούνται την εμφάνιση και τις ιδιότητες των φυσικών δοντιών είχε ως αποτέλεσμα να εισαχθούν τα ολοκεραμικά στον τομέα της ακίνητης προσθετικής. Στόχος της εισαγωγής των ολοκεραμικών συστημάτων, τα οποία αποτελούν συστήματα απαρτιζόμενα ολοκληρωτικά από κεραμικά υλικά, στον τομέα της οδοντοπροσθετικής, ήταν να καλυφθούν σε σημαντικό επίπεδο οι αισθητικές απαιτήσεις. Εξίσου βασικό είναι να αναφερθεί ότι πρόκειται για υλικά τα οποία έχουν τύχει ευρείας αποδοχής μέχρι και σήμερα, καθώς έχουν μεγάλη αντοχή, η επίτευξη της οποίας γίνεται είτε μέσω κεραμικών οξειδίων είτε μέσω χυτεύσιμου κεραμικού γυαλιού.^{1,3}

Πιο αναλυτικά, επιδίωξη της εμφάνισης των νεότερων ολοκεραμικών συστημάτων ήταν η αντιμετώπιση αφενός, των αισθητικών προβλημάτων σε

σχέση με τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, κυρίως σε ό,τι αφορά στην πρόσθια περιοχή του οδοντικού φραγμού και των προβλημάτων στην αντοχή σε σύγκριση με τις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα και έκαναν χρήση κυρίως κεραμικών σύνθετων υλικών, στα οποία εμπεριέχονταν μεγάλος αριθμός ενισχυτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων, με τα τελευταία να συμβάλλουν στην ρύθμιση των φυσικών ιδιοτήτων τους.⁴

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία θα μελετηθούν και θα περιγραφούν οι μέθοδοι κατασκευής του μεταλλικού σκελετού της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης. Στο γενικό μέρος θα παρουσιαστούν οι αρχές σχεδίασης του μεταλλικού σκελετού και οι απαιτήσεις για την υποστήριξη των κεραμικών μαζών. Στο ειδικό μέρος θα αναλυθούν οι μέθοδοι κατασκευής μεταλλικού σκελετού για μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, τα στάδια κατασκευής, τα κράματα των μετάλλων που χρησιμοποιούνται, ο τρόπος σύνδεσης του μετάλλου με την πορσελάνη, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που έχει ένας μεταλλικός σκελετός, η βιοσυμβατότητα με τους οδοντικούς ιστούς, η αντοχή του στη διάβρωση και τις πιέσεις, η λειτουργικότητα και τέλος θα συγκριθούν οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στην κάθε μέθοδο αλλά και με τους κεραμικούς σκελετούς.

Ιστορική αναδρομή

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι έκαναν προσπάθειες να αποκαταστήσουν τον οδοντικό φραγμό τους και αυτό φαίνεται από πολλοστά ευρήματα που υπάρχουν. Βάση αυτών φαίνεται πως το πρώτο είδος προσθετικής εργασίας δημιουργήθηκε το 2.500 π.Χ. στην Γκίζα, το οποίο συνέδεε τον πρώτο και τον τρίτο γομφίο με χρυσό νήμα. Αρκετά αργότερα, κοντά στο 700 π.Χ., στην νεκρόπολη της αρχαίας Σιδώνας έχει βρεθεί από τον Gaillardot, παρόμοια προσθετική εργασία για τη σύνδεση των έξι προσθίων δοντιών της κάτω γνάθου. Προχωρώντας στην ιστορία, οι Ετρούσκοι το 600-400 π.Χ. εξέλιξαν ακόμα περισσότερο τη σύνδεση με χρυσό νήμα αφού δημιούργησαν δακτυλίους χρυσού ελάσματος, συνδεδεμένους με χρυσοκόλληση για την στήριξη των απολεσθέντων δοντιών. Ανατολικότερα της Ιταλίας, στην Ελλάδα, βρέθηκε σε τάφο την Εύβοιας από τον 4^ο αιώνα π. Χ., προσθετική εργασία αποτελούμενη επίσης από χρυσό σύρμα, αυτή τη φορά για την περίδεση τεσσάρων δοντιών. Ο Ιπποκράτης (460 π. Χ.) όπως και ο Αριστοτέλης (380 π.Χ.) έχουν μιλήσει επίσης για αυτή την προσθετική εργασία.^{1,5}

Η εξέλιξη των εργασιών είχε μείνει στάσιμη μέχρι και των μεσαίων αιώνα όπου ο άραβας γιατρός Abulkassim (936-1013) εισάγει την περίδεση και αντικατάσταση των δοντιών από οστά ζώων.⁵ Επίσημως, τα κεραμικά υλικά στον τομέα της οδοντιατρικής επιστήμης ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται από τον 18^ο αιώνα και έπειτα, όταν ο Duchateau, φαρμακοποιός στο επάγγελμα, ξεκίνησε την κατασκευή οδοντικών προσθέσεων, χρησιμοποιώντας υλικά, τα οποία μεν, δεν επιβεβαιώνονται, όμως ομοιάζουν στην σημερινή πορσελάνη. Στη συνέχεια, ο deChemant, Γάλλος οδοντίατρος, προχώρησε στην τροποποίηση της σύνθεσης της οδοντιατρικής πάστας που χρησιμοποιείτο μέχρι τότε, χρησιμοποιώντας πορσελάνη, στην οποία απέδωσε πιο χρήσιμα οδοντικά προσθετικά αποτελέσματα. Τον συνδυασμό κεραμικού και μεταλλικού υλικού για οδοντικές αποκαταστάσεις φέρνει ο Ιταλός Giuseppangelo Fonzi (1768-1840), ο οποίος κατασκεύασε μεμονωμένα δόντια από πορσελάνη, με ενσωματωμένο μεταλλικό ήλο. Η τεχνική του μεταφέρθηκε στην Αμερική από τους Antoine Planton και Samuel Stockton όπου τέθηκε σε εφαρμογή μαζική παραγωγή της. Ο Land, το

1889, προχώρησε στην κατοχύρωση της στεφάνης «jacket», η κατασκευή της οποίας ήταν αποκλειστικά πορσελάνινη, μέσω διπλώματος ευρεσιτεχνίας. Παρά το γεγονός ότι οι προγενέστεροι του Land είχαν συμβάλει σημαντικά στις οδοντικές προσθέσεις, αυτές του τελευταίου θεωρούνται ως οι πρώτες εφαρμογές της οδοντιατρικής πορσελάνης στον τομέα της ακίνητης προσθετικής. Η εισαγωγή του νέου αυτού τύπου κεραμικής στεφάνης εντοπίζεται στο 1900, ενώ πρόκειται για μια διαδικασία αναδόμησης του απολεσθέντος δοντιού, κάνοντας χρήση ενός πορσελάνινου περιβλήματος ή αλλιώς ενός «jacket» κατά την ονομασία που έδωσε ο ίδιος ο δημιουργός του.¹

Εκτενέστερη χρήση της αποκατάστασης έγινε, κατόπιν βελτιώσεων που πραγματοποίησε ο Spraulding και δημοσιοποιήσεων στις οποίες προχώρησε ο Caron. Παρά το γεγονός ότι δεν είχαν γίνει πολλά πράγματα γνωστά ως προς τα επίπεδα αντοχής της, κυρίως επειδή αναπτύσσονταν εσωτερικές μικρές ρωγμές, έγινε εκτενής χρήση της εν λόγω πορσελάνινης στεφάνης μέχρι και το 1950.⁶ Η σύνδεση με όπτηση ενός κεραμικού υλικού με μεταλλικό σκελετό έγινε το 1956 από τους ερευνητές Silver, Klein και Howard και ήταν ο σταθμός για τη μεταλλοκεραμική όπως την γνωρίζουμε σήμερα.

Από την στιγμή που εμφανίστηκαν ως και τις μέρες μας, η πορεία των ολοκεραμικών συστημάτων υπήρξε εξελικτική, επιδιώκοντας να βελτιωθούν οι ιδιότητές τους και να διευρυνθεί το φάσμα εφαρμογής τους.⁷ Για παράδειγμα, το 1965, παρατηρήθηκε μια νέα απόπειρα κατασκευής μιας επιτυχούς ολοκεραμικής αποκατάστασης, με τους McLean & Hughes να εφευρίσκουν μια πορσελάνη με προσμίξεις αλουμινίου, σε ποσοστό συγκέντρωσης πλέον του 50%. Ειδικότερα, αυτή η νέα απόπειρα αποτελούσε, ουσιαστικά, μια καινούργια έκδοση της στεφάνης jacket, αποτελούμενη από έναν εσωτερικό πυρήνα, ο οποίος εμπεριείχε 40% πορσελάνη και 50% κρυστάλλους αλουμινίου. Παρά το γεγονός ότι η αντοχή της νέας αυτής κατασκευής ήταν σαφώς μεγαλύτερη των όσων είχαν καταγραφεί έως τότε, ήταν δυνατή η χρήση της μόνο στην πρόσθια περιοχή, επειδή η αντοχή της ήταν χαμηλότερη. Εξίσου σημαντικό μειονέκτημα ήταν και αυτό της υψηλότερης αδιαφάνειας που είχε η συγκεκριμένη κατασκευή.⁸

Το 1950, η Corning Glass Works προχώρησε σε μια νέα εξέλιξη, δημιουργώντας το χυτεύσιμο σύστημα κεραμικών Dicor (Corning Glass, USA). Πιο συγκεκριμένα, υπήρξε ενίσχυση του γυαλιού μέσω διαφόρων μορφών κρυστάλλων μαρμαρυγίας. Στο πλαίσιο της διαδικασίας, χρησιμοποιήθηκε η

τεχνική αντικατάστασης του κεριού, μέσα από την οποία προέκυπτε μια αποκατάσταση από χυτό γυαλί και η οποία, ακολούθως, υποβαλλόταν σε μια διαδικασία θερμικής επεξεργασίας, την κεραμοποίηση. Στην κεραμοποίηση ως διαδικασία πραγματοποιούνταν μια ελεγχόμενη κρυστάλλωση του γυαλιού, αποτέλεσμα της οποίας ήταν να σχηματιστούν και να κατανεμηθούν ομοιόμορφα οι μικροκρύσταλλοι εντός της αρχικής υαλώδους μήτρας. Ο τύπος που θα είχε ο σχηματισμός των κρυστάλλων ήταν άμεσα εξαρτώμενος της αστριούχας σύνθεσης που είχε χρησιμοποιηθεί. Μέσω του σχηματισμού του κρυστάλλου μπορούσε να επιτευχθεί αύξηση της αντοχής και της σκληρότητας που είχε το υαλοκεραμικό. Ειδικά στο υλικό Dicor, τα στοιχεία του ρυθμού ανάπτυξης, της ποσότητας και του μεγέθους των πυριτικών κρυστάλλων fluoro mica ελέγχονταν από τις μεταβλητές της θερμοκρασίας και του χρόνου. Ο χρωματισμός της μονοχρωματικής στεφάνης που προέκυπτε γινόταν εφαρμόζοντας ένα επιφανειακό στρώμα από χρωματισμούς. Οι δυσκολίες που υπήρξαν στην επεξεργασία αυτού συστήματος, όπως και η υψηλή συχνότητα θραύσης του αποτελούσαν παράγοντες που είχαν ως αποτέλεσμα να εγκαταλειφθεί.⁹

Πρώτη προσθήκη του λευκίτη έγινε εντός αστριούχων κεραμικών, επιδιώκοντας να αυξηθεί ο συντελεστής θερμικής διαστολής, με σκοπό την συμβατότητά του με τα κράματα τα οποία επικάλυπτε. Επιπρόσθετα, οι φάσεις που έχει ο κρυσταλλικός λευκίτης παρείχαν σημαντική βοήθεια στο να επιβραδυνθεί η διάδοση που είχαν οι ρωγμές εντός του κεραμικού υλικού. Η εισαγωγή κεραμικών που έχουν υψηλά ποσοστά περιεκτικότητας σε λευκίτη τύπου Empress (IVOCLAR, Vivadent, Liechtenstein) και Optimal Pressable Ceramic (OPC) εντοπίζεται περί το τέλος της δεκαετίας του 1980 και αποτέλεσαν τα πρώτα κεραμικά υλικά, τα οποία ήταν θερμοσυμπιεζόμενα. Παρά το γεγονός ότι τα αρχικά βήματα της κατασκευής των Empress και Optimal Pressable Ceramic (OPC) ήταν παρεμφερή αυτών των Dicor και Cerestore, στα οποία η αρχική διαμόρφωση της αποκατάστασης γινόταν με κεριό, ένα θερμασμένο κεραμικό μπλοκ που είχε ενισχυθεί με λευκίτη πιεζόταν στη μήτρα κάνοντας χρήση ενός ειδικά σχεδιασμένου κλίβανου θερμοσυμπίεσης, ενώ η κατασκευή της στεφάνης Dicor γινόταν χρησιμοποιώντας φυγοκεντρική συσκευή χύτευσης.⁹

Η διαδικασία που αναφέρεται παραπάνω με την οποία θερμοσυμπιέζονταν τα κεραμικά μπλοκ κατέστη ιδιαίτερα δημοφιλής αφενός, επειδή ήταν εύκολη η χρήση της εντός του εργαστηρίου και αφετέρου, επειδή προσέφερε βελτιωμένη

αισθητική. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι το ενισχυμένο με λευκίτη θερμοσυμπιεζόμενο Empress είχε αυξημένη αντοχή, εξακολουθούσε η παρατήρηση θραύσεων σε αποκαταστάσεις που βρίσκονταν στην οπίσθια περιοχή.⁹ Από την άλλη, η εφαρμοσιμότητα που είχαν οι στεφάνες Dicor σε περιοχές του φραγμού στις οποίες οι δεχόμενες τάσεις ήταν ιδιαίτερα υψηλές και η αδυναμία που υπήρχε στον χρωματισμό της αποκατάστασης στο εσωτερικό αποτέλεσαν τα κυριότερα μειονεκτήματα που τις χαρακτήρισαν.¹⁰

Για το σκοπό αυτό, η Vita (Essen, Germany) προχώρησε στην ανάπτυξη ενός συστήματος με κεραμικό πυρήνα μέσω διήθησης γυαλιού κάνοντας εφαρμογή της τεχνικής slip-casting με αποτέλεσμα να επιτύχει 85% κατ' όγκο πυροσυσσωματωμένο αλουμίνιο στο σύστημα In-Ceram (Vita) και αντοχή σε κάμψη 352 MPa. Στη συνέχεια, έγινε αντικατάσταση της πυροσυσσωματωμένης αλουμίνας με σπινέλιο του μαγνησίου, ώστε να αυξηθεί η διαφάνεια και η αισθητική. Παράλληλα, έγινε ελαφριά μείωση της αντοχής στην κάμψη, με αποτέλεσμα να υπάρξει μια αποκατάσταση που θα είναι καταλληλότερη για πρόσθιες περιοχές. Μεταγενέστερα, πραγματοποιήθηκε και άλλος αριθμός βελτιώσεων, με ανάμειξη αλουμινίου και κρυστάλλων οξειδίου του ζirkονίου, γεγονός που οδήγησε στο να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η αντοχή σε κάμψη, με σκοπό να επεκταθούν οι εφαρμογές σε γέφυρες και οπίσθιες στεφάνες.⁹

Πρώτη χρήση της ζirkονίας παρατηρείται το 1989 σε άξονες που ήταν ενδοριζικοί. Αργότερα, το 1995 έγινε χρήση της σε περιπτώσεις διαβλεννογόνιου εμφυτευματικού στηρίγματος, ενώ το 1998 σε περιπτώσεις ακίνητων αποκαταστάσεων και πια και εμφυτευμάτων. Πλην της μεγάλης αντοχής ως προς την θραύση, η ζirkονία εμφανίζει και μεγάλα επίπεδα βιοσυμβατότητας με τους σκληρούς και τους μαλακούς ιστούς, γεγονός που την καθιστά ως επιλέξιμο υλικό και σε αποκαταστάσεις, προτεραιότητα των οποίων είναι η αισθητική.¹¹ Οι πρώτες απόπειρες που έγιναν για να παραχθούν κεραμικές αποκαταστάσεις χρησιμοποιώντας την μηχανοποιημένη σχεδίαση – κατασκευή (CAD – CAM) εντοπίζονται με την εισαγωγή του CEREC περί το 1985. Το τελευταίο αποτέλεσε μια συσκευή για τον σχεδιασμό και την κοπή των οδοντιατρικών κεραμικών. Το 1987 υπάρχουν αναφορές για τις πρώτες κλινικές δοκιμές του CEREC, ενώ το 1991 εμφανίζεται το πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα CAD–CAM. Περίπου το 1990, η Nobel Biocare (Zürich, Switzerland) προχώρησε στην εισαγωγή του πυρήνα Procera AllCeram, μέσω του οποίου κατέστη εφικτή η κατασκευή

αποκαταστάσεων με μηχανοποιημένη σχεδίαση και κοπή (CAD – CAM). Σύνθεση αυτού του πυρήνα ήταν αλουμίνα σε ποσοστό 99,9%, η οποία εμπεριείχε και επίστρωμα αστριούχου κεραμικού. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία CAD – CAM δημιουργήθηκε μια νέα γενιά από κεραμικές υποδομές, οι οποίες αποτελούνταν από το στοιχείο του διοξειδίου του ζirkονίου. Ένας σημαντικός αριθμός κατασκευαστών, όπως για παράδειγμα, οι Lava της 3M ESPE, Seefeld, Germany, Procera Forte της Nobel Biocare, Zürich, Switzerland και Cercon της DENTSPLY, North Carolina, United States, προχώρησαν στην εισαγωγή ενός σκελετού από στεφάνες και γέφυρες, οι οποίες ήταν εκτροχισμένες από προκατασκευασμένα μπλοκ από διοξείδιο του ζirkονίου και τα οποία είχαν σταθεροποιηθεί με το στοιχείο του υτρίου.¹²

Ακολούθησε πυροσυσσωμάτωση των υπερμεγεθών πυρήνων για χρονικό διάστημα 11 ωρών σε θερμοκρασία 1500°C με αποτέλεσμα να παρέχουν ικανοποιητικά επίπεδα εφαρμογής με αντοχή στην κάμψη από 900 – 1300 MPa. Άλλοι κατασκευαστές, όπως οι Everest, KaVo της JD dental, Minnesota, United States, DC-Zirkon της ZublerSA, Tosoh, Japan, Precident της DCS Dental AG, Allschwil, Switzerland, προέβησαν στην χρήση πλήρως πυροσυσσωματωμένων μπλοκ από διοξείδιο του ζirkονίου, ενώ είχαν προηγουμένως αφαιρέσει τον παράγοντα της συστολής. Αυτά τα μπλοκ χαρακτηρίζονται από ανώτερα ποσοστά οριακής εφαρμογής. Και από τις δυο μεθόδους κατασκευής που προαναφέρθηκαν παρέχεται ένας σκελετός που έχει ικανοποιητικά επίπεδα αντοχής στην κάμψη, με αποτέλεσμα να επιτρέπει την χρήση τους σε αποκαταστάσεις οπίσθιων γεφυρών πολλαπλών τεμαχίων.¹²

Το 1998, έγινε παρουσίαση του IPS Empress II από την Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein), ως κεραμικό διπυριτικό λίθιο. Το τελευταίο χρησιμοποιήθηκε ως σκελετός σε μονήρεις στεφάνες και γέφυρες πολλαπλών τεμαχίων, με ένδειξη εφαρμογής τους στις πρόσθιες περιοχές. Το 2006 έγινε μετεξέλιξη του IPS Empress II σε IPS e.maxPress (υαλοκεραμικό διπυριτικού λιθίου σε μορφή θερμοσυμπιεζόμενου κυλίνδρου) και στη συνέχεια σε IPS e.max CAD (μερικώς κρυσταλλοποιημένο υαλοκεραμικό μεταπυριτικού λιθίου σε μορφή μπλοκ εκτροχισμού). Έχει διαπιστωθεί ότι τα επίπεδα αντοχής του υλικού στην κάμψη είναι υψηλότερα σε ποσοστό 170% της πλειοψηφίας των κεραμικών ενισχυμένων με λευκίτη που χρησιμοποιούνται επί του παρόντος. Είναι δυνατό το κέρωμα του κεραμικού υλικού και ακολούθως, η θερμοσυμπίεσή του μέχρι το

πλήρες περίγραμμα ή, διαφορετικά, είναι δυνατός ο εκτροχιασμός του. Επίσης, είναι εφικτός ο επιφανειακός χρωματισμός του ή η επικάλυψή του με στρώση ειδικά σχεδιασμένου κεραμικού φθοριαπατίτη.¹²

Από τα όσα έχουν μέχρι τώρα αναφερθεί, διαπιστώνεται ότι η εισαγωγή όλο και περισσότερων και πλέον βελτιωμένων κεραμικών συστημάτων καθιστά επιτακτική την ανάγκη να αναγνωστούν τα ειδικά χαρακτηριστικά τους όπως και οι προδιαγραφές τους, με σκοπό την επίτευξη της επιτυχούς κλινικής απόδοσής τους στο περιβάλλον του στόματος. Βέβαια, τα μεγαλύτερα επίπεδα εξέλιξης είναι σχετικά με την εύρεση νέων μικροδομών και την εξέλιξη των μεθόδων CAD – CAM.

Γενικό μέρος

1^ο Κεφάλαιο: Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην μεταλλοκεραμική

1.1 Οδοντιατρική πορσελάνη

1.1.1. Σύνθεση του υλικού

Τα συστατικά τα οποία συνθέτουν την οδοντιατρική πορσελάνη εμφανίζουν διαφοροποίηση εκείνων που εντοπίζονται και στην βιομηχανική πορσελάνη. Το μόνο, ίσως, σημείο διαφοροποίησης έγκειται στα διάφορα συστατικά, στην καθαρότητα των πρωτογενών ορυκτών και στην θερμική κατεργασία που λαμβάνει χώρα κατά την παρασκευή. Επίσης, τα ποσοστά του αστρίου και του καολίνη εμφανίζουν διαφοροποίηση ανάμεσα στην οδοντιατρική και την βιομηχανική πορσελάνη. Στην περίπτωση της κατασκευής της οδοντιατρικής πορσελάνης, κύριος στόχος είναι να παραχθεί ένα προϊόν, το οποίο θα έχει την δυνατότητα ανταπόκρισης σε ένα πλήθος απαιτήσεων και προκλήσεων, οι οποίες προκύπτουν λόγω της χρήσης της εντός της στοματικής κοιλότητας του ατόμου.¹³

Σε ότι αφορά στον τομέα κατασκευής της κεραμικής χαρακτηριστικό είναι ότι το νερό, βοηθούμενο βέβαια και από άλλα βελτιωτικά, μπορεί να διαδραματίσει άκρως σημαντικό ρόλο. Το νερό μπορεί να οδηγήσει τα διαφορετικά κεραμικά υλικά, όπως αυτό της πορσελάνης, στο να καταστούν πιο δυνατά και πιο συμπαγή. Συγκεκριμένα, μάλιστα, οι ρόλοι του νερού είναι οι παρακάτω:

- Συμβάλλει στην ελάττωση του συντελεστή τριβής μεταξύ των διαφόρων συστατικών και ταυτόχρονα, επιτρέπει την εισχώρησή τους στα διάκενα που δημιουργούνται από τα πλέον μεγαλύτερα από αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της επιφανειακής τάσης του νερού.
- Το δίπολο του νερού δεν έλκεται από τα συστατικά των κεραμικών υλικών σαν να είναι ένα απλό υγρό. Αντίθετα, το νερό εμφανίζει τάση αντίδρασης με τα εν λόγω χημικά, λόγω της ύπαρξης ιοντικών ενώσεων.
- Στα συγκεκριμένα υλικά παρατηρείται η ικανότητα να έρχονται εγγύτερα από την στιγμή ενυδάτωσής τους, ενώ οι σκόνες αυτές, μέσω της πύρωσης, εμφανίζουν χημική αντίδραση μεταξύ τους.
- Μέσω των έλξεων που υφίστανται ανάμεσα στις διάφορες πρώτες ύλες και με την αρωγή πάντα του νερού, γίνεται πλάση του πολτού και ταυτόχρονα,

οδηγείται στην απόκτηση των επιθυμητών σχημάτων. Το στοιχείο αυτό δεν μπορεί να υπάρξει σε περιπτώσεις στεγνής σκόνης.¹³

Σε ότι αφορά στην χημική σύνθεση, οι οδοντιατρικές κεραμικές μάζες αποτελούνται από μια μείξη μεταξύ της σκληρής, συνήθους πορσελάνης και του συνηθισμένου γυαλιού. Στον παρακάτω πίνακα παρέχεται αποτύπωση της τυπικής σύστασης της πορσελάνης της μεταλλοκεραμικής.¹⁴

SiO ₂	63,2%
Al ₂ O ₃	17,5%
CaO	0,8%
Na ₂ O	5,7%
K ₂ O	11,7%
B ₂ O ₃	1,00%

Πίνακας 1:Αποτύπωση της τυπικής σύστασης της πορσελάνης της μεταλλοκεραμικής.¹⁴

Ένα άκρως βασικό και σύνηθες συστατικό που βρίσκεται στις πορσελάνες είναι ο καολίνης. Σε ό,τι αφορά στην χημική άποψη, πρόκειται για ένα καθαρά ένυδρο πυριτικό αργίλιο, ενώ το χρώμα του καθαρού καολίνη είναι λευκό και όταν αναμειχθεί με το νερό δημιουργεί ένα εύπλαστο μείγμα. Η προέλευση του καθαρού καολίνη είναι διάφορα ορυκτά του αργίλου και πιο συγκεκριμένα, μέσω της διαδικασίας κατά την οποία αποσυντίθεται ο αργυραδάμαντας. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που έχει ο καολίνης είναι η δυσκολία του να λιώσει, ενώ το σημείο τήξης του είναι πλέον της θερμοκρασίας των 1700°C. Άλλωστε, λόγω αυτού του χαρακτηριστικού του είναι δυνατή η διατήρηση του σχήματος της μάζας της πορσελάνης.¹⁴

Επιπλέον, βασικό στοιχείο που έχει ο καολίνης κατά την διαδικασία της όπτησης είναι η ιδιότητα της πολύ καλής συστολής του. Ταυτόχρονα, πρόκειται για ένα αδιαφανές υλικό και λόγω αυτού δεν καθίσταται κατάλληλο για την αδαμαντίνη, ενώ μπορεί να βρεθεί εντός της οδοντίνης. Επίσης, σε περιπτώσεις ύπαρξης αστρίου, ο καολίνης εμφανίζει την ιδιότητα δημιουργίας κρυστάλλων σε θερμοκρασίες μεταξύ 1160°C και 1290°C, οι οποίοι αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα στην γνήσια πορσελάνη. Μάλιστα, όσο πιο μικρό είναι το ποσοστό

καολίνη και όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό του αστρίου, τόσο περισσότερο ο χαρακτήρας του υλικού της πορσελάνης ομοιάζει προς το γυαλί.¹⁴

Ωστόσο, ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο που υπάρχει στην οδοντιατρική πορσελάνη είναι και ο χαλαζίας, τα ποσοστά του οποίου εντός της πορσελάνης, όπως διαπιστώνεται και από τον πίνακα 1, είναι ιδιαίτερα μεγάλα. Ο χαλαζίας έχει ευρεία ποικιλία χρωμάτων, ενώ αποτελεί και ένα από τα είδη των ημιπολύτιμων λίθων. Σε ό,τι αφορά στον χαλαζία που χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις των οδοντιατρικών κατασκευών, αυτός πρέπει να έχει μεγάλη καθαρότητα και τα μικρότερα δυνατά ποσοστά προσμείξεων από τα διάφορα μεταλλικά οξειδία, με σκοπό να μην υπάρξει επίδραση στο χρώμα που θα έχει το τελικό προϊόν. Ο χαλαζίας χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική για ανθεκτικότητα που ο ίδιος αποδίδει στην πορσελάνη. Επιπλέον, μέσω του χαλαζία υπάρχει μείωση της θερμοκρασίας Liquidus, ενώ προχωράει στην ανάπτυξη δεσμών με το γυαλί, λόγω του διαφασικού συστήματος που δημιουργείται στην διάρκεια της όπτησης.¹⁴



Εικόνα 1: Απεικόνιση δείγματος χαλαζία κεραμικής μορφής (<https://geology.com/minerals/quartz.shtml>)

Για όσο διαρκούν οι διάφοροι κύκλοι όπτησης, ο χαλαζίας (Εικ1) δεν δέχεται την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, λόγω του υψηλού σημείου τήξης του. Κατ' επέκταση, αποτέλεσμα αυτού είναι η διατήρηση του σχήματος που έχουν οι διάφορες κατασκευές. Σε θερμοκρασία 600°C, η διαστολή του χαλαζία είναι στο 1,4%, ενώ του χριστοβαλίτη στο 1,7%, γεγονός που καθιστά εφικτό να ρυθμιστεί η θερμική διαστολή της πορσελάνης, προσθέτοντας ή αφαιρώντας αντίστοιχα υλικό. Άλλωστε, οι φυσικές ιδιότητες που έχει η πορσελάνη μπορεί να υποστούν αλλαγές ως αποτέλεσμα των αλλοτροπικών μορφών του χαλαζία. Ο χαλαζίας

μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της οδοντιατρικής πορσελάνης σε ποσοστό που δεν μπορεί να υπερβαίνει το 20%, ενώ συναντάται στην οδοντίνη. Αντίστοιχα, αυτό το ποσοστό στην περίπτωση της αδαμαντίνης δεν μπορεί να ξεπεράσει το 3%, επειδή ο χαλαζίας, σε μεγαλύτερες ποσότητες, μπορεί να οδηγήσει στην ελάττωση της διαφάνειας που έχει το υλικό.¹⁴

Οι άστριοι, οι οποίοι είναι βασικά υλικά στην δομή της οδοντιατρικής πορσελάνης, έχουν συγκολλητικές ιδιότητες, μέσω των οποίων ο πολτός των κεραμικών καθίσταται πιο εύπλαστος. Ο λόγος για τον οποίο παρατηρείται αυτό εντοπίζεται στην ύπαρξη ιόντων νατρίου στους αστρίους, αλλά και στο ότι οι κόκκοι του κεραμικού υλικού έχουν την τάση ενυδάτωσης και έλξης ανάμεσά τους. Άλλωστε, αυτός είναι και ο τρόπος δράσης τους και σε περιπτώσεις άλλων υλικών όταν υπάρχει κόλλα και ειδικά σε περιπτώσεις συστατικών στις οποίες οι ιδιότητες που έχουν οι ετεροπολικές ενώσεις δεν είναι ιδιαίτερα έντονες.¹³

Από χημικής άποψης, πρόκειται για ένα ένυδρο διπλό άλας του πυριτικού αργιλίου και μπορεί να βρεθεί στην φύση σε ποικίλες μορφές, ενωμένο με τα στοιχεία του καλίου, του νατρίου ή του ασβεστίου. Μάλιστα, βάσει της χημικής σύστασης του αστρίου αυτό μπορεί να διακριθεί στους παρακάτω τύπους:

- Στο μετά κάλιο άλας του αστρίου,
- Στο μετά νατρίου άλας του αστρίου,
- Στο μετά ασβεστίου άλας του αστρίου,
- Στο μετά λιθίου άλας του αστρίου.¹⁴



Εικόνα 2: Απεικόνιση του ορυκτού του αστρίου (<https://mineralseducationcoalition.org/28g/minerals-database/feldspar/>)

Τα είδη που χρησιμοποιούνται στις οδοντιατρικές πορσελάνες είναι αυτά του μετά καλίου αστρίου και του μετά νατρίου αστρίου. Το χρώμα μπορεί να είναι είτε γκρίζο / λευκό είτε ρόδινο / κοκκινωπό. Επιπλέον, όταν ο άστριος λιώσει τότε μπορεί να υπάρξει διάλυση μεγάλων ποσοτήτων χαλαζία και έτσι, είναι δυνατή η δημιουργία της βάσης των οδοντιατρικών κεραμικών μαζών. Επίσης, ιδιαίτερης σημασίας είναι το ορθόκλαστο για τις οδοντιατρικές κεραμικές μάζες. Για να καταστεί εφικτή η ολική διάλυση των κρυστάλλων λευκίτη πρέπει η θερμοκρασία να είναι 1530°C και αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν αλλοιώνεται το σχήμα του ορθόκλαστου στο στάδιο του μαλακού πλακούντα.¹⁴

Όταν η πορσελάνη ψήνεται, τότε υπάρχει πυράκτωση του αστρίου, όπως, άλλωστε, συμβαίνει και στο σύνολο των συστατικών της στοιχείων. Κατά την διάρκεια πυράκτωσής του, το υλικό διασπάται, με αποτέλεσμα την δημιουργία μιας υαλώδους κρυσταλλικής φάσης. Από την παραπάνω διαδικασία προκύπτει ένα υαλώδες περίβλημα, το οποίο όταν ψύχεται μπορεί να συγκρατήσει τα λοιπά υλικά, στοιχείο ουσιώδες για να διατηρηθεί το σχήμα των δοντιών και να αυξηθεί η αντοχή της πορσελάνης. Η μάζα του αστρίου έχει την τάση να μαλακώνει σε συνθήκες πιο χαμηλών θερμοκρασιών. Επιπρόσθετα, σημειώνεται ότι η υαλώδης επιφάνεια που απορρέει από την πυράκτωση του αστρίου, καθιστά την οδοντιατρική πορσελάνη στο να θεωρείται ως είδος γυαλιού, εξ ου και προκύπτει ο όρος «οδοντιατρική υαλος».¹⁴

Αναφορικά με την αλουμίνα, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή είναι το μοναδικό συστατικό στοιχείο που βρίσκεται στην οδοντιατρική πορσελάνη, η δομή του οποίου είναι κρυσταλλική. Επίσης, η αλουμίνα είναι το σκληρότερο και ανθεκτικότερο οξειδίο του αργίλου που είναι γνωστό. Η προέλευσή της είναι από τον βωξίτη και λαμβάνεται στις μορφές α και γ, αναλόγως της κατεργασίας. Στις περιπτώσεις των κεραμικών μαζών χρησιμοποιείται, ως επί το πλείστον, στην α μορφή. Αυτή αποτελεί μια σκόνη σφαιρικών κόκκων, μεγέθους 10 ως 20 μm. Κατά την όπτηση της αλουμίνας, παρατηρείται λιώσιμο και ένωση μεταξύ των ορίων των κόκκων της σκόνης. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μετακινηθούν τα όρια των κόκκων, να ελαττωθούν τα κενά που υπάρχουν μεταξύ τους και επομένως, να ελαττωθούν οι πόροι της μάζας του υλικού. Η διαδικασία σύντηξης των ορίων που έχουν οι κόκκοι και η ελάττωση των κενών που υπάρχουν μεταξύ τους γίνεται ευκολότερη ειδικά στα σημεία της περιφέρειας. Στο κέντρο της μάζας του υλικού εξακολουθούν να υφίστανται ορισμένοι πόροι και κάποια κενά, μέσω των οποίων επιτρέπεται στο

φως να διαπερνάει σε ποσοστό 2% με 10%, ενώ το βάθος του αγγίζει το 1 χιλιοστό.¹⁴

Στον οδοντιατρικό κλάδο, χρησιμοποιείται αλουμίνα μεγάλης καθαρότητας. Η αλουμίνα αυτή λιώνει σε θερμοκρασία 1650°C, ενώ το ποσοστό καθαρότητά της κυμαίνεται μεταξύ 97% - 99%. Για να υπάρξει ελάττωση της θερμοκρασίας τήξης της αλουμίνας, γίνεται προσθήκη διαφόρων ουσιών, όπως επί παραδείγματι, αυτές των οξειδίων του ασβεστίου, του μαγγανίου, του πυριτίου και του μαγνησίου. Κατά την διάρκεια της όπτησης, μέσα από αυτά τα οξείδια, απορρέει μια υαλώδης φάση. Αντιστοίχως, κατά την διάρκεια της φάσης της ψύξης, προκύπτει μια κρυσταλλική φάση. Χαρακτηριστικό αυτών των οξειδίων είναι η παροχή σημαντικής βοήθειας σε ό,τι αφορά στην πρόσδεσή τους με τα λοιπά στρώματα της πορσελάνης, ενώ καθοριστική είναι και η συμβολή τους στην αύξηση της ταχύτητας διάχυσης των ατόμων.¹⁴

Το χρώμα της αλουμίνας είναι λευκό – κρεμ και είναι δυνατή η επίτευξη μιας μεγάλης ποικιλίας χρωμάτων, όταν γίνει συνδυασμός της με διάφορες άλλες ουσίες και υλικά, όπως αυτά του ζirkονίου ή του μαγγανίου και ειδικά, σε διάφορες ποσότητες. Η αλουμίνα ως υλικό που χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική πορσελάνη χαρακτηρίζεται από άκρως θετικές ιδιότητες, όπως είναι επί παραδείγματι, η εμφάνιση μεγάλης αντοχής σε διάφορες χημικές ουσίες, αλλά και στην αποτριβή. Γενικά, πρόκειται για ένα υλικό που είναι αρκετά ανθεκτικό, ενώ δεν εμφανίζει τήξη σε θερμοκρασίες έως και 1500 °C. Στον παρακάτω πίνακα, απεικονίζεται η τυπική σύσταση της αλουμίνας:¹⁴

Τριοξείδιο του αργιλίου	87,70%
Διοξείδιο του πυριτίου	7,10%
Οξείδιο του ασβεστίου	1,61%
Οξείδιο του μαγνησίου	1,32%
Τριοξείδιο του χρωμίου	1,13%
Τριοξείδιο του σιδήρου	0,25%
Διοξείδιο του τιτανίου	0,13%
Οξείδιο του νατρίου	0,40%
Οξείδιο του καλίου	0,36%

Πίνακας 2: Απεικόνιση της τυπικής σύστασης που έχει η αλουμίνα.¹⁴

Ο ρόλος που διαδραματίζουν οι κόκκοι της αλουμίνας είναι ιδιαίτερα σημαντικός σχετικά με την διακίνηση των ρωγμών που μπορεί να υπάρξουν στην πορσελάνη. Πιο συγκεκριμένα, η αλουμίνα καθιστά την πορσελάνη ανθεκτικότερη, λόγω της μεγαλύτερης ενέργειας που απαιτείται για να υπάρξει κίνηση της ρωγμής εντός του κόκκου της αλουμίνας. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το ποσοστό αντοχής και δύναμης των πορσελάνων με αλουμίνα είναι διπλάσιο συγκριτικά με την απλή πορσελάνη, στην περίπτωση κατά την οποία ο συντελεστής θερμικής διαστολής τους παραμένει ίδιος.¹⁴

Στο σημείο αυτό, πρέπει να γίνει αναφορά σε μία ομάδα υλικών, τα λεγόμενα αρτύματα κράσης ή μεσόχωρα. Πρόκειται για ουσίες, οι οποίες προστίθενται στην οδοντιατρική πορσελάνη και συμβάλλουν στην αλλαγή τόσο της θερμοκρασίας τήξης όσο και του συντελεστή θερμικής διαστολής. Βάσει αυτών των στοιχείων, γίνεται χρήση ουσιών, όπως αυτές του οξειδίου του λιθίου, του πυριτικού καλίου, του ανυδρίτη του βόρακα, του οξειδίου του μαγνησίου, του πεντοξειδίου του φωσφόρου κ.ά. Με την χρήση αυτών των ουσιών, δεν παρατηρείται ελάττωση στην διαλυτότητα και την ανθεκτικότητα της πορσελάνης.¹⁴

Επιπρόσθετα, επισημαίνεται και η χρήση διαφόρων χρωστικών ουσιών. Χαρακτηριστικό στοιχείο αποτελεί το ότι η οδοντιατρική πορσελάνη καθίσταται διαυγής και άχρωμη, λόγω του οξειδίου του αργιλίου και του διοξειδίου του πυριτίου. Γι' αυτό, κατόπιν όπτησης της πορσελάνης και για να μπορέσει το χρώμα της να ομοιάσει προς αυτό του φυσικού δοντιού γίνεται προσθήκη μικρών ποσοτήτων χρωστικών. Οι χρωστικές αυτές προέρχονται από διαφορετικά μεταλλικά οξείδια, που προστίθενται εντός της μάζας της πορσελάνης. Παράλληλα, είναι σημαντικό για τις χρωστικές αυτές να παραμένουν ιδιαίτερα σταθερές και να μην δέχονται την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται για την διαδικασία όπτησης της πορσελάνης.¹⁵ Εκτός από τις προστιθέμενες στην μάζα της πορσελάνης χρωστικές, υπάρχουν και αυτές που είναι γνωστές ως χρωστικές επιφάνειας. Η χρήση τους αφορά στην ύπαρξη τοπικής αλλαγής στην απόχρωση που έχουν οι προσθετικές εργασίες.¹²

Πέρα από τα όσα προαναφέρθηκαν, πρέπει να αναφερθεί ότι οι φάσεις που σχηματίζονται κατά την παραγωγή της οδοντιατρικής πορσελάνης εξαρτώνται άμεσα από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα, ένας εξ αυτών είναι η χημική σύνθεση που έχουν τα αρχικά αναμειγνυόμενα υλικά. Άλλος παράγοντας αφορά στην αναλογία που έχουν αυτά τα αρχικά συστατικά που αναμειγνύονται, ενώ ο

τρίτος παράγοντας αναφέρεται στην θερμική επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται το σύνολο των προαναφερθέντων υλικών.¹⁶

1.1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που έχει η οδοντιατρική πορσελάνη

Το σύνολο των οδοντιατρικών κεραμικών υλικών, στα οποία εντάσσεται και η οδοντιατρική πορσελάνη, χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο βασικών γνωρισμάτων, τα οποία συνιστούν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Σε ότι αφορά στα πλεονεκτήματα, αυτά περιλαμβάνουν τις ιδιότητες της χημικής σταθερότητας, της υψηλής αντοχής σε θλίψη και πίεση, της βιοσυμβατότητας και της μεγάλης οπτικής ομοιότητας μεταξύ των υλικών αυτών και των φυσικών δοντιών. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται εφικτή η χρήση υλικών, όπως είναι η οδοντιατρική πορσελάνη, σε περιπτώσεις οδοντιατρικών προσθετικών αποκαταστάσεων, συνδυαζόμενες και με άλλα υλικά. Η μεταλλοκεραμική μέθοδος αποτελεί μια εκ των προαναφερθεισών μεθόδων αποκατάστασης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι γίνεται εφύαλωση της οδοντιατρικής πορσελάνης με δεύτερη όπτηση, ενώ αποκτά σπιλπνότητα, δεν διαβρέχεται και είναι εύκολη στον καθαρισμό της.¹³

Ένα ακόμη θετικό στοιχείο αποτελεί και η δυνατότητα μεταλλικής ενίσχυσης, στο πλαίσιο της οποίας το μέταλλο μπορεί να καλυφθεί από ένα στρώμα αδιαφανούς πορσελάνης. Επίσης, δεν μπορεί να προσβληθεί από τα διάφορα οξέα των τροφών και των υγρών που καταναλώνει ο άνθρωπος και τα οποία εισέρχονται στην στοματική του κοιλότητα. Τέλος, θετικό στοιχείο αποτελεί και η ειδική θερμότητα και ο συντελεστής θερμικής διαστολής που μοιάζει σε αυτόν που έχουν τα φυσικά δόντια.¹³

Από την άλλη, όπως προαναφέρθηκε, η οδοντιατρική πορσελάνη χαρακτηρίζεται και από ορισμένα μειονεκτήματα, όπως είναι για παράδειγμα, οι σημειακές ατέλειες που μπορεί να εμφανίζουν οι δομές της. Οι ατέλειες αυτές προέρχονται λόγω της αντικατάστασης των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα. Ένα πρόβλημα αποτελούν οι γραμμικές ατέλειες των διαταραχών των ορίων των κόκκων, όπως και αυτές των τριών διαστάσεων.¹⁵

Είναι δυνατή η δημιουργία των ατελειών είτε μέσα από την διαδικασία παραγωγής της οδοντιατρικής πορσελάνης, είτε κατά την διάρκεια που αυτή χρησιμοποιείται. Το πορώδες, είτε αυτό αναφέρεται σε μεμονωμένους πόρους είτε στα διάφορα κενά που προκύπτουν ανάμεσα στους συνδεδεμένους πόρους

αποτελούν με την σειρά τους έναν ακόμη καθοριστικό παράγοντα σε ό,τι αφορά στην αντοχή που έχουν τα κεραμικά υλικά όσο διαρκούν οι μηχανικές καταπονήσεις. Επομένως, τα χαμηλά επίπεδα αντοχής, στοιχείο που χαρακτηρίζει τα κεραμικά υλικά ως προς την θραύση, είναι αποτέλεσμα του ότι, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, υπάρχουν πόροι και μικρές ρωγμές στην επιφάνειά τους.¹⁵

Η περίοδος χρήσης της οδοντιατρικής πορσελάνης είναι πλέον των 200 ετών και, όπως είναι φυσικό, εντός αυτού του χρονικού διαστήματος, έχουν προκύψει διάφορες προτάσεις που συνέβαλλαν στην πρόοδο και την βελτίωση της ποιότητάς της. Άλλωστε, η πορσελάνη έχει καταστεί ως ένα στοιχείο αναντικατάστατο στην οδοντιατρική προσθετική.¹³

1.2 Κατηγορίες ταξινόμησης της οδοντιατρικής πορσελάνης

Οι οδοντιατρικές πορσελάνες ταξινομήθηκαν, αρχικά, σε τρεις ομάδες, βάσει της θερμοκρασίας τήξης ή ωρίμανσής τους, ενώ αργότερα, υπήρξε προσθήκη και μιας τρίτης ομάδας λόγω της χρήσης του πιτανίου. Η έννοια της ωρίμανσης αναφέρεται στην θερμοκρασία εντός της οποίας ένα κεραμικό υλικό οδηγείται στην σωστή κρυστάλλωση και εντός της οποίας επιτρέπεται η πρόσληψη και των πλέον κατάλληλων φυσικών ιδιοτήτων, με αποτέλεσμα να αποδίδεται η υψηλότερη δυνατή αισθητική.¹³

Πλέον ειδικότερα, οι ομάδες στις οποίες πραγματοποιείται η ταξινόμηση είναι οι παρακάτω:¹³

- η ομάδα υψηλού σημείου τήξης ή ωρίμανσης.
- η ομάδα χαμηλού σημείο τήξης ή ωρίμανσης και
- η ομάδα πολύ χαμηλού σημείου τήξης.

Πιο αναλυτικά, σε ό,τι αφορά στις πορσελάνης της πρώτης ομάδας, αυτές αφορούν σε περιπτώσεις στις οποίες η θερμοκρασία του κύκλου όπτησης είναι υψηλή. Εν προκειμένω, ο ρυθμός που εμφανίζουν οι πυροχημικές αντιδράσεις είναι πολύ αργός, ενώ αντίστοιχα πολύ αργός είναι και ο αριθμός αλλαγής φάσεων, στο πλαίσιο των οποίων η μορφή της πορσελάνης γίνεται ιξώδης. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται η ύπαρξη μεγαλύτερης ενέργειας για να συνδεθούν τα ανόργανα κεραμικά υλικά.¹⁷ Αυτό το είδος σύνδεσης λογίζεται και ως ορυκτολογική σύνδεση στα κεραμικά στοιχεία, ενώ οι επιπτώσεις του μπορεί να είναι άμεσες και

μεγάλες. Ειδικότερα, αυτές οι επιπτώσεις εντοπίζονται στο πλαίσιο ορισμένων βασικών και κρίσιμων ιδιοτήτων της πορσελάνης, όπως είναι αυτές του χρώματος, της αδιαφάνειας, της θερμοκρασίας όπτησης, της φάσης σχηματισμού του ιξώδους, της θερμικής διαστολής, της διαπερατότητας και της επιφανειακής πορότητας. Η υψηλή θερμοκρασία και η αργή όπτηση καθιστούν βασικό γνώρισμα αυτών των προϊόντων την σκληρότητα και την αυξημένη αντοχή.¹⁷

Από την άλλη, υφίστανται πορσελάνες χαμηλού σημείου τήξης, ο κύκλος όπτησης των οποίων λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες πιο χαμηλές αυτής στην οποία τήκεται ο χρυσός.¹⁸ Βασική ιδιότητα αυτού του είδους πορσελάνης είναι ο υψηλός συντελεστής θερμικής διαστολής, ο οποίος, μάλιστα, είναι εγγύτερα εκείνου που έχει το μεταλλικό κράμα. Η χημική σύσταση που έχουν αυτές οι πορσελάνες είναι ίδια σε σχέση με αυτές υψηλότερης θερμοκρασίας τήξης, ενώ είναι χαμηλότερα τα επίπεδα αναλογίας οξειδίων καλίου και νατρίου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ευκολότερη αντίδρασή τους με οξείδια πυριτίου και αργιλίου, προκειμένου να υπάρξει η ιξώδης φάση.¹⁷

Μια τελευταία κατηγορία αποτελούν οι πορσελάνες εξαιρετικά χαμηλού σημείο τήξης. Για χρήση με τιτάνιο, λόγω του χαμηλού συντελεστή συστολής του. Ενδεικτικό στοιχείο αποτελεί ότι ένας αριθμός αυτών των πορσελάνων έχουν αυξημένη περιεκτικότητα λευκίτη, μέσω του οποίου καθίσταται εφικτή η αύξηση του συντελεστή της θερμικής τους συστολής, σε επίπεδα τόσο υψηλά, που είναι ανάλογα αυτών της πορσελάνης με χαμηλό σημείο τήξης. Ωστόσο, ένα πλεονέκτημα που υπάρχει σε αυτό, έγκειται στην μειωμένη φθορά στην αδαμαντίνη και το χαμηλό σημείο τήξης, σε σχέση με τα ανταγωνιστικά προϊόντα.¹⁹

1.2.1 Όπτηση της πορσελάνης

Έχουν προηγηθεί οι διαδικασίες κατάλληλης συμπύκνωσης και επεξεργασίας. Ακολούθως, στεγνώνεται το μείγμα και γίνεται τοποθέτησή του σε κλίβανο, ώστε να λάβει χώρα η διαδικασία όπτησης. Αυτός ο κλίβανος αποτελείται από τον θάλαμο πυράκτωσης, την συσκευή ελέγχου της θερμοκρασίας και του δείκτη της θερμοκρασίας. Η παραγόμενη θερμοκρασία μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ αυτής του δωματίου ως και αυτής των 1370°C, με την τελευταία να αποτελεί το ανώτερο όριο όπτησης της πορσελάνης.¹⁷

Όσο διαρκεί η όπτηση, λαμβάνει χώρα και η συμπύκνωση, η οποία αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία οι κόκκοι της πορσελάνης πλησιάζουν.

Η διαδικασία της συμπύκνωσης συνδέεται άμεσα με την βελτίωση της σύνδεσης που υπάρχει ανάμεσα στην πορσελάνη και το μέταλλο. Επίσης, συμβάλλει στην μείωση των κενών μεταξύ της μάζας του υλικού και, λόγω αυτού, αυξάνονται η διαφάνεια και η αισθητική απόδοση. Επίσης, μέσω της συμπύκνωσης μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων της πορσελάνης, με αποτέλεσμα αυτά να πλησιάζουν μέσα από την τριχοειδική ενέργεια. Παράλληλα, γίνεται ελάττωση των πόρων και παρατηρείται αύξηση στην πυκνότητα της μάζας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αντοχή της.¹⁷

1.2.2 Συμπύκνωση της πορσελάνης

Κατά την διάρκεια της διαδικασίας όπτησης, γίνεται ανάμειξη του επεξεργασμένου προϊόντος της πορσελάνης του εργαστηρίου και αποσταγμένου ύδατος. Σε μια τέτοια ανάμειξη μπορεί να γίνει και χρήση διαλύματος γλυκερίνης και νερού. Μέσω της εν λόγω διαδικασίας, προκύπτει ένας πολτός που έχει κατάλληλη σύσταση και κατόπιν, γίνεται εφαρμογή ανά στρώματα για να δομηθεί η στεφάνη.¹⁷

Παρακάτω, αποτυπώνονται οι βασικές μέθοδοι συμπύκνωσης της πορσελάνης:

- Μέθοδος του χρωστήρα
- Μέθοδος της σπάθης
- Μέθοδος της βαρύτητας
- Μέθοδος της μαστίγωσης
- Μέθοδος της δόνησης, με αυτή να αποτελεί την πλέον συνηθισμένη μέθοδο.

Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος της δόνησης γίνεται με ένα εργαλείο τραχέως τύπου LeCron ή με έναν ειδικό δονητή. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, το νερό που εμπεριέχεται εντός της πορσελάνης αναδύεται στην επιφάνεια και εν συνεχεία, συγκεντρώνεται και απομακρύνεται με την χρήση απορροφητικού χαρτιού.¹⁷

Από την άλλη, σε ό,τι αφορά στην μέθοδο της σπάθης, χρησιμοποιείται μια μικρή σπάθη και μέσω αυτής, στοιβάζεται και εξομαλύνεται η υγρή επιφάνεια της πορσελάνης. Μέσω της εξομάλυνσης, η περισσευούμενη ποσότητα νερού

αναδύεται στην επιφάνεια και έπεται αφαίρεση αυτής.¹⁹ Με την βοήθεια της σωστής συμπύκνωσης κατά την διάρκεια της προθέρμανσης είναι δυνατός ο περιορισμός ή η αποφυγή της δημιουργίας ατμών. Ταυτόχρονα, μέσω του στοιχείου του συμπλησιασμού των ορίων της πορσελάνης για όλο το χρονικό διάστημα που διαρκεί η όπτηση, καθίσταται εφικτή η εξάλειψη μεγάλου μέρους από τα κενά που βρίσκονται εντός του εσωτερικού του υλικού. Μάλιστα, τα κενά αυτά συνοδεύονται και από ογκομετρική συστολή, η οποία, μετά την όπτηση, φτάνει τα ποσοστά του 25% έως 40%. Εντός των σύγχρονων κεραμικών κονιών, η παρασκευή των οποίων γίνεται εντός κενού για όπτηση, εμφανίζονται υψηλά επίπεδα περιεκτικότητας λεπτόκοκκων πορσελάνων, ενώ είναι χαμηλή η αναλογία των αδρόκοκκων. Συνδυάζοντας κόκκους διαφόρων μεγεθών μπορεί να παραχθεί και να δημιουργηθεί ένα εξαιρετικά ομοιογενές υλικό. Ο λόγος για τον οποίο αυτό συμβαίνει έγκειται στην συμπύκνωση στην οποία υπόκεινται οι λεπτόκοκκες πορσελάνες, οι οποίες γεμίζουν τα κενά ανάμεσα στα αδρόκοκκα με ευκολία.¹⁷

Ιδιαίτερης σημασίας είναι οι αλλαγές, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στις πορσελάνες που εμπεριέχουν λευκίτη (Eικ3) και η χρήση τους εντοπίζεται σε μεταλλοκεραμικές κατασκευές. Ο λευκίτης αποτελεί μια κρυσταλλική φάση μεγάλης διαστολής, μέσω της οποίας μπορεί να υπάρξει επίδραση στον συντελεστή θερμικής συστολής που έχει το υλικό. Ακολούθως, δημιουργούνται διαφορετικοί συντελεστές θερμικής συστολής στην πορσελάνη και το μέταλλο, δημιουργώντας μια τάση για εφελκυσμό, εν συνεχεία, κατά την ψύξη. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η δημιουργία ρωγμών στην πορσελάνινη μάζα.¹⁹



Εικόνα 3: Απεικόνιση ενός λίθου από λευκίτη (http://www.geo.auth.gr/106/8_silicates/tecto/leucite_11.jpg).

1.3.Κύκλος όπτησης στο υλικό της πορσελάνης

Η τήξη της πορσελάνης αποτελεί μια ακόμη διαδικασία. Ειδικότερα, κατά την διάρκεια της όπτησης, το υλικό της πορσελάνης υπόκειται σε έναν αριθμό αλλαγών. Μια εξ' αυτών είναι άμεσα συνδεδεμένη με την απώλεια νερού, η οποία αρχικά είχε χρησιμοποιηθεί στην σκόνη για να σχηματιστεί επεξεργάσιμη μάζα. Ακολουθεί απομάκρυνση του νερού που έχει παραμείνει, μέσω της προθέρμανσης της μάζας εντός του κλίβανου. Μέσα από το νερό είναι δυνατή η πρόσληψη του απότομου σχηματισμού ατμών και είναι πιθανή η ύπαρξη φυσικής βλάβης στην πορσελάνη. Μετά την τοποθέτηση της μάζας της πορσελάνης στον κλίβανο, το νερό απομακρύνεται κατά την διάρκεια των επόμενων σταδίων της προθέρμανσης, μέχρι να επιτευχθεί θερμοκρασία ύψους 480°C.¹⁷

Αναφορικά με την διαδικασία όπτησης και τήξης στην οποία υπόκειται η πορσελάνη, χαρακτηριστικό στοιχείο αποτελεί ο κύκλος από αλλαγές που παρατηρούνται σε κάποιες συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Ειδικότερα, στον κύκλο της όπτησης εμπεριέχονται οι φάσεις ωρίμανσης και υάλωσης. Η διάκριση που υφίσταται στην φάση της ωρίμανσης είναι αυτή του χαμηλού ή χαλαρού μπισκότου, του μεσαίου μπισκότου και του υψηλού μπισκότου. Η προέλευση του όρου εντοπίζεται στον γαλλικό όρο *bisque*, ο οποίος χρησιμοποιείται λόγω της παρομοίωσης της υφής της επιφάνειας που έχει η πορσελάνη με αυτή του μπισκότου. Η θερμοκρασία που υπάρχει κατά την ωρίμανση βοηθάει το υλικό στην απόκτηση της κατάλληλης κρυστάλλωσης και των κατάλληλων φυσικών ιδιοτήτων, οδηγώντας, έτσι, στην επίτευξη της καλύτερης αισθητικής.¹⁷

Εξετάζοντας, τώρα, το στάδιο χαμηλού ή χαλαρού μπισκότου, λαμβάνει χώρα σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και κατά την διάρκειά του, παρατηρείται μερική τήξη των μορίων της πορσελάνης. Στο σημείο αυτό, μέσω της ροής του υάλου είναι δυνατή η διαβροχή και η χαλαρή γεφύρωση των μορίων της πορσελάνης. Άλλωστε, αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο, η συνοχή είναι μικρή, λόγω της ύπαρξης πολλών κενών χώρων στο ενδιάμεσο. Επίσης, στην περίπτωση αυτή η συρρίκνωση είναι ανεπαίσθητη, ενώ η επιφάνεια χαρακτηρίζεται από αδιαφάνεια, με την υφή της να είναι, εν μέρει λευκή, χωρίς όμως να αποκτήσει ακόμα χρώμα και φωτεινότητα. Αντιστοίχως, με την άνοδο της θερμοκρασίας ο ύαλος οδηγείται στην απόκτηση μιας ροής πιο γρήγορης και πιο έντονης. Μάλιστα, εδώ, η συρρίκνωση που αποκτά η πορσελάνη είναι πιο έντονη, ωστόσο, εξακολουθεί να είναι πορώδης και αδιαφανής.¹⁷

Κατά την διάρκεια του σταδίου του υψηλού μπισκότου, η ύαλος εξακολουθεί να ρέει, με σκοπό το γέμισμα των διαφόρων κενών χώρων, με μια έκταση πιο μεγάλη. Εδώ, η συρρίκνωση είναι ακόμα πιο έντονη και πλήρης, ενώ η υφή της επιφάνειας γίνεται ομαλότερη και πιο λεία. Άλλωστε, αυτό είναι το στάδιο στην διάρκεια του οποίου η πορσελάνη έχει οδηγηθεί στην απόκτηση της κατάλληλης και επιδιωκόμενης ημιδιαφάνειας και χρώματος. Επιπρόσθετα, χαρακτηριστικό στοιχείο αυτής της φάσης είναι η ισχυρή της επιφάνεια, η οποία επιτρέπει τον εκτροχισμό και την διαμόρφωση της επιφάνειας πριν την διαδικασία της υάλωσης. Τα στοιχεία της διαφάνειας και της φωτεινότητας είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον βαθμό στον οποίο ωριμάζει η πορσελάνη. Η προσθήκη της πορσελάνης ως διαδικασία μπορεί να γίνει στο σύνολο των σταδίων που προαναφέρθηκαν, δίχως την ύπαρξη κάποιας επιρροής στο στάδιο της ωρίμανσης. Η παρατήρηση του στοιχείου γίνεται, ως επί το πλείστον, στα στάδια του μεσαίου και του υψηλού μπισκότου.¹⁷

Η επόμενη φάση είναι η υάλωση, χαρακτηριστικό της οποίας αποτελεί ότι, μετά την ολοκλήρωση του εκτροχισμού και της τελικής διαμόρφωσης της στεφάνης, το υλικό μπορεί να αποκτήσει την κατάλληλη ανάκλαση από το φως. Η διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την υάλωση είναι αντίστοιχη αυτής της όπτησης. Ειδικότερα, η θερμοκρασία στην οποία συντελείται η υάλωση είναι πιο υψηλή από αυτή που υπάρχει στην ωρίμανση, ενώ χρησιμοποιείται αέρας για περιορισμένο χρονικό διάστημα. Άλλωστε, η υάλωση συνοδεύεται και από την τήξη και την ροή της υάλου, μέσω της οποίας η εξωτερική επιφάνεια καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα. Ο βαθμός που μπορεί να έχει η εν λόγω φάση μπορεί να είναι από χαμηλός έως υψηλός.¹⁵ Στην υάλωση χαμηλού βαθμού, η ωρίμανση επεκτείνεται ελαφρώς, ενώ η επιφάνεια καθίσταται τόσο στιλπνή, ώστε να καταστεί αποδεκτή. Κατά την διάρκεια της υάλωσης μεσαίου βαθμού, η επιφάνεια γίνεται περισσότερο στιλπνή, στοιχείο, το οποίο, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων προτιμάται.¹⁵ Τέλος, στην υάλωση υψηλού βαθμού, η επιφάνεια καθίσταται αφύσικα στιλπνή και λόγω της εικόνας της, δεν είναι επιθυμητή. Σε αυτό το στάδιο, η επιφάνεια της πορσελάνης έχει τέτοια υάλωση που τα λεπτά στοιχεία, εν μέρει, χάνονται, συγκριτικά με τις δυο προηγούμενες φάσεις της υάλωσης. Ακόμα, για να μην χαθούν τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, δεν υπάρχει η διαδικασία υάλωσης, κατά την οποία είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά η τεχνική που εφαρμόζεται είναι η εφυάλωση.¹⁵

Η πραγματοποίηση της εφυάλωσης γίνεται με κονιοποιημένο διάφανο γυαλί, το οποίο απλώνεται στην επιφάνεια της πορσελάνης και στη συνέχεια εφαρμόζεται η διαδικασία της όπτησης σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αποτέλεσμα της χρήσης της προαναφερθείσας τεχνικής είναι η δημιουργία μιας στιλπνής επιφάνειας, στην οποία δεν υπάρχουν πόροι, ενώ δεν χάνει τα χαρακτηριστικά της. Σε αυτό το σημείο, ο συντελεστής θερμικής διαστολής που έχει το εφυάλωμα πρέπει να είναι ίσος αυτού που έχει το σώμα της πορσελάνης. Το σημείο αυτό αποτελεί το ιδανικό σημείο, ενώ σε περίπτωση που ο συντελεστής είναι μεγαλύτερος, τότε μπορεί να υπάρξει δημιουργία ακτινωτών τάσεων θλίψης. Αυτό είναι κάτι το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί στην συνολική έκταση που καταλαμβάνει η πορσελάνη και η μάζα της και πρόκειται για έναν παράγοντα που ευθύνεται για την πιθανή εμφάνιση φαινόμενων κατακερματισμού στην επιφάνεια. Τέλος, στην περίπτωση κατά την οποία ο συντελεστής θερμικής διαστολής του εφυάλωματος είναι πιο χαμηλός αυτού του σώματος της πορσελάνης, τότε είναι πιθανό να προκύψουν ρωγμές ή να αποκολληθεί το εφυάλωμα, λόγω των θλιπτικών τάσεων. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί την λεγόμενη αποφλοΐωση.¹⁷

1.4 Τύποι της οδοντιατρικής πορσελάνης

Είναι πολλοί οι διάφοροι τύποι της οδοντιατρικής πορσελάνης που είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο, ενώ κάθε τύπος διαθέτει και διαφορετικό βαθμό λειτουργίας σε ό,τι αφορά στον μεταλλοκεραμικό δεσμό.

Πιο συγκεκριμένοι, οι πιο βασικοί τύποι οδοντιατρικής πορσελάνης είναι οι παρακάτω:¹⁷

- Αδιαφάνεια
- Οδοντίνη
- Κοπτική – αδαμαντίνη

1.4.1 Τύπος αδιαφάνειας

Το πρώτο είδος κεραμικής ουσίας που μπορεί να υποστεί όπτηση είναι αυτό της αδιαφάνειας. Αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με δυο βασικές λειτουργίες: πρώτον, αυτή της κάλυψης του χρώματος που έχει το κράμα και δεύτερον, την πραγματοποίηση σύνδεσης ανάμεσα στο μέταλλο και την πορσελάνη. Σε αυτές τις

πορσελάνες, η διαδικασία της όπτησης λαμβάνει χώρα απευθείας σε μεταλλικό σκελετό, ο οποίος έχει πάχος μεταξύ 0,1 και 0,3 mm. Το εύρος της θερμοκρασίας που υπάρχει κατά την διάρκεια της διαδικασίας είναι 950°C ως και 1015°C, στοιχείο το οποίο είναι άμεσα εξαρτώμενων των προτάσεων που κάνουν οι κατασκευαστές. Ταυτόχρονα, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες είναι πιο καλό η θερμοκρασία κατά την οποία γίνεται η όπτηση να είναι άνω των 5°C των προτεινόμενων, καθώς με τον τρόπο αυτό μπορεί να συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της διασποράς της διαφάνειας της μάζας που έχει το σώμα της υπερκείμενης πορσελάνης στις επόμενες οπτήσεις. Άλλωστε, συνέπεια αυτού μπορεί να είναι να χαθεί η αδιαφάνεια. Βασικό στοιχείο της αδιαφάνειας είναι τα αυξημένα επίπεδα περιεκτικότητας σε οξειδία τιτανίου, κασσίτερου και ζirkονίου. Κύριο γνώρισμα των εν λόγω οξειδίων είναι η ύπαρξη ειδικού βάρους και διαφορετικού δείκτη διάθλασης, συγκριτικά με λοιπά χαρακτηριστικά. Άλλωστε, η ύπαρξη αυτών των οξειδίων βοηθά στο να αντανakλάει και να διασκορπίζει το φως και όχι τόσο στο να το μεταβιβάζει.¹⁴

1.4.2 Τύπος οδοντίνης

Συνεχίζοντας, γίνεται αναφορά στον τύπο του σώματος – οδοντίνης, η όπτηση του οποίου λαμβάνει χώρα πάνω από τη στιβάδα της αδιαφάνειας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, γίνεται συνδυασμός και της κοπτικής και με τον τρόπο αυτό, διαμορφώνονται το δόντι, όπως και τα αισθητικά γνωρίσματα και στοιχεία του. Σε αυτό το είδος πορσελάνης τα επίπεδα αδιαφάνειας είναι μερικά και περιλαμβάνει χρωστικά οξειδία, μέσω των οποίων είναι εφικτή η ύπαρξη μιας κλίμακας σε ό,τι αφορά στις αποχρώσεις του χρώματος.¹⁷

1.4.3 Τύπος κοπτικής – αδαμαντίνης

Η περίπτωση της κοπτικής – αδαμαντίνης αποτελεί το είδος πορσελάνης που είναι το πιο διαφανές. Η επίδρασή του στο χρώμα που έχει το δόντι είναι ανύπαρκτη, ενώ εάν υπάρξει, τότε η παρουσία του είναι έμμεση, λόγω της επίδρασης του χρώματος που έχει το υποκείμενο σώμα της πορσελάνης στο ορατό χρώμα της στεφάνης. Η κοπτική – αδαμαντίνη τοποθετείται σε κοπτικό τριτημόριο. Τα είδη του σώματος και της κοπτικής έχουν κοινές χημικές και φυσικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα να προσφέρουν δυνατότητα απεριόριστης ανάμειξης ανάμεσά τους. Η θερμοκρασία κατά την οποία λαμβάνει χώρα η όπτηση

στον τύπο της κοπτικής – αδαμαντίνης είναι μεταξύ 955°C και 990°C. Στην προκειμένη περίπτωση οι θερμοκρασίες όπτησης είναι χαμηλότερες εκείνων της αδιαφάνειας.¹⁷

1.5 Φυσικομηχανικές ιδιότητες της οδοντιατρικής πορσελάνης

Η οδοντιατρική πορσελάνη έχει έναν αριθμό μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων. Πιο αναλυτικά, στην εφυσωμένη πορσελάνη, το ποσοστό κύμανσης της γραμμικής συστολής στην χαμηλή τήξη είναι 14% και στην υψηλή τήξη 11,5%. Στις πορσελάνες χαμηλής τήξης, η κύμανση του ποσοστού της ογκομετρικής διαστολής είναι μεταξύ 32% και 37%, ενώ στις υψηλής τήξης, 28% ως 34%. Το μέγεθος που έχει η διαμετρική αντοχή είναι 110MN/m², όταν τα επίπεδα του διαμετρικού εφελκυσμού είναι μικρότερα των 34MN/m². Τα επίπεδα αντοχής στις τάσεις και τις δυνάμεις θλίψης είναι αντίστοιχα των 172MN/m² και του μέτρου ελαστικότητας 69 GN/m². Τέλος, τα επίπεδα σκληρότητας, μετρούμενη σε Knoop, αντιστοιχεί στα 460kg/mm².¹⁷

Για την επίτευξη των ιδανικών ιδιοτήτων στην διαδικασία παραγωγής καλής ποιότητας πορσελάνης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη των δυο παρακάτω πολύ σημαντικών παραγόντων: πρώτον, του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο συμπυκνώνεται η μάζα της πορσελάνης όταν αυτή δομείται και δεύτερον, της τεχνικής όπτησης της πορσελάνης.¹⁷ Οι παράγοντες αυτοί είναι βασικοί για να αντιμετωπιστούν και να αντισταθμιστούν επιτυχώς οι διάφορες συστολές που λαμβάνουν χώρα κατά την όπτηση. Άλλωστε, οι μηχανικές αυτές ιδιότητες είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για να τον προσδιορισμό και την βελτίωση της ποιότητας που έχει η πορσελάνη. Όμως, ιδιότητες σχετικές της κλινικής συμπεριφοράς της πορσελάνης, όπως είναι η αντίσταση στην τριβή, το βαθμό σκληρότητας και η αντοχή κάμψης και κρούσης, εντάσσονται στην κατηγορία των φυσικών. Ο σαφέστερος προσδιορισμός των ιδιοτήτων μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν συγκρίνονται με τις ιδιότητες που έχουν τα φυσικά και τα ακρυλικά δόντια.¹⁷

1.6 Οπτικές ιδιότητες της οδοντιατρικής πορσελάνης

Το χρώμα στα φυσικά δόντια πηγάζει, κυρίως, από την οδοντίνη, η οποία καλύπτεται από την αδαμαντίνη. Μέσω του τρόπου με τον οποίο διατάσσονται οι συγκεκριμένοι οδοντικοί ιστοί είναι δυνατό να υπάρξει ως προς το χρώμα απόδοσης που θα είναι η μεγαλύτερη δυνατή. Βέβαια, αυτό, είναι άμεσα

εξαρτώμενο του πάχους που έχει η ενασβεστίωσή τους και ακολούθως, της μεταβίβασης του φωτός. Με τον τρόπο αυτό, προκύπτει η απόδοση του χρωματισμού στα δόντια.¹⁷

Εάν πρόκειται για φυσικό δόντι, τότε το φως, στην ουσία, διαδίδεται μέσα από οποιοδήποτε μέρος αυτού. Παράλληλα, μπορεί να διαδοθεί και μέσω των περιοδοντικών ιστών. Προέλευση του χρωματικού τόνου είναι η αντανάκλαση που έχει το φως στην επιφάνεια της οδοντίνης, ενώ δέχεται την επίδραση του πάχους της αδαμαντίνης. Αντίθετα, στις μεταλλοκεραμικές στεφάνες, το φως δεν μπορεί να διαδοθεί επειδή υπάρχει ο μεταλλοκεραμικός δεσμός, η αδιαφάνεια του οποίου εντοπίζεται παντού, πλην του σημείου της κοπτικής περιοχής. Χαρακτηριστικό είναι ότι παρατηρείται αύξηση της αντανάκλασης του φωτός και μέσα από την αδιαφανή στοιβάδα της πορσελάνης, στην οποία υπάρχει διάχυση του φωτός προς κάθε κατεύθυνση. Ο επιφανειακός χρωματισμός της πορσελάνης αντικατοπτρίζει την τάση κατοπτρικής ανάκλασης του χρώματος. Το χρώμα του υποκείμενου σώματος της πορσελάνης δεν ασκεί κάποιο είδος επιρροής.¹⁷

Η χρωματική απόχρωση που έχει μια οδοντιατρική πορσελάνη, κατά κύριο λόγο, κυμαίνεται ανάμεσα στο κίτρινο και το κιτρινοκόκκινο. Ωστόσο, σε ότι αφορά στον χρωματισμό του φυσικού δοντιού, η κλίμακα αυξάνεται σημαντικά. Για την κάλυψή της χρησιμοποιούνται πορσελάνες, στις οποίες έχει υπάρξει προσθήκη χρωματικών τροποποιήσεων μέσω ειδικής επεξεργασίας. Με τις τροποποιήσεις αυτές, μπορεί να χρησιμοποιηθούν χρώματα, όπως είναι το μπλε, το πορτοκαλί, το γκρι, το καφέ, το ροζ και το κίτρινο.¹⁷

2°Κεφάλαιο: Κράματα Μεταλλοκεραμικής

2.1 Γενικά στοιχεία

Το 1950, ο Weinstein, προχώρησε στην κατασκευή των πρώτων κραμάτων μεταλλοκεραμικής, βασικό χαρακτηριστικό των οποίων ήταν τα αυξημένα επίπεδα περιεκτικότητας σε χρυσό. Πέρα από τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες για χυτές προσθέσεις, οι οποίες πραγματοποιούνται σε άλλα κράματα, τα κράματα μεταλλοκεραμικής κατείχαν και έναν αριθμό άλλων γνωρισμάτων και πρόσθετων ιδιοτήτων. Ειδικότερα, ήταν απαραίτητη η αντοχή τους στις ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες που υπήρχαν κατά την όπτηση της πορσελάνης, όπως και η κατοχή αυξημένης μηχανικής αντοχής. Επιπρόσθετο χαρακτηριστικό αποτελούσε η απαραίτητη δημιουργία χημικού δεσμού τους με την πορσελάνη και η κατοχή μικρού θερμικού συντελεστή.²⁰

Ταυτόχρονα, η επιτυχία μιας μεταλλοκεραμικής κατασκευής έγκειται και στην επιλογή του μεταλλικού κράματος, το οποίο θα είναι κατάλληλο και θα έχει την δυνατότητα σύνδεσης με την οδοντιατρική πορσελάνη. Ένας μεγάλος αριθμός οδοντιατρικών κραμάτων, κατάλληλων για να κατασκευαστούν στεφάνες και γέφυρες είναι διαθέσιμος στο εμπόριο. Μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των κραμάτων, σε ό,τι αφορά στην σύστασή τους ή τις ιδιότητες επεξεργασίας τους ή το κόστος. Η εκάστοτε χημική σύσταση, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες, όπως και τα θετικά και αρνητικά στοιχεία που έχουν όλοι οι τύποι αυτοί κραμάτων, πρέπει να καθίστανται γνωστά εξ αρχής, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων τους και να χρησιμοποιούνται με αποτελεσματικό τρόπο. Εάν αυτό δεν συμβεί, τότε δεν είναι σπάνιο να αναδειχθούν έντονα προβλήματα και αστοχίες στα υλικά.²⁰

Εκτός από τα πρώτα κράματα της δεκαετίας του 1950, οι ιδιότητες των οποίων προαναφέρθηκαν, από την δεκαετία του 1960, παρατηρείται ότι η διαδικασία κατά την οποία παρασκευάζονται κράματα μεταλλοκεραμικής γνωρίζει ιδιαίτερα σημαντική εξέλιξη. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο μεγάλος αριθμός ερευνών που είχαν πραγματοποιηθεί στον τομέα αυτό, με σκοπό να αντιμετωπιστούν τα διάφορα προβλήματα που είχαν προκύψει από τις πρώτες περιπτώσεις πρακτικής εφαρμογής των κραμάτων στην μεταλλοκεραμική και την οδοντική τεχνολογία.²⁰

Από το έτος 1974 και έπειτα, αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται κράματα άργυρου και παλλάδιου, γεγονός που βοηθάει στο να επιλυθούν τα προβλήματα που προκάλεσε η ραγδαία αύξηση της τιμής που είχε ο χρυσός. Τα συγκεκριμένα κράματα, κατόπιν μικρών παραλλαγών στην σύσταση, χρησιμοποιούνται ακόμα και στις μέρες μας. Παράλληλα, το γεγονός ότι αναπτύχθηκαν και μη πολύτιμα ή βασικά κράματα αντιμετώπισε το πρόβλημα που δημιουργήθηκε από την αύξηση στο κόστος των κραμάτων από άργυρο και παλλάδιο, με αποτέλεσμα η εφαρμογή τους να καταστεί ευρεία στον τομέα των σύγχρονων μεταλλοκεραμικών κατασκευών.¹⁷ Σημαντική λύση στα προβλήματα κόστους απετέλεσε και το στοιχείο του τιτανίου, το οποίο αργότερα εντάχθηκε στις μεταλλοκεραμικές κατασκευές. Μέσω της χρήσης του τιτανίου δημιουργήθηκαν νέα, σημαντικά δεδομένα στην οδοντιατρική, ως επί το πλείστον, επειδή το στοιχείο αυτό έχει πολύ καλή συμπεριφορά από βιολογικής άποψης. Ωστόσο, λόγω δυσκολίας στην κατεργασία του, δεν χρησιμοποιείται συχνά πλέον.

2.2 Βασικά χαρακτηριστικά των κραμάτων μεταλλοκεραμικής

Τα κράματα μεταλλοκεραμικής κατέχουν έναν σημαντικό αριθμό χαρακτηριστικών, στα οποία, πλην άλλων, περιλαμβάνονται η αντοχή και η ευκολία στην επεξεργασία, η οποία προκύπτει λόγω της παρουσίας των απλών κραμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις κατασκευής στεφάνων και γεφυρών. Επομένως, καθίσταται σαφές ότι τα κράματα μεταλλοκεραμικής θα πρέπει να έχουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, με σκοπό την χρήση τους στην κατασκευή οδοντιατρικών πορσελανών.¹⁷

- Τα κράματα μεταλλοκεραμικής πρέπει να έχουν την δυνατότητα παραγωγής μιας επιφάνειας οξειδωσης στον χημικό δεσμό με την πορσελάνη. Από μόνα τους, τα κράματα που προέρχονται από τα βασικά μέταλλα έχουν την τάση οξειδωσης, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της ανόδου της θερμοκρασίας εντός του κλίβανου της πορσελάνης. Αντίθετα, στην περίπτωση των ευγενών κραμάτων, για να υπάρξει οξειδωση, τότε πρέπει να εμπεριέχονται στην σύνθεσή τους ορισμένα ιχνοστοιχεία των βασικών μετάλλων.¹⁷
- Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο αποτελεί το ότι ο συντελεστής θερμικής διαστολής των κραμάτων μεταλλοκεραμικής πρέπει να είναι λίγο πιο

μεγάλος από αυτόν της πορσελάνης, με σκοπό να επιτραπεί η δημιουργία των κατάλληλων προϋποθέσεων για να συνδεθούν καλύτερα το μέταλλο και η πορσελάνη. Η μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των τιμών στο μέταλλο και την πορσελάνη μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στις αποκαταστάσεις.

- Ανάμεσα στις διάφορες φυσικές ιδιότητες, καθοριστικός παράγοντας επιλογής αποτελεί το χρώμα. Αυτό, ωστόσο, δεν είναι τόσο σημαντική συνιστώσα όσο οι φυσικές και χημικές ιδιότητες.¹⁷
- Τα κράματα μεταλλοκεραμικής πρέπει να έχουν ένα όριο θερμοκρασίας τήξης, η οποία θα είναι πιο υψηλό από αυτό στο οποίο γίνεται η όπτηση της πορσελάνης. Η διαφοροποίηση στην θερμοκρασία είναι αναγκαία, για να μπορέσει η πορσελάνη να αποκτήσει την δυνατότητα όπτησης όταν ο βαθμός ωρίμανσης είναι ορθός και χωρίς να υπάρχει φόβος τήξης ή στρέβλωσης στον μεταλλικό σκελετό.
- Τα κράματα μεταλλοκεραμικής δεν πρέπει να στρεβλώνονται ή να υφίστανται αλλαγές αναφορικά με τις διαστάσεις και την θερμοκρασία που έχουν οι επανειλημμένες οπτήσεις της πορσελάνης.
- Η σύσταση των μεταλλοκεραμικών κραμάτων πρέπει να είναι κατάλληλη, ώστε να υπάρχει δυνατότητα εύκολου χειρισμού εντός του εργαστηρίου κατά την επεξεργασία της μεταλλοκεραμικής κατασκευής. Ταυτόχρονα, κατόπιν χύτευσής τους, τα κράματα μεταλλοκεραμικής δεν θα πρέπει να προκαλούν προβλήματα στην βιοσυμβατότητα.¹⁷
- Εξίσου σημαντικές είναι και οι χημικές ιδιότητες, λόγω της επίδρασής τους στα επίπεδα χημικής σταθερότητας και αντοχής των κραμάτων στην διάβρωση και την οξειδωση ενός της ανθρώπινης στοματικής κοιλότητας.¹⁷

2.3 Είδη κραμάτων

Εκτός των όσων προαναφέρθηκαν, παράλληλα, παρατηρείται η ύπαρξη μιας σύγχυσης σχετικά με τον τρόπο περιγραφής και προσδιορισμού των κραμάτων μεταλλοκεραμικής. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ανακρίβειας που χαρακτηρίζει τους όρους των πολύτιμων, ημιπολύτιμων και μη πολύτιμων μετάλλων και κραμάτων. Επίσης, είναι αποτέλεσμα της τυποποίησης, λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού των στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται στα κράματα, το όνομα ή η εκατοστιαία αναλογία των οποίων δεν αναφέρονται. Επιπλέον, οι διάφορες κλινικές συμμετέχουν ελάχιστα στην διαδικασία επιλογής των

κραμάτων.¹⁷

Με βάση τις επισημάνσεις και τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, στην οδοντιατρική χρησιμοποιούνται κράματα ευγενών και βασικών μετάλλων. Οδοντιατρικά κράματα, με αναλογία χρυσού ή άλλων ευγενών μετάλλων στην σύνθεσή τους πέραν του 75% του βάρους τους, χρησιμοποιούνταν πολύ συχνά στις περιπτώσεις ακίνητων οδοντικών προσθέσεων, μέχρι πριν αρκετά χρόνια. Από τις αρχές, όμως, της δεκαετίας του 1980, οι τιμές του χρυσού αυξήθηκαν, με αποτέλεσμα την ύπαρξη σημαντικών αλλαγών και ως προς την σύνθεση που είχαν τα οδοντιατρικά κράματα, με σκοπό να μειωθεί το κόστος που έχουν οι προσθετικές εργασίες. Επομένως, έκτοτε, στα κράματα οδοντιατρικής χρήσης εμπεριέχονται και αυτά, των οποίων το όριο περιεκτικότητας σε χρυσό είναι κοντά στο 25% του βάρους τους. Μάλιστα, βάσει των νεότερων προδιαγραφών που όρισε η ADA, η κατάταξη των οδοντιατρικών κραμάτων γίνεται στις κάτωθι ομάδες: πρώτον, σε αυτή των πολύτιμων ή ευγενών κραμάτων, τα οποία περιέχουν μεγάλο ποσοστό από ευγενή μέταλλα, δεύτερον, την ομάδα των ημιπολύτιμων κραμάτων, στα οποία περιλαμβάνεται μικρότερο ποσοστό μετάλλων μεν, αλλά πλέον του 25%, τρίτον, την ομάδα των βασικών κραμάτων, όπου εμπεριέχονται ευγενή μέταλλα ποσοστού πιο μικρό από 25% και τέλος, την ομάδα των κραμάτων από τιτάνιο.¹⁷

3° Κεφάλαιο: Μεταλλοκεραμικές Αποκαταστάσεις

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα, το οποίο προσφέρει μια μεταλλοκεραμική αποκατάσταση είναι η μόνιμη αισθητική της ποιότητα. Δεδομένου ότι υπάρχει μια σταθερή σύνδεση μεταξύ του κεραμικού που ενεργεί ως κάλυψη και του μετάλλου, σχεδόν καμία αλλαγή χρώματος δεν θα συμβεί στην κεραμική κατασκευή. Μια μεταλλοκεραμική αποκατάσταση, η οποία έχει παραχθεί σωστά αποτελεί και την πιο σταθερή και πιο ανθεκτική κατασκευή, σε σχέση με αποκαταστάσεις που χρησιμοποιούν άλλα υλικά. Ωστόσο, μια μεταλλοκεραμική αποκατάσταση, η οποία περιλαμβάνει πολλά δόντια μπορεί να σπάσει και να τεμαχίσει το κεραμικό υπό πίεση λόγω της κατώτερης αντοχής του σε κάμψη. Εξαιτίας αυτού, είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες σύγκλεισης όταν κατασκευάζεται μια τέτοια αποκατάσταση.²¹

Η μεταλλοκεραμική αποτελεί και παραμένει το σημαντικότερο υλικό αποκατάστασης των στεφανών στις οπίσθιες περιοχές. Οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις είναι απαραίτητες για αποκαταστάσεις που υποστηρίζονται από εμφυτεύματα.²¹

3.1 Δομή μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης

Ο μεταλλοκεραμικός σκελετός μιας μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης πρέπει να στηρίζει όσο το δυνατόν περισσότερο το πυροσυσσωματωμένο κεραμικό. Για να αποφευχθεί η λάμψη του σκούρου μεταλλικού σκελετού, πρέπει να τοποθετηθεί και να πυροδοτηθεί ένα στρώμα αδιαφάνειας πριν από την εφαρμογή των κεραμικών μαζών. Αυτό το στρώμα μπορεί να οδηγήσει σε κακή αισθητική εάν δεν υπάρχει επαρκής χώρος για τις κεραμικές μάζες.²¹

3.2 Δομή μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης με αυχενικό κεραμικό όριο

Για να βελτιωθεί η αισθητική των ούλων, αποφεύγοντας τις αντιαισθητικές μεταλλικές άκρες, ο μεταλλικός σκελετός συντομεύεται και κατασκευάζεται ένα ολοκεραμικό όριο.²¹

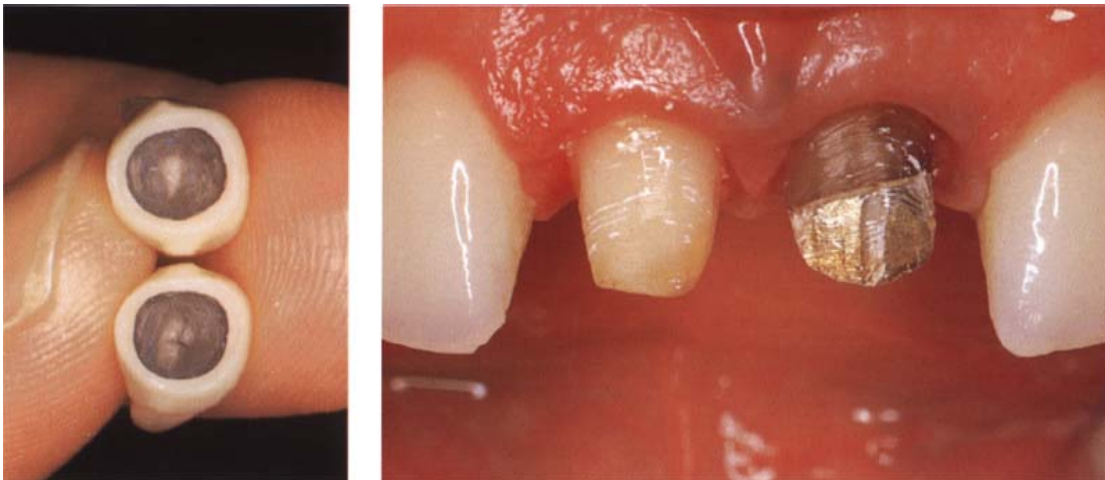
Ένα άλλο πλεονέκτημα των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, σε αντίθεση με τις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις, είναι ότι πρέπει να αφαιρεθεί λιγότερη οδοντική ουσία για να δημιουργηθεί αρκετός χώρος για τη στεφάνη, εάν χρησιμοποιείται μέταλλο για να καλύψει τις συγκλεισιακές και γλωσσικές, όπως και

τις υπερώες επιφάνειες.²¹ Η αντοχή στην κάμψη πρέπει να βελτιστοποιηθεί για να αποφευχθεί πιθανό κάταγμα του κεραμικού. Το μέτρο ελαστικότητας των κεραμικών είναι σχετικά υψηλό, ενώ τόσο η αντοχή εφελκυσμού όσο και η αντοχή σε διάτμηση είναι χαμηλές και ως αποτέλεσμα η ευκαμψία είναι χαμηλή.

Οι πιέσεις που υπερβαίνουν το αναλογικό όριο οδηγούν σε εύθραυστες αστοχίες. Κατά συνέπεια, το κεραμικό μπορεί να αντισταθεί μόνο σε περιορισμένη ελαστική παραμόρφωση. Ο μεταλλικός σκελετός πρέπει να είναι άκαμπτος για να στηρίζει επαρκώς το κεραμικό. Δεδομένου ότι η ανατομική μορφή της στεφάνης δεν πρέπει να διαφέρει από εκείνη του φυσικού δοντιού, πρέπει να αποκοπεί περισσότερη οδοντική ουσία για να παραχθεί επαρκής χώρος για τη στεφάνη.²¹ Παρά τα ορισμένα μειονεκτήματά τους, οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις περιλαμβάνονται στις πιο κοινές θεραπείες με σταθερές προσθέσεις.

3.3 Μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις με κυκλικό κεραμικό όριο

Τα ενδοδοντικά επεξεργασμένα, έντονα αποχρωματισμένα δόντια μπορούν να αντιμετωπιστούν καλύτερα με μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις.²²



Εικόνα 6: Αριστερά: Για τις υψηλότερες αισθητικές απαιτήσεις, μπορεί επίσης να κατασκευαστεί ένα κυκλικό, ολοκεραμικό όριο.²²

3.4.Ολοκεραμικές και μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις

Κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών, οι γέφυρες θα συνεχίσουν να κατασκευάζονται στις οπίσθιες περιοχές με μεταλλοκεραμικές κατασκευές, επειδή δεν έχει υπάρξει, προς το παρόν, ένα ολοκεραμικό σύστημα, το οποίο θα έχει αυξημένα ποσοστά επιβίωσης στον χρόνο για τέτοιου είδους αποκαταστάσεις.²²

3.4.1 Κλινική Επιτυχία της Μεταλλοκεραμικής Αποκατάστασης

Οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις έχουν, σε σύγκριση με τις ολοκεραμικές στεφάνες και γέφυρες, πολύ μικρότερο κίνδυνο θραύσης. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν καλά έως εξαιρετικά αισθητικά αποτελέσματα και μακροζωία. Οι μεταλλοκεραμικές στεφάνες και γέφυρες παρουσιάζουν ποσοστά επιτυχίας 97% κατά τα πρώτα επτάμισι χρόνια. Μετά από 10 χρόνια, το 95% των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων εξακολουθούν να υπάρχουν μέσα στην ανθρώπινη στοματική κοιλότητα.²²

Τα καθιερωμένα συστήματα μεταλλοκεραμικής μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία εφόσον πληρούνται δύο βασικές αρχές: εάν υπάρχει συμβατότητα των υλικών (θερμική συμβατότητα και κεραμική συγκολλητική ικανότητα) καθώς και όταν γίνεται σωστός σχεδιασμός σκελετού και επεξεργασία υλικών.²²

Ωστόσο, το ποσοστό επιτυχίας μετά από επτάμισι χρόνια αναφέρεται μόνο σε κράματα ευγενών μετάλλων με περιεκτικότητα σε χρυσό τουλάχιστον 40%, καθώς και σε χύτευση με συμβατικά μεταλλικά όρια. Μόνο ένας περιορισμένος αριθμός πληροφοριών είναι διαθέσιμος σε στεφάνες με κεραμικά όρια. Μπορεί να είναι πιθανό τα κεραμικά όρια να σπάσουν υπό υψηλή πίεση. Τα δεδομένα σχετικά με τις μεταλλοκεραμικές κατασκευές που είναι χτισμένες σε σκελετούς τιτανίου δεν έχουν γίνει ακόμα ευρέως γνωστά. Ως εκ τούτου, η χρήση των τελευταίων αποκαταστάσεων συνιστάται αποκλειστικά για τη θεραπεία των πρόσθιων δοντιών.²²

3.4.2 Η φύση των κεραμικών αποκαταστάσεων των δοντιών

Τα αδύνατα σημεία σε μια κεραμική κατασκευή περιλαμβάνουν αιχμηρές γωνίες, σαφείς αλλαγές στο πάχος των κεραμικών και υψηλά επίπεδα τάσης εφελκυσμού στο κεραμικό πλαίσιο. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις κεραμικές γέφυρες, οι οποίες απαιτούν τα μεσοδόντια διαστήματα να είναι προσεκτικά διαμορφωμένα και στρογγυλεμένα. Οι τάσεις εφελκυσμού αναπτύσσονται υπό συγκλεισιακή δύναμη σε αυτές τις περιοχές. Τα κεραμικά όρια βελτιώνουν την αισθητική στο ουλικό τρίτο της μεταλλοκεραμικής στεφάνης. Ωστόσο, ο κίνδυνος κατάγματος είναι αυξημένος, ιδιαίτερα με στεφάνες στις γομφίες περιοχές.²²

3.4.3 Θερμική συμβατότητα

Για την προστασία του κεραμικού από ρωγμές ή θραύση λόγω θερμικά επαγόμενων τάσεων εφελκυσμού, το κεραμικό πρέπει να βρίσκεται σε ελαφρά συμπίεση πριν γίνουν οι τελικές ρυθμίσεις και επιδιορθώσεις. Για να προκληθεί τέτοια συμπίεση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πυροδότησης, ο συντελεστής θερμικής διαστολής του μετάλλου θα πρέπει καταρχήν να είναι ελαφρώς υψηλότερος από αυτόν του κεραμικού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ψύξης σε θερμοκρασία δωματίου. Μια τέτοια μικρή διαφορά προκαλεί μια ορισμένη πίεση στο κεραμικό και έτσι ενισχύει την αποκατάσταση.²²

Στην περίπτωση των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, οι συντελεστές θερμικής διαστολής του κεραμικού και του μετάλλου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην περιοχή θερμοκρασιών 600–625 °C ή 500–525 °C. Μεταλλοκεραμικά συστήματα που έχουν διαφορά στους συντελεστές θερμικής διαστολής (μέταλλο μείον κεραμικό) $0,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ή λιγότερο, είναι αποδεκτά. Σύμφωνα με ορισμένα πειράματα, φαίνεται σαν μια κάπως υψηλότερη διαφορά μέχρι $0,75 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ μπορούν να εφαρμοσθούν χωρίς τον κίνδυνο ρωγμών ή καταγμάτων στο κεραμικό.²²

3.5 Σύνδεση κεραμικού και μετάλλου

Μία από τις σημαντικότερες προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη μεταλλοκεραμική αποκατάσταση είναι η διαρκής σύνδεση μεταξύ του κεραμικού και του μεταλλικού κράματος, όπως και η θερμική τους συμβατότητα. Το επίπεδο οξειδωσης του κράματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητά του να σχηματίζει έναν διαρκή δεσμό με το κεραμικό: κράματα που παράγουν ένα στερεό στρώμα οξειδίου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απαέρωσης μπορούν και αυτά να παράγουν έναν αξιόπιστο δεσμό με το κεραμικό. Αντίθετα, τα κράματα με ασθενές στρώμα οξειδίου σχηματίζουν κακούς δεσμούς με το κεραμικό.²²

Τα κατάγματα των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων είναι σπάνια. Ωστόσο, μπορεί να εμφανιστούν εάν κάποιος χρησιμοποιεί ένα νέο κράμα, ένα νέο κεραμικό ή μια νέα τεχνική επεξεργασίας. Αν και υπάρχει πληθώρα πιθανών θέσεων γραμμής κατάγματος, παρακάτω είναι τρεις τύποι που είναι ιδιαίτερα σημαντικοί:

- γραμμές θραύσης στο αδιαφανές στρώμα ή μεταξύ του αδιαφανούς στρώματος και του οξειδίου

- γραμμές θραύσης στη στιβάδα οξειδίου
- γραμμές θραύσης μεταξύ μεταλλικής και οξειδιακής στιβάδας.

Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μεγέθυνση x 100 για να αναγνωριστεί η θέση και η αιτία ενός κατάγματος, διότι διαφορετικά οι λεπτές μεταβάσεις δεν είναι ορατές. Κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους γραμμής θραύσης υποδηλώνει αστοχίες υλικού ή επεξεργασίας. Εάν το κάταγμα περιορίζεται αποκλειστικά στο κεραμικό, η αστοχία πιθανότατα οφείλεται σε υψηλή πίεση, υπερσύγκλιση, τρίξιμο των δοντιών ή μεγαλύτερα ελαττώματα που υπάρχουν στη δομή του υλικού.²²

Advantages and Disadvantages of Shoulder Ceramics
<ul style="list-style-type: none"> • Improved aesthetics • Risk of fracture during cementation • Restricted utilization in the labial region of upper incisors • Special shoulder ceramic is necessary • Higher cost
Tips For Reducing Fractures
<ul style="list-style-type: none"> • Perfect impression and die is needed • Avoid using on molars under heavy stress • Not suitable for bridges • Use adhesive bonding technique (resin cements)

Εικόνα 7: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κεραμικών ορίων που χρησιμοποιούνται σε μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις (πάνω) και συμβουλές για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να μειωθεί ο κίνδυνος θραύσης ολοκεραμικών στεφανών και στεφανών με κεραμικό όριο.²²

Για να επιτευχθεί ένας σταθερός μεταλλοκεραμικός δεσμός σε ένα χυτό μεταλλικό σκελετό, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ένα οξύδιο που παράγεται από ένα βασικό μεταλλικό συστατικό (π.χ. ίνδιο ή κασσίτερο). Αυτό το στρώμα οξειδίου σχηματίζεται μέσω ειδικής μεθόδου θερμικής επεξεργασίας ή κατά το πρώτο στάδιο πυροδότησης του αδιαφανούς. Οι μεταλλικοί σκελετοί για στεφάνες αλουμινίου και χημικά επιμεταλλωμένες στεφάνες, όπως το σύστημα Captek (Leach & Dillon), το σύστημα Renaissance (Unikorn), το σύστημα Cerplatec (Cerplatec) και άλλες γαλβανικές διαδικασίες κατασκευής, χρησιμοποιούν κεραμικό συνδετικό υλικό όπως το μεταλλοκεραμικό υλικό Carbond για το σύστημα στεφάνης αλουμινίου Captek (Leach & Dillon).²²

Το χρυσό χρώμα της δαχτυλήθρας αλουμινίου βελτιώνει τον τόνο του

κεραμικού. Απαιτείται ένα αδιαφανές στρώμα κάλυψης με τα κανονικά σκοτεινά οξειδία των τυπικών κραμάτων μεταλλοκεραμικής. Δεδομένου ότι μπορεί κανείς να μεταβάλει τον τόνο του χρυσού από κοκκινωπό-καφέ μέχρι γκρι, αυτός είναι ένας επιπλέον τρόπος επηρεασμού του χρώματος του κεραμικού.²²

3.6 Ταξινόμηση οδοντιατρικών κεραμικών

Τα ακόλουθα κεραμικά ανήκουν στην κατηγορία οδοντοπλαστικής: κεραμικά με άστριο, κεραμικά ενισχυμένα με λευκίτη, κεραμικά με χαμηλό σημείο τήξης, γυάλινα κεραμικά, μάζες πυρήνα υψηλής αντοχής (αλουμίνα), γυάλινη διηθημένη αλουμίνα, καθώς και κεραμικά που έχουν παραχθεί με την τεχνολογία CAD / CAM. Τα οδοντιατρικά κεραμικά χωρίζονται σε διαφορετικές ομάδες ανάλογα με τη χημική τους σύνθεση (άστριος, λευκίτης, αλουμίνα, γυάλινη αλουμίνα και γυάλινα κεραμικά), την εφαρμογή τους (ανακατασκευή δοντιών, μεταλλοκεραμική, ένθετα, στεφάνες και πρόσθιες γέφυρες), τη διαδικασία κατασκευής ή τη δομή του υλικού (χυτό μέταλλο, γυαλισμένο μεταλλικό φύλλο, γυάλινα κεραμικά, κεραμικά CAD / CAM και πυροσυσσωματωμένο κεραμικό πυρήνα). Πυροσυσσωμάτωση, συμπίεση, χύτευση, χύτευση ολίσθησης ακολουθούμενη από διείδυση γυαλιού και μηχανική κατεργασία (χειροκίνητη ή με υπολογιστή) είναι οι διαφορετικές μέθοδοι κατασκευής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κεραμικών αποκαταστάσεων.²²

Ταξινόμηση οδοντικών κεραμικών με βάση τη θερμοκρασία ψησίματος:²²

- υψηλό σημείο τήξης: 1201–1450°C
- μεσαίο σημείο τήξης: 1051–1200°C
- χαμηλό σημείο τήξης: 850–1050°C
- πολύ χαμηλό σημείο τήξης: < 850°C

3.7 Ταξινόμηση κεραμικών υλών

Κεραμικά με μεσαίο έως υψηλό σημείο τήξης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δοντιών που χρησιμοποιούνται σε οδοντοστοιχίες, ενώ κεραμικά χαμηλού και πολύ χαμηλού σημείου τήξης χρησιμοποιούνται για κατασκευές στεφάνης και γέφυρας. Κεραμικά με ιδιαίτερα χαμηλά σημεία τήξης χρησιμοποιούνται για την κάλυψη σκελετών τιτανίου (ή κραμάτων τιτανίου), καθώς

ο συντελεστής θερμικής διαστολής τους είναι κοντά σε αυτόν του μετάλλου. Αυτά τα κεραμικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη ορισμένων κραμάτων χρυσού τύπου IV χαμηλής τήξης. Ωστόσο, μερικά από τα κεραμικά με χαμηλό σημείο τήξης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για συμβατικά κράματα μεταλλοκεραμικής (εξαιρετικά ευγενή, ευγενή ή μη ευγενή μέταλλα), καθώς έχουν επαρκώς υψηλούς συντελεστές θερμικής διαστολής.²³

Δύο από τα κεραμικά πολύ χαμηλής σύντηξης (Duceram-LFC και Duceragold) είναι τα λεγόμενα υδροθερμικά κεραμικά. Οφείλουν τη βελτιωμένη αντοχή τους σε μια υδρολυτική συρρίκνωση που συμβαίνει όταν τα ιόντα υδροξυλίου αλληλεπιδρούν κατά την πρόσκρουση θερμότητας και ατμού. Η θερμοκρασία υαλοπινάκων των συμβατικών κεραμικών μειώνεται με την προσθήκη οξειδίων αλκαλίων. Ωστόσο, η χημική και υδρολυτική σταθερότητα μειώνεται με αυξημένη ποσότητα οξειδίων αλκαλίων (πάνω από μια ορισμένη συγκέντρωση). Επιπλέον, εμφανίζεται μειωμένη αντοχή σε κάταγμα λόγω της παρουσίας νέων εγκλεισμάτων. Με κεραμικά χαμηλής τήξης, η εμπλουτισμένη με υδροξύλιο επιφάνεια καθιστά το κεραμικό πιο εύκαμπτο και επιτρέπει την επισκευή των επιφανειακών εγκλεισμάτων.²³

Όσον αφορά στην χημική ανθεκτικότητα, τα κεραμικά υαλοπινάκων προτιμώνται έναντι των μαζών υαλοπινάκων. Μια υψηλότερη συγκέντρωση τροποποιητών γυαλιού μειώνει την αντίσταση του εφαρμοζόμενου επιφανειακού υάλου σε σύγκριση με το κανονικό επιφανειακό λούστρο του κεραμικού. Κατά τη διάρκεια του υαλοπίνακα, σχηματίζεται ένα λεπτό εξωτερικό στρώμα. Μια ορισμένη θερμοκρασία και χρόνος επεξεργασίας οδηγεί στο σχηματισμό μιας μαλακότερης γυάλινης φάσης και στο σχηματισμό κρυσταλλικών σωματιδίων εντός της επιφανειακής περιοχής.²³

Το νερό είναι ένας άλλος σημαντικός τροποποιητής γυαλιού, αν και δεν είναι ένα από τα επιδιωκόμενα πρόσθετα που υπάρχουν στα κεραμικά. Σε κεραμικά που περιέχουν τροποποιητές γυαλιού, όπως ιόντα νατρίου ή άλλων μετάλλων, αυτά τα ιόντα μπορούν να αντικατασταθούν με ιόντα υδρονίου. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να οδηγήσει σε αργή διάδοση ρωγμών στο κεραμικό εάν εκτίθεται σε τάσεις εφελκυσμού ή υγρό περιβάλλον. Επίσης, αυτός μπορεί να είναι ο λόγος για τον οποίο οι κεραμικές αποκαταστάσεις σπάνε μετά από μερικά χρόνια χωρίς αναγνωρίσιμο λόγο.²³

3.8 Αντοχή και κίνδυνος θραύσης κεραμικών

Τα κεραμικά υλικά δεν επιδεικνύουν τη δύναμη που θα περίμενε κανείς από τη μοριακή δομή τους. Μικρά ελαττώματα, όπως για παράδειγμα γρατζουνιές, μπορούν να βρεθούν στην επιφάνεια σχεδόν οποιουδήποτε υλικού και αυτές οι γρατζουνιές είναι ο λόγος για τη χαμηλότερη αντοχή.²³ Τέτοια επιφανειακά ελαττώματα είναι συγκρίσιμα με αιχμηρές τομές σε άκρες ρωγμών που μπορεί να είναι τόσο στενές όσο η απόσταση μεταξύ δύο ατόμων. Η συγκέντρωση τάσης που προκύπτει από το ελάττωμα έχει ως αποτέλεσμα μια τοπική αύξηση της τάσης εφελκυσμού. Ωστόσο, η θεωρητική αντοχή του υλικού βασίζεται στην υπόθεση ότι υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων σε ολόκληρη τη δομή. Εάν η τάση εφελκυσμού υπερβαίνει το όριο αντοχής στην άκρη ενός ελαττώματος, ο χημικός δεσμός σπάει σε αυτό το άκρο και μια ρωγμή αρχίζει να διαδίδεται. Η τάση εφελκυσμού στην άκρη της ρωγμής παραμένει έως ότου η ρωγμή έχει διαδοθεί σε ολόκληρο το υλικό ή έχει φτάσει σε άλλη ρωγμή, πόρο ή κρυσταλλικό σωματίδιο, έτσι ώστε να συμβαίνει συμπίεση και να κατανέμονται οι τάσεις. Αυτό το φαινόμενο εξηγεί γιατί ορισμένα υλικά αποτυγχάνουν σε πιέσεις πολύ χαμηλότερες από τις θεωρητικές τιμές αντοχής τους.²³

Η αστοχία των κεραμικών και οι χαμηλές τιμές αντοχής σε εφελκυσμό μπορούν να εξηγηθούν με βάση τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται οι συγκεντρώσεις τάσης στα επιφανειακά εγκλείσματα. Υπό ορισμένες συνθήκες, τα εγκλείσματα μπορούν επίσης να προκαλέσουν ρωγμές μέσα στο υλικό. Δεδομένου ότι τα κεραμικά δεν διαθέτουν άλλο μηχανισμό κατανομής τάσης για την αντιμετώπιση των φορτίων εφελκυσμού εκτός από την ανάπτυξη ρωγμών, οι ρωγμές μπορούν να συνεχίσουν να αναπτύσσονται υπό συνθήκες χαμηλής πίεσης σε ολόκληρο το υλικό. Επομένως, η αντοχή στην κάμψη των κεραμικών και του γυαλιού είναι ουσιαστικά χαμηλότερη από την αντοχή τους σε θλίψη.²³

Σύνθετες πιέσεις αναπτύσσονται μέσα στο στόμα. Η μέγιστη πίεση εμφανίζεται στην επιφάνεια της αποκατάστασης. Ως εκ τούτου, τα επιφανειακά εγκλείσματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για να κρίνουμε τη δύναμη ενός κεραμικού. Η αφαίρεση ή η μείωση του αριθμού των επιφανειακών εγκλεισμάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της αντοχής στη θραύση. Η αντοχή θραύσης του υλικού μπορεί να βελτιωθεί με δύο τρόπους:

- μέσω της εισαγωγής θλιπτικής τάσης εντός της επιφάνειας του υλικού, και

- μέσω της διακοπής της διάδοσης ρωγμών στο υλικό.²³

3.9 Διαδικασίες Ενίσχυσης Κεραμικών

3.9.1 Πίεση που προκαλείται από υπολειμματικές συμπιεστικές τάσεις

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη διαδικασία για την ενίσχυση των κεραμικών είναι η εισαγωγή συμπιεστικών υπολειμματικών τάσεων μέσα στην επιφάνεια του υλικού. Για να γίνει αυτό, επιλέγονται κεραμικά που έχουν μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής από το μέταλλο.²³ Η ανταλλαγή ιόντων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συμπιεστικών τάσεων στην κεραμική επιφάνεια. Η διαδικασία ονομάζεται επίσης χημική σκλήρυνση και περιλαμβάνει ανταλλαγή ιόντων νατρίου. Το νάτριο είναι ένα κοινό συστατικό σε πολλούς τύπους γυαλιού και έχει σχετικά μικρή ακτίνα ιόντων. Εάν τοποθετηθεί γυαλί που περιέχει νάτριο σε λουτρό που περιέχει λιωμένο νιτρικό κάλιο, τα ιόντα νατρίου στην επιφάνεια του γυαλιού αντικαθίστανται από ιόντα καλίου. Επειδή η ακτίνα του ιόντος καλίου είναι μεγαλύτερη από την ακτίνα του ιόντος νατρίου κατά περίπου 35%, το ιόν καλίου θα καταλάβει μεγαλύτερο όγκο όταν εισέλθει στην επιφάνεια και η επιφάνεια του υλικού θα αυξήσει το επίπεδο συμπίεσης της επιφάνειας του.²³

Τις περισσότερες φορές, οι οδοντικές στεφάνες, οι γέφυρες και κάποιες αφαιρούμενες μερικές οδοντοστοιχίες χρειάζονται ένα πλαίσιο στήριξης που θα έχει σχεδιαστεί για να παρέχει αντοχή σε όλη την αποκατάσταση και να υποστηρίξει τα αισθητικά υλικά (πορσελάνη, σύνθετα, ακρυλικά).²³

Το πλαίσιο μπορεί να κατασκευαστεί από διάφορα κράματα μετάλλων ή ζirkονίας. Υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις, όταν η αποκατάσταση σχεδιάζεται χωρίς σκελετό στήριξης. Η κατασκευή του μεταλλικού πυρήνα είναι μια διαδικασία που απαιτεί υπομονή και χρόνο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι κραμάτων μετάλλων: κράματα ευγενών μετάλλων (χρυσός, παλλάδιο) ή κράματα βασικών μετάλλων (χρώμιο-νικέλιο, χρώμιο-κοβάλτιο ή τιτάνιο).²³

Ειδικό μέρος: Μέθοδοι κατασκευής του μεταλλικού σκελετού

Σε πολλές χώρες ο αριθμός των οδοντικών αποκαταστάσεων έχει μειωθεί σημαντικά λόγω των προληπτικών μέτρων. Αν και η συντηρητική θεραπεία δεν θα καταστεί παρωχημένη, θα απαιτηθούν λιγότερες αποκαταστάσεις και πολλά σφραγίσματα θα έχουν μικρότερες επεκτάσεις. Συνήθως, οι μικρότερες κοιλότητες είναι ευκολότερο να αποκατασταθούν και τα σύνθετα υλικά με βάση το πολυμερές, καθώς και τα ιονομερή γυαλιού και τα σύνθετα μπορεί επίσης να είναι κατάλληλα ως υλικά αποκατάστασης, για παράδειγμα, για προληπτικές αποκαταστάσεις ρητίνης. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες κοιλότητες εξακολουθούν να αποτελούν πρόβλημα όσον αφορά τη θεραπεία και το κόστος, κυρίως όσον αφορά τις συζητήσεις για τα αμαλγάματα σε χώρες όπως η Γερμανία και η Σουηδία. Πολύ συχνά μεγάλα ελαττώματα μπορούν να αποκατασταθούν μόνο με ένθετα ή ακόμα και επένθετα. Εκτός από τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής ένθετων από οδοντοτεχνίτες (πυροσυσσωμάτωση, χύτευση, συμπίεση) υπάρχει η δυνατότητα λείανσης αποκαταστάσεων από προσχηματισμένο κύβο, είτε μέσω σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή/κατασκευής με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD/CAM) είτε με τη χρήση μονάδας φρεζαρίσματος αντιγράφων, των λεγόμενων «αφαιρετικών μεθόδων».¹

1^οΚεφάλαιο: Μέθοδος χαμένου κεριού

Η διαδικασία εκτελείται στο οδοντικό εκμαγείο και εμπλέκονται διάφορα στάδια:

1.1Κέρωμα

Το πρώτο βήμα είναι να δημιουργηθεί ο μεταλλικός σκελετός χρησιμοποιώντας μια τεχνική κερώματος. Βασικά, ολόκληρος ο μεταλλικός σκελετός είναι σμιλεμένος σε κερί στο ακριβές σχήμα και μέγεθος, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πτυχές που απαιτούνται από τη συγκεκριμένη κλινική κατάσταση. Μετά τη χύτευση του τετηγμένου κράματος μετάλλου, ολόκληρο το μοτίβο κεριού μετατρέπεται σε αντίγραφο σε οδοντικό κράμα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι τεχνικών κερώματος και η συσσώρευση εξαρτάται άμεσα από τον τύπο αποκατάστασης που κατασκευάζεται. Εάν, για παράδειγμα, κατασκευαστεί μια μεγάλη οδοντική γέφυρα, πρώτα μοντελοποιούνται οι μεταλλικοί σκελετοί για όλες τις στεφάνες συγκράτησης. Μετά

από αυτό, τα μοντέλα σμιλεύονται ανάμεσα στους σκελετούς. Προφανώς, όταν κατασκευάζονται οδοντικές στεφάνες, η διαδικασία είναι κάπως απλοποιημένη.¹

1.1.1 Κέρωμα για οδοντικές στεφάνες μεταλλικού σκελετού

Η τεχνική εξαρτάται από τον τύπο αποκατάστασης που κατασκευάζεται: η πορσελάνη που συγχωνεύεται με μεταλλικές στεφάνες έχει διαφορετικό σχήμα (και μέγεθος) σε σύγκριση με τις οδοντικές σύνθετες ή ακρυλικές στεφάνες.¹

1.1.2 Πορσελάνη συντηγμένη σε μεταλλικές στεφάνες

Μοντελοποιείται μια λεία και λεπτή (πάχους 0,3-0,5 mm) θήκη, η οποία είναι στενά προσαρμοσμένη στο προετοιμασμένο δόντι. Η θήκη αποστασιοποιείται από τα γειτονικά και αντίθετα δόντια (1,5 έως 2 mm), έτσι ώστε όλα τα στρώματα πορσελάνης να μπορούν να δημιουργηθούν σωστά στην κορυφή του σκελετού.¹



Εικόνα 8: Κέρινο ομοίωμα. Ίδια φωτογράφιση.

1.1.3 Μεταλλικές-ακρυλικές ή μεταλλικές σύνθετες στεφάνες

Ο σκελετός έχει μεγαλύτερο πάχος και δεν είναι τόσο στενά προσαρμοσμένος από το κάτω δόντι. Οι επαφές με τα γειτονικά δόντια διαμορφώνονται προσεκτικά και όλες οι λεπτομέρειες από την πλευρά της σύγκλεισης, ακμές και αυλακώσεις, δημιουργούνται σε κερί. Επειδή τα αισθητικά υλικά τοποθετούνται κανονικά μόνο στην ορατή πλευρά του δοντιού, τα υπόλοιπα θα παραμείνουν γυμνά μέταλλα. Το δάγκωμα ελέγχεται προσεκτικά. Το αισθητικό υλικό, ακρυλικό ή συνθετικό, θα τοποθετηθεί σε ειδικό παράθυρο σκαλισμένο μέσα στο κερί. Το παράθυρο μπορεί να περιέχει μικρές χάντρες συγκράτησης, οι οποίες θα συγκρατούν το αισθητικό υλικό στη θέση του. Σε αυτή την περίπτωση, ολόκληρη η αποκατάσταση διαμορφώνεται σε κερί. Επειδή δεν υπάρχουν

αισθητικά υλικά, όλες οι πτυχές χτίζονται σε αυτό το στάδιο, ακμή, αυλακώσεις, συγκλεισιακές επαφές, επαφές με γειτονικά δόντια κλπ.¹

1.1.4 Κέρωμα για μεταλλικό σκελετό

Όταν κατασκευάζεται μια οδοντική γέφυρα, το κερύ τοποθετείται μεταξύ των ήδη διαμορφωμένων στεφάνων συγκράτησης ακολουθώντας τη γραμμή του οδοντικού τόξου. Οι μεταλλικοί σκελετοί όλων των τεχνητών δοντιών σμιλεύονται ξεχωριστά σε κερύ.¹

1.1.5 Πορσελάνη λιωμένη σε μέταλλο

Όταν τοποθετούνται αισθητικά υλικά γύρω από το μεταλλικό σκελετό, ο σκελετός απομακρύνεται από τα αντίθετα δόντια για να δημιουργηθεί αρκετός χώρος για την συσσώρευση πορσελάνης.¹

1.1.6 Μεταλλικές σύνθετες, μεταλλικές ακρυλικές και πλήρεις μεταλλικές γέφυρες

Ο σκελετός κερώνεται σε επαφή τόσο με τα αντίθετα δόντια όσο και με την κάτω κορυφογραμμή, ενώ υπάρχουν διάφοροι τύποι επαφών που μπορούν να σχεδιαστούν ανάλογα με την κλινική κατάσταση του ατόμου. Η συγκλεισιακή πλευρά έχει σχήμα παρόμοιο με τα φυσικά δόντια, με ακμές και αυλακώσεις, και η αποκατάσταση δεν πρέπει να διαμορφώνεται ως «πολύ υψηλή» ή «πολύ χαμηλή».

1.1.7 Στερέωση των αγωγών χύτευσης

Μετά την ολοκλήρωση του κερώματος, το κέρυνο ομοίωμα αποσπάται από τη γύψο για να στερεωθούν οι αγωγοί χύτευσης. Οι αγωγοί χύτευσης είναι κυλινδρικά κομμάτια κεριού που συνδέονται με το κέρυνο ομοίωμα. Μετά την καύση του κεριού, θα μετατραπούν σε περάσματα μέσω των οποίων το λιωμένο κράμα μετάλλου θα εισαχθεί στο κέρυνο ομοίωμα.¹ Ανάλογα με την έκταση της ανακατασκευής, μπορούν να συνδεθούν ένας ή περισσότεροι αγωγοί χύτευσης.

1.1.8 Ενίσχυση ή Επένδυση

Ενίσχυση ή επένδυση είναι η λειτουργία του περιβάλλοντος του κερίνου ομοιώματος με ένα υλικό που μπορεί να αντιγράψει με ακρίβεια το σχήμα και τα ανατομικά χαρακτηριστικά του. Το κέρυνο ομοίωμα και οι αγωγοί "επενδύονται" σε

ένα υλικό, καθώς κάθε κράμα μετάλλου έχει ένα συγκεκριμένο επενδυτικό υλικό, και το επενδυμένο κέρινο ομοίωμα θερμαίνεται μέχρι να καούν όλα τα υπολείμματα του κεριού. Μετά την καύση, το λιωμένο μέταλλο θα χυθεί στο κενό που δημιουργείται από το κέρινο ομοίωμα.¹

1.1.9.Τεχνική

Επιλέγεται το συγκεκριμένο επενδυτικό υλικό για το συγκεκριμένο κράμα μετάλλων. Το υλικό παρασκευάζεται, συνήθως με ανάμιξη σκόνης με νερό μαζί, μέχρι να φτάσει σε μια "κρεμώδη" υφή. Το κέρινο ομοίωμα με τους προσαρτημένους αγωγούς τοποθετείται σε ένα διαμορφωτή και καλύπτεται πλήρως με το επενδυτικό υλικό.¹

Το επενδυμένο κέρινο ομοίωμα θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες. Το υλικό επένδυσης είναι πολύ ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες οπότε δεν θα αλλάξει τη μορφή του με κανέναν τρόπο. Το κεριό θα καεί μακριά από το κέρινο ομοίωμα μέχρι να εξαλειφθούν όλα τα υπολείμματα. Μετά την καύση, προκύπτει ένας κενός χώρος, ο οποίος αποτελεί ένα ακριβές "αρνητικό" αντίγραφο του κερινού ομοιώματος. Το λιωμένο μέταλλο θα χυθεί σε αυτό το καλούπι μέσω των αγωγών χύτευσης.¹

1.1.10.Χύτευση

Η χύτευση είναι η διαδικασία με την οποία ένα κέρινο ομοίωμα μιας αποκατάστασης μετατρέπεται σε αντίγραφο σε οδοντικό κράμα. Εάν όλα τα βήματα έχουν γίνει ορθά, η τελική αποκατάσταση του χυτού θα είναι ίδια με το αρχικό κέρινο ομοίωμα και θα απαιτείται ελάχιστη τροποποίηση κατά τα επόμενα στάδια.

Το σχεδιασμένο κράμα μετάλλων θερμαίνεται σε ελαφρώς υψηλότερη θερμοκρασία από το σημείο τήξης του. Όταν το κράμα γίνει ρευστό, το λιωμένο μέταλλο χυτεύεται στο κενό που δημιουργείται από το κέρινο ομοίωμα μέσω των αγωγών χύτευσης. Υπάρχουν συγκεκριμένες συσκευές που μπορούν να βοηθήσουν τη διαδικασία πιέζοντας το λιωμένο μέταλλο μέσα στο καλούπι. Είναι πολύ σημαντικό για το κράμα μετάλλων να καταλαμβάνει ολόκληρο το χώρο μέσα στο καλούπι. Διαφορετικά, η ακρίβεια της αναπαραγωγής, μπορεί να μην είναι εφικτή. Μόλις στερεοποιηθεί το κράμα μετάλλων, η επένδυση σπάει και αφαιρείται η τραχιά χύτευση. Ο μεταλλικός σκελετός εμφανίζεται προσαρτημένος στα μεταλλικά έλατα.¹

Ακόμα κι αν όλα τα βήματα ολοκληρώθηκαν με ορθότητα και ακρίβεια, εξακολουθούν να απαιτούνται μικρές τροποποιήσεις.¹

1.1.11 Κατεργασία μεταλλικού σκελετού

Μόλις κρυώσει ο δακτύλιος χύτευσης, ασκείται δύναμη με σφυρί ελαφρά την μεταλλική επιφάνεια μέχρι να διαχωριστεί ο δακτύλιος από το πυρόχωμα



(υλικό επένδυσης).¹

Εικόνα 9: Δακτύλιος χύτευσης. Ιδία φωτογράφιση.

Στη συνέχεια, χτυπώντας μόνο στην ίδια μεταλλική επιφάνεια με πριν, απομακρύνεται όσο περισσότερο πυρόχωμα είναι εφικτό.



Εικόνα 10: Στίλβωση και φινίρισμα του μεταλλικού πλαισίου.

Ιδία φωτογράφιση

Υπολείμματα πυροχώματος και οξειδίων τα απομακρύνονται με τη βοήθεια της

αμμοβολής χρησιμοποιώντας οξείδια 50 μm



Εικόνα 11: Σκελετός μετά την κοπή των αγωγών. Ιδία φωτογράφιση.

Κόβονται οι αγωγοί (Εικ11). Αφού έχει καθαριστεί ο μεταλλικός σκελετός τον τοποθετώ στο εκμαγείο για να ελέγξω την εφαρμογή. Με μικρό τροχόλιθο απομακρύνονται τυχόν υπολείμματα οξειδίων ή φυσαλίδες μέχρι να εφαρμόσει τέλεια στο δόντι. Με δίσκο τροχίζεται το μέταλλο στο επιθυμητό πάχος(τουλάχιστον 3 χιλιοστά) και ελέγχω στη σύγκλιση ώστε να αφήνω χώρο για την προσθήκη πορσελάνης σε περίπτωση που πρόκειται για μεταλλοκεραμική κατασκευή. Τέλος, λειαίνεται ο σκελετός με φρέζα μικρή carbide ή τροχόλιθο και λεππύνεται με προσοχή να μην επηρεαστεί το ύψος τον αυχένα. Με χρήση 110μm οξειδίων στην αμμοβολή περνιέται όλη την εξωτερική επιφάνεια του σκελετού ενώ με 50 μm την εσωτερική. Σε περίπτωση εμφυτευμάτων ακολουθείται η ίδια διαδικασία χωρίς όμως να αγγίζονται καθόλου το εμφυτεύματα ώστε να μην αλλοιωθεί η εφαρμογή. Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διαδικασιών, ο μεταλλικός σκελετός αποστέλλεται στο οδοντιατρείο για έλεγχο στο στόμα του ασθενούς.¹

1.2 Μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο χαμένου κεριού

Η χύτευση χαμένου κεριού γενικά χρησιμοποιεί μια μεγάλη ποικιλία μετάλλων για τη δημιουργία εξαρτημάτων με εξαιρετική ακρίβεια και ανοχές. Οι τύποι μετάλλων που επιλέγονται για χύτευση εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του σχεδιασμού και τον τύπο του εξαρτήματος. Ένας από τους λόγους για τους οποίους η χύτευση χαμένου κεριού είναι τόσο δημοφιλής είναι ο απεριόριστος αριθμός μετάλλων που μπορούν να εφαρμοστούν στη διαδικασία.²⁴

Ετυμολογία της λέξης μέταλλο: Το μεταλλικό στοιχείο το δυνάμενο να αναμειχθεί μετά άλλου στοιχείου (σε υγρή μορφή) και να δημιουργήσει ένα νέο σώμα (κράμα), με νέες ιδιότητες. Οι μεταλλικές ιδιότητες είναι πολλές όμως οι απαιτούμενες για χρήση τους στην οδοντιατρική είναι να είναι βιοσυμβατά, χημικά αδρανή. Με βάση τη χημική τους συμπεριφορά τα μέταλλα διακρίνονται σε ευγενή, μη ευγενή και αυτό παθητικοποιούμενα.¹

Ευγενή μέταλλα είναι τα μέταλλα τα οποία είναι ανθεκτικά στη διάβρωση και την οξειδωση στον υγρό αέρα, σε αντίθεση με τα περισσότερα βασικά μέταλλα. Έχουν την τάση να είναι πολύτιμα, συχνά λόγω της σπανιότητάς τους στο φλοιό της Γης. Ως ευγενή μέταλλα θεωρούνται (κατ 'αύξουσα σειρά ατομικού αριθμού) τα εξής: ρουθίνιο, ρόδιο, παλλάδιο, ασήμι, όσμιο, ιρίδιο, λευκόχρυσος και χρυσός.¹

Τα ευγενή μέταλλα έχουν μειωμένη τάση προς ένωση με άλλα στοιχεία, καθώς δύσκολα συναντώνται ως ιόντα. Ο χρυσός δεν χρησιμοποιείται στην οδοντιατρική χωρίς τη δημιουργία κραμάτων καθώς είναι ένα μέταλλο μαλακό με μειωμένη αντοχή και σκληρότητα αλλά παρουσιάζει και προβλήματα στον δεσμό με κεραμικά υλικά λόγω των μειωμένων μηχανικών ιδιοτήτων του. Ο δεσμός του με το κεραμικό υλικό γίνεται με μηχανική σύνδεση και τη βοήθεια κραματικών προσθέσεων και η συμμετοχή του ως στοιχείο στα κράματα αυξάνει την ελατότητα, την ολκιμότητα και την αντοχή στην διάβρωση. Διάβρωση του μπορεί να προκληθεί μόνο από ισχυρά οξειδωτικά μέσα όπως υδατικά διαλύματα κυανιούχου καλίου, χλωρίου και βρωμίου όπως επίσης και από μίγμα υδροχλωρικού και νιτρικού οξέος σε αναλογία 3 προς 1. Δημιουργεί κράματα χρυσοκολλήσεων με τον άργυρο, τον ψευδάργυρο, τον κασσίτερο και τον χαλκό. Παλαιότερα σχημάτιζε κράματα και με το κάδμιο αλλά δεν χρησιμοποιούνται πλέον. Η πυκνότητα του χρυσού εξαρτάται από τον τρόπο χύτευσης του.¹

Στην οδοντιατρική ξεχωριστή κατηγορία αποτελεί το τιτάνιο το οποίο χρησιμοποιείται τόσο σε καθαρή μορφή όσο και σε προσμίξεις με άλλα κράματα καθώς έχει εξαιρετικές ιδιότητες. Ανήκει στην κατηγορία των αυτοπαθητικοποιούμενων μετάλλων. Ωστόσο, ο συντελεστής θερμικής διαστολής του δεν είναι συμβατός αυτών των πορσελάνων αστρίου που χρησιμοποιούνται συνήθως στη μεταλλοκεραμική. Για αυτόν τον λόγο σε συνδυασμό με το τιτάνιο χρησιμοποιούνται ειδικές πορσελάνες.

Στην οδοντιατρική προσθετική, η μέθοδος του χαμένου κεριού εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας κράματα κοβαλτίου και νικελίου, τα οποία είναι πιο οικονομικά και οικονομικά αποδοτικά από άλλα μέταλλα, όπως το ασήμι ή ο χρυσός. Οι μηχανικές ιδιότητες αυτών των μετάλλων εξασφαλίζουν υψηλή απόδοση, μεγάλη φθορά και σωστή εμφάνιση.²⁴

- Κοβάλτιο

Το κοβάλτιο είναι φυσικά ανθεκτικό στην οξείδωση με σκληρό και λαμπερό φινίρισμα. Προστατεύεται από την οξείδωση με μια παθητικοποιητική μεμβράνη οξειδίου. Το κοβάλτιο βρίσκεται στη φύση σε συνδυασμό με άλλα κράματα και διαχωρίζεται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία τήξης. Η αντοχή στη διάβρωση, τη θερμότητα και τη φθορά του κοβαλτίου το καθιστά ιδανικό για χύτευση χαμένου κεριού.²⁴

- Νικέλιο

Το νικέλιο περιέχει νικέλιο, χρώμιο και μολυβδαίνιο και έχει εξαιρετική αντοχή καθώς και αντοχή στη θερμότητα, τη φθορά και τη διάβρωση. Επιλέγεται ως μέταλλο χύτευσης επειδή μπορεί εύκολα να συγκολληθεί και να κατασκευαστεί με αντοχή σε ρωγμές και διάβρωση.²⁴

1.3.Ελαττώματα στην μέθοδο χαμένου κεριού

Όπως συμβαίνει με όλες τις διαδικασίες παραγωγής, υπάρχει πάντα η πιθανότητα σφαλμάτων και ελαττωμάτων. Στη χύτευση χαμένου κεριού, εμφανίζονται ελαττώματα λόγω σφαλμάτων λειτουργίας. Αυτά τα λάθη μπορούν να αποφευχθούν με προσεκτική εξέταση των διαδικασιών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας χύτευσης.²⁴

Τα σφάλματα σε αυτή τη μέθοδο μπορούν να προκύψουν για διάφορους λόγους. Είναι πολύ σημαντική η σωστή τοποθέτηση των αγωγών, η κατάλληλη επιλογή σχήματος και μεγέθους που θα έχει ο αγωγός χύτευσης. Εξαιτίας των αγωγών μπορούν να δημιουργηθούν ελλειπή χυτά, αφού το κράμα θα στερεοποιηθεί ταχύτερα στα λεπτότερα σημεία και δεν θα επιτρέψει τη ροή στα παχύτερα. Επίσης, το αποτέλεσμα του χυτού επηρεάζει και η επιλογή του δαχτυλίου χύτευσης, ο οποίος θα πρέπει να έχει το σωστό μέγεθος και διάμετρο ανάλογα με το πρόπλασμα που θα χυτευτεί. Ταυτόχρονα, η καύση του κεριού θα πρέπει να είναι απόλυτη και να μην μένουν υπολείμματα ενώ η προθέρμανση και η θερμοκρασία του λιωμένου κράματος κατά τη χύτευση θα πρέπει να είναι η κατάλληλη ώστε η πίεση που ωθεί το κράμα να εισέλθει στο καλούπι να είναι επαρκής και να μην παραμείνουν αέρια τα οποία θα δημιουργήσουν φουσαλίδες.

Εξαιτίας των παραπάνω λόγων μπορεί να προκύψουν χυτά τα οποία:

- δεν θα έχουν τις αρχικές διαστάσεις του κέρινου ομοιώματος λόγω συστολής-διαστολής ή θα έχουν υποστεί παραμόρφωση,
- θα έχουν φουσαλίδες,
- θα έχουν τραχιά επιφάνεια,
- θα έχουν αποστρογγυλεμένα και κοντά άκρα,
- θα έχουν εσωτερικούς πόρους,
- θα είναι ατελή.²⁵

2^ο Κεφάλαιο: Ψηφιακά συστήματα (CAD/CAM-systems)

Οι μέθοδοι της επιφανειακής ψηφιοποίησης τρισδιάστατης σάρωσης χωρίζονται σε άμεσες (στο δόντι) και έμμεσες μεθόδους (μέσω λήψης αποτυπωμάτων και κατασκευής μοντέλων ή μέσω προ-ένθετου) και μεταξύ μηχανικών και οπτικών αισθητήρων. Οι μηχανικές σαρώσεις που διεξάγονται από ένα προφιλόμετρο ή έναν αισθητήρα ακριβείας είναι πολύ ακριβείς, ωστόσο, έχουν και αρκετές ελλείψεις. Το άκρο σάρωσης παράγει σφάλματα στη μέτρηση σε απότομες πλευρές και παραμορφώνεται εύκολα. Οι υποβαθμισμένες περιοχές και τα στενά κενά, όπως οι σχισμές, δεν μπορούν να διερευνηθούν και πρέπει να αποκλειστούν. Ένα σημαντικό μειονέκτημα εξακολουθεί να είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την επίτευξη μιας κατάλληλα υψηλής ανάλυσης, ανάλογα με την απόσταση των σαρωμένων γραμμών.²⁶

Ορισμένα συστήματα προσφέρουν μόνο χειροκίνητη σάρωση και ο χειριστής καθορίζει την απόσταση δικτύου, δηλαδή την απόσταση μεταξύ των μετρούμενων σημείων, και την ανάλυση ανάλογα. Ο κίνδυνος εντοπίζεται στην επιθυμία να κερδηθεί χρόνος υπέρ της ακρίβειας, ο οποίος δεν πρέπει να αγνοηθεί σε αυτήν την περίπτωση. Διάφορες μέθοδοι έχουν προταθεί για οπτική σάρωση επιφανειών. Στην επανορθωτική οδοντιατρική, ο ενεργός τριγωνισμός έχει αποδειχθεί ως ο πλέον κατάλληλος. Παρόλα αυτά, οι διαφανείς ή εξαιρετικά ανακλαστικές επιφάνειες δεν μπορούν να μετρηθούν και, επομένως, με άμεσες μεθόδους, το σμάλτο πρέπει να καλύπτεται με σκόνη ή άλλο, παρόμοιο υλικό. Τα προηγούμενα συστήματα τριγωνισμού λέιζερ έδειξαν λιγότερη ακρίβεια στον άξονα z σε σύγκριση με τα μηχανικά προφιλόμετρα. Εν τω μεταξύ, διατίθενται συστήματα ισοδύναμα με τη μηχανική σάρωση όσον αφορά στην κάθετη ανάλυση, τα οποία είναι σε θέση να σαρώσουν σημαντικά ταχύτερα (κατά 500 φορές).²⁶



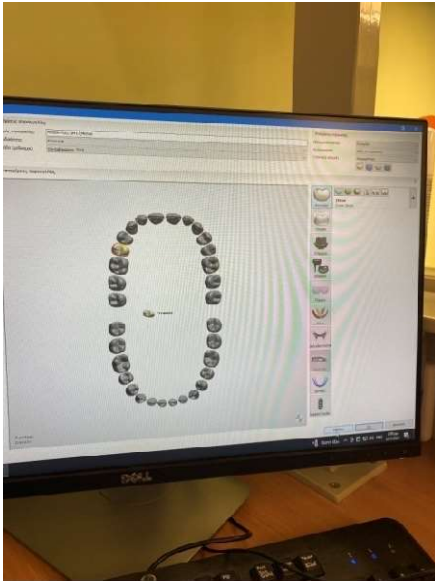
Εικόνα12: Σκανάρισμα κολοβώματος. Ίδια φωτογράφιση

Πράγματι, οι ανακρίβειες και άλλες πηγές σφαλμάτων κατά τη λήψη εντυπώσεων και τα στάδια κατασκευής μοντέλων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με όλα τα συστήματα. Η κάμερα Cerec (SIEMENS AG Corp., Fabrikstr. 31, D-64625 Bensheim, Germany) είναι προς το παρόν το μόνο εμπορικά διαθέσιμο σύστημα που επιτρέπει την απεικόνιση (σάρωση) στο στόμα χωρίς λήψη αποτυπωμάτων (άμεση μέθοδος). Η αναπόφευκτη κάλυψη με σκόνη προκαλεί ένα άλλο σφάλμα περίπου 20-40μμ με άμεσες μεθόδους, αν και έχουν γίνει βελτιώσεις. Το 1995, το Hembree ήταν σε θέση να αποδείξει ότι μια ακρίβεια προσαρμογής 90μm (τυπική απόκλιση SD + 80pm) μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση σκόνης και περίπου 63μm (SD + 71pm) με τη χρήση υδατοδιαλυτού χρώματος.²⁶

2.1 CAD-κατασκευή αποκαταστάσεων (3D-επεξεργασία εικόνας)

Σε αυτό το δεύτερο βήμα, τα δεδομένα που συλλέγονται υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία με εξομάλυνση της καμπύλης, εάν είναι απαραίτητο και με μείωση δεδομένων. Τα, εν μέρει διαδραστικά, δυναμικά των διαφόρων συστημάτων CAD/CAM διαφέρουν αν και είναι εκτεταμένα και μηχανοποιημένα και μοιάζουν όλο και περισσότερο μεταξύ τους. Με το Cerec, για παράδειγμα, οι κατώτατες γραμμές της κοιλότητας πρέπει να συνταχθούν από τον οδοντίατρο. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος εύρεσης άκρων ανιχνεύει τα συγκλεισιακά όρια της κοιλότητας. Τα τεχνικά εγχειρίδια περιγράφουν διαφορετικούς ανιχνευτές άκρων οι οποίοι, σύμφωνα με τις απαιτήσεις, είναι σαφώς κατάλληλοι και ακριβείς. Πρέπει να παρέχονται περισσότερα δεδομένα, όπως εγγύς επαφές για την κατασκευή αποκατάστασης, εάν είναι απαραίτητο. Η επιφάνεια σύγκλεισης δεν μπορεί να αλεσθεί με το Cerec 1, ενώ με το Cerec 2 και άλλα συστήματα, οι αποφρακτικές επιφάνειες μπορούν να ανακατασκευαστούν. Με ορισμένα συστήματα έχει εξεταστεί η πρόσβαση σε μια τράπεζα δεδομένων δοντιών για ανακατασκευή σύγκλεισης (ειδικά για στεφάνες). η επιφάνεια σύγκλεισης μπορεί να ρυθμιστεί με μέσα λογισμικού, συμπεριλαμβανομένης της εξέτασης του ανταγωνιστή με λειτουργικά παραγόμενες οδούς. Δεδομένου ότι αυτό αντιπροσωπεύει ένα ιδανικό δόντι, στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται ολοκληρωμένη επεξεργασία δεδομένων στη συνέχεια. Η διαμόρφωση δεδομένων πρέπει να πραγματοποιείται από λογισμικό για τη μονάδα λείανσης (CNC) ανάλογα. Σφάλματα στη διαδραστική είσοδο γραμμής ενδέχεται να προκαλέσουν διακοπή λειτουργίας του

προγράμματος ή τερματισμό της διαδικασίας λείανσης υπό ορισμένες συνθήκες. Ο χειρισμός και η έγκαιρη αναγνώριση των σφαλμάτων έχουν βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.²⁶



Εικόνα 13. Ίδια φωτογράφιση.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή στεφανών είναι η αφαιρετική και η προσθετική μέθοδος.⁵

2.2 Αφαιρετική μέθοδος

Κατά την αφαιρετική μέθοδο χρησιμοποιείται ένας κύβος από το υλικό που θα κατασκευαστεί ο σκελετός της στεφάνης. Με ειδικές φρέζες και διαμάντια και τη βοήθεια ενός ακριβούς λογισμικού αφαιρείται το υλικό του κύβου μέχρι να απομείνει το σχήμα που έχει προσχεδιαστεί στον υπολογιστή. Με αυτή τη διαδικασία αφαιρείται περίπου το 90% του κύβου και το αφαιρεθέν υλικό δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.⁵

2.2.1 Μειονεκτήματα

- α) Η σπατάλη του υλικού είναι εξαιρετικά μεγάλη
- β) Τα εργαλεία φρεζαρίσματος φθείρονται εξαιρετικά εύκολα και έτσι αντέχουν μόνο λίγους κύκλους φρεζαρίσματος.
- γ) Για εργασίες μεγάλες που περιέχουν υποσκαφές η μέθοδος αυτή είναι δύσκολη και δαπανηρή.⁵

2.3 Προσθετική μέθοδος

Κατά την προσθετική μέθοδο δημιουργείται ακριβές αντίγραφο του σκελετού που έχει σχεδιαστεί στον υπολογιστή, προσθέτοντας διαδοχικά στρώματα υλικού το ένα πάνω στο άλλο. Επίσης αυτή η μέθοδος είναι γνωστή και με την ονομασία Rapid Prototyping(PR). Για την κατασκευή μεταλλικών σκελετών χρησιμοποιούνται κυρίως η επιλεκτική τήξη λέιζερ (SLM) και η τεχνολογία επιλεκτικής συσσωμάτωσης με λέιζερ (SLS).

Λόγω της διαδικασίας που ακολουθείται αυτή η κατασκευή ονομάζεται συχνά και διαστρωματική ή τρισδιάστατη εκτύπωση.⁵

2.3.1 Πλεονεκτήματα

- α) Υψηλή ακρίβεια δόμησης
- β)Απόδοση πολύ μικρών λεπτομερειών
- γ)Λεία επιφάνεια
- δ)Υψηλή μηχανική αντοχή⁵

2.3.2 Μειονεκτήματα

- α)Ακριβός εξοπλισμός και υψηλό κόστος υλικού
- β)Χειρισμός υγρού υλικού
- γ)Απαραίτητη επεξεργασία⁵

3^ο Κεφάλαιο: Γαλβανισμός

Ο γαλβανισμός είναι μια τεχνολογία, η οποία βασίζεται σε μια μακρά παράδοση διαχρονικά και η οποία έχει την δυνατότητα να εντάσσεται σε όλους σχεδόν τους τομείς της οδοντικής προσθετικής. Επομένως, το έδαφος των κινητών προσθέσεων επωφελείται πλήρως από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η διαδικασία, προκειμένου να ληφθούν προσθετικά μέρη με υψηλό βαθμό βιοσυμβατότητας και ακρίβειας.²⁷

Επί του παρόντος, ο γαλβανισμός που κατασκευάζεται με εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας είναι μια διαδικασία πλήρως αυτοματοποιημένη και σχεδόν εξαλείφει τα ανθρώπινα λάθη στη διαδικασία. Οι ιδιότητες του γαλβανισμένου χρυσού μπορούν να επηρεαστούν από το ίδιο το μέταλλο και από τις παραμέτρους γαλβανισμού. Στην περίπτωση του ηλεκτρολύτη, η σύνθεσή του και τυχόν ειδικά πρόσθετα όπως η καθαρότητα της διαδικασίας έχουν μεγάλη σημασία. Οι παράμετροι γαλβανισμού είναι η θερμοκρασία του γαλβανισμού, η κίνηση του ηλεκτρολύτη ή του αντικειμένου που πρόκειται να γαλβανιστεί, η πυκνότητα ρεύματος και το pH της εμβάπτισης. Μέσω αυτών των παραγόντων ο γαλβανισμός μπορεί να κατευθυνθεί ανάλογα με τις ανάγκες. Στην εμβάπτιση με χρυσό, η τιμή του pH αφήνεται να ποικίλει πολύ λίγο, έτσι ώστε ο ηλεκτρολύτης να μπορεί να λειτουργήσει χωρίς προβλήματα. Η πυκνότητα της εμβάπτισης, η οποία εξαρτάται από τον τύπο και την ποσότητα των αλάτων που προστίθενται, είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό των εμβάπτισεων χρυσού. Τα υπολείμματα αυτής της εμβάπτισης και του ελαίου, καθώς και εκείνες των κυστιδίων ή των σωματιδίων σκόνης που επιπλέουν μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό πόρων στο γαλβανισμένο στρώμα.²⁷ Σίγουρα, το ηλεκτρολυτικό διάλυμα θα πρέπει να είναι σταθερό όταν δεν χρησιμοποιείται για μεγάλο χρονικό διάστημα και θα πρέπει να διατηρεί ποιοτικό χρόνο.²⁷

Στην εμβάπτιση σε χρυσό δεν υπάρχουν ελεύθερα ιόντα χρυσού, αλλά χρυσός δεσμευμένος σε ένα σύνθετο θειούχο. Ο χρυσός μεταφέρεται κατά μήκος του ρεύματος γραμμής στην κάθοδο. Εδώ ο χρυσός εγκαθίσταται και το σύμπλεγμα σουλφιδίου χάνεται στην εμβάπτιση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αυτές οι εμβάπτισεις δεν μπορούν να αποθηκευτούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ακόμη και αν προστεθούν νέες ποσότητες χρυσού, η διαδικασία γαλβανισμού δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό βέλτιστες συνθήκες, επειδή η ποιότητα της εμβάπτισης σε χρυσό διαταράσσεται από τα προϊόντα αντίδρασης.²⁸

Στην περίπτωση των κινητών προσθέσεων, η σύνδεση με τα δόντια στήριξης μπορεί να γίνει είτε άμεσα, είτε έμμεσα μέσω μιας σταθερής πρόσθεσης. Η κύρια λειτουργία αυτών των στοιχείων είναι να διατηρήσουν, δηλαδή να αντισταθούν στην ακούσια αποκόλληση της πρόσθεσης, αλλά παρεμβαίνουν επίσης στη στήριξη και τη σταθεροποίηση. Υπάρχει στενή συσχέτιση μεταξύ αυτών των τριών λειτουργιών, καθώς το στοιχείο που εξασφαλίζει τη συντήρηση παρεμβαίνει ταυτόχρονα στη στήριξη και τη σταθεροποίηση. Είναι η λεγόμενη τριάδα της προσθετικής ισορροπίας, ένας χαρακτηρισμός, ο οποίος εισήχθη από τον Honsee.²⁸

Όσον αφορά στην αγκίστρωση των προσθέσεων στα υπόλοιπα δόντια με διαφορετικά συστήματα συντήρησης και σταθεροποίησης, χρησιμοποιούν διαφορετικές μηχανικές αρχές: τριβή, κλειδωμα, σφηνοειδές φαινόμενο, σύσφιξη κ.λπ. Η τριβή έχει σημαντικό ρόλο στη διατήρησή της και εξαρτάται από: την επιφάνεια επαφής, το μήκος της διαδρομής τριβής, την ένταση της αψής, την πίεση που ασκείται, την επιφανειακή επεξεργασία, τις ιδιότητες των υλικών που έρχονται σε επαφή. Οι τάσεις φθάνουν κατά μέσο όρο τα 30-50 N στην περίπτωση των φυσιολογικών λειτουργιών και περίπου τα 300 N στην περίπτωση των μη φυσιολογικών.²⁹

Η συγκράτηση των τηλεσκοπικών συστημάτων, καθώς και το μεγαλύτερο μέρος της ειδικής συντήρησης, στήριξης και σταθεροποίησης βασίζεται στην τριβή. Αυτό είναι ένα μειονέκτημα, λόγω των πιθανών επιβλαβών μηχανικών επιδράσεων στα δόντια στήριξης, καθώς και λόγω της απώλειας τριβής με την πάροδο του χρόνου, όπως αποτυπώνεται και στην παρακάτω εικόνα:³⁰



Εικόνα 14: Τηλεσκοπικά συστήματα συγκράτησης (Schwindling et al., 2017)

Η απώλεια τριβής αποδίδεται στο φαινόμενο της ψυχρής συγκόλλησης, η οποία προκύπτει μεταξύ δύο μεταλλικών επιφανειών σε στενή επαφή και υπόκειται σε συμπιεστική τάση. Τα τηλεσκοπικά συστήματα με γαλβανοειδές δευτερεύον στρώμα εξαλείφουν αυτό το μειονέκτημα, επειδή μπορούν να κατασκευαστούν με τέτοιον τρόπο, ώστε να μην παρουσιάζουν τριβή. Η συγκράτηση, στην περίπτωση αυτή, βασίζεται στην υδραυλική πρόσφυση. Η συγκράτηση με πρόσφυση είναι δυνατή υπό συνθήκες απόκτησης δευτερογενούς στρώματος με ακριβή προσαρμογή στο πρωτεύον στρώμα και σε απόσταση από αυτό, επιτρέποντας το σχηματισμό μεμβράνης σάλιου ομοιόμορφου πάχους και όσο το δυνατόν μικρότερου.³⁰



Εικόνα 15: Έλεγχος του πάχους του συστήματος

(<https://www.german-smile.info/blog/2017/02/12/telescopic-crowns/3/>)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των τηλεσκοπικών συστημάτων είναι η ανάγκη για τριτοταγείς δομές, δηλαδή μεταλλικό σκελετό. Στερεώνεται στα γαλβανοειδή δευτερεύοντα καπάκια με τη βοήθεια ενός διακρυλικού τσιμέντου και το συγκρότημα που σχηματίζεται με αυτόν τον τρόπο αποτελεί την υποδομή της πρόσθεσης. Η τεχνολογία για την πραγματοποίηση τέτοιων αποκαταστάσεων έχει ορισμένα συγκεκριμένα στάδια, που απαιτούν αυξημένη προσοχή. Τα κολοβώματα προετοιμάζονται όσο το δυνατόν πιο συντηρητικά, με μεταβλητή κωνικότητα ανάλογα με την κλινική κατάσταση και τον αριθμό των δοντιών που εμπλέκονται. Το ιδανικό παρασκεύασμα είναι το κυλινδρικό-κωνικό, με κλίση των αξονικών τοιχωμάτων μόνο στο συγκλεισιακό τρίτο.³⁰



Εικόνα 16: Τηλεσκοπικές στεφάνες στα εναπομείναντα δόντια μετά την επούλωση των ούλων (<https://www.dr-drescher.de/en/therapy/dentures/prosthetics>)

Οι πρωτογενείς κάπες κατασκευάζονται με χύτευση είτε από ευγενή κράματα με υψηλή περιεκτικότητα σε χρυσό, είτε από μη ευγενή κράματα, όπως κράματα Co-Cr ή Ti. Είναι επίσης δυνατή η κατασκευή των πρωτογενών κεφαλών με άλεση από κεραμικά μπλοκ (μηχανική άλεση με αντιγραφή ή CAD / CAM). Μετά τον έλεγχο της προσαρμογής στη στοματική κοιλότητα, οι πρωτογενείς κάπες αλέθονται σε οδοντιατρικό επιθεωρητή, με στόχο να αποκτήσουν κυλινδρικό-κωνικό σχήμα. Η προετοιμασία των δοντιών είναι πιο κοντά σε αυτή τη μορφή και το στάδιο λείανσης στον οδοντιατρικό επιθεωρητή είναι ευκολότερο να επιτευχθεί.³⁰



Εικόνα 17: Επικαλύψεις πρωτογενών τηλεσκοπίων (<https://www.german-smile.info/blog/2017/02/12/telescopic-crowns/3/>)

Ακολουθεί η διαμόρφωση μέσω γαλβανισμού των δευτερευόντων καπακιών, η οποία μπορεί να γίνει απευθείας στα πρωτεύοντα καλύμματα, ή σε ένα διπλό μοντέλο αυτών. Ο γαλβανισμός απευθείας στο πρωτεύον στρώμα επιτρέπει την απόκτηση εξαρτημάτων με πολύ ακριβή προσαρμογή. Για το σκοπό αυτό, τα πρωτεύοντα καπάκια καλύπτονται με ηλεκτροαγωγίμο βερνίκι και η διαδικασία γαλβανισμού πραγματοποιείται σύμφωνα με τη γνωστή ακολουθία.

Στην περίπτωση πρωτογενών μεταλλικών στρωμάτων, το βερνίκι Ag δεν είναι απαραίτητο για αγωγιμότητα, αλλά για την απόσταση του δευτερεύοντος στρώματος από το πρωτεύον κατά 8 έως 10 μm , χώρος απαραίτητος για το φιλμ σάλιου που θα εξασφαλίσει τη συγκράτηση της πρόθεσης.³¹

Το επόμενο βήμα είναι ένας νέος έλεγχος στη στοματική κοιλότητα. Αυτή τη στιγμή, επαληθεύεται η παθητική προσαρμογή των δευτερευόντων κατσακιών στα πρωτογενή, από την προσωρινή αλληλεγγύη των κατσακιών. Ακολουθεί η κατασκευή της τριτογενούς δομής, η οποία έχει ειδικό σχεδιασμό, συνήθως με δακτυλιοειδείς συνδέσμους ή με τη μορφή παραθυροειδούς στεφάνης. Αυτός ο σχεδιασμός δικαιολογείται αφενός από την έλλειψη χώρου, αφετέρου από τη δυνατότητα αντίστροφης ροής του υλικού στερέωσης.³¹



Εικόνα 18: Αφαιρούμενες προθέσεις που κατασκευάζονται με γαλβανισμό (<http://www.galvanoforming.de/techniques/electroforming/?L=1>)

Μετά από νέο έλεγχο στην στοματική κοιλότητα των πρωτογενών, δευτερογενών στρωμάτων και της τριτοταγούς δομής, η τριτοταγής δομή στερεώνεται στα γαλβανοσχηματισμένα δευτερεύοντα στρώματα με τη βοήθεια διακρυλικού τσιμέντου διπλής σκλήρυνσης. Αυτό μπορεί να γίνει στο εργαστήριο ή, καλύτερα στην στοματική κοιλότητα, για την εξάλειψη τυχόν απροσεξιών. Έτσι, επιτυγχάνεται κατασκευή με παθητική και ακριβή προσαρμογή στα χυτά πρωτεύοντα καλύμματα. Ακολουθεί η εγκατάσταση τεχνητών δοντιών και η υλοποίηση πολυμερούς, τα οποία προκύπτουν όπως στην περίπτωση της κλασικής τεχνολογίας.³⁰

Μία από τις επιτυχημένες μεθόδους που έχει επιβληθεί στη θεραπεία προσθετικών στοματοπαθειών διαφορετικής αιτιολογίας είναι η πραγματοποίηση γαλβανοσχηματισμένων ενδιάμεσων βάσεων. Το πρώτο στάδιο στην τεχνολογία των ολικών προσθέσεων με γαλβανοσχηματισμένες χρυσές βάσεις

αντιπροσωπεύεται από την κατασκευή της ολικής ακρυλικής πρόσθεσης με την κλασική τεχνολογία και τη φθορά της για μια περίοδο περίπου δύο εβδομάδων. Αυτή η περίοδος προσαρμογής στοχεύει να επισημάνει τυχόν περιοχές πίεσης στον βλεννογόνο, οι οποίες αργότερα θα εξαλειφθούν. Μετά από αυτή την περίοδο, η πρόσθεση αποστέλλεται στο οδοντοτεχνικό εργαστήριο για να κάνει τη γαλβανοσχηματισμένη χρυσή ενδιάμεση βάση.²

Υπάρχουν δύο μέθοδοι κατασκευής της χρυσής βάσης, δηλαδή:

- Έμμεση γαλβανοδιαμόρφωση της χρυσής βάσης, ακολουθούμενη από την προσκόλλησή της στην πρόσθεση.
- Άμεση γαλβανική εναπόθεση/επιμετάλλωση χρυσής στιβάδας στην επιφάνεια του βλεννογόνου της πρόσθεσης. Η εγκατάσταση αυτή με την έμμεση μέθοδο απαιτεί πρώτα την απόκτηση ενός μοντέλου εργασίας. Η τελική εντύπωση μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την παλιά πρόσθεση ως θήκη εκτύπωσης. Οποιοσδήποτε περιοχές συγκράτησης ή ατέλειες του μοντέλου αφαιρούνται γεμίζοντας τες με κερί.

Εάν έχουν προσδιοριστεί ζώνες πίεσης μετά την περίοδο ελέγχου προσαρμογής, μπορούν να εκφορτωθούν με φυλλώματα. Το αποφλοιωμένο και αποσυγκρατημένο μοντέλο είναι διαμορφωμένο και επεξεργασμένο με λαστιχένια "μανσέτα" και σφραγισμένο με υλικό προσθήκης σιλικόνης. Μετά τη ρύθμιση, το αποτύπωμα σιλικόνης αντιμετωπίζεται με ένα εξουδετερωτικό σπρέι, το οποίο έχει το ρόλο της εξάλειψης της υδροφοβίας της σιλικόνης και της πρόληψης του σχηματισμού φυσαλίδων αέρα κατά την έκχυση της γύψου. Αφού στεγνώσει η μεμβράνη, ρίχνεται το διπλό μοτίβο. Αμέσως μετά την κατεδάφιση, το διπλό μοντέλο μειώνεται στο ελάχιστο απαραίτητο, τόσο σε έκταση όσο και σε ύψος βάσης. Ακολουθεί προετοιμασία για ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση. Τέσσερις αγωγοί στερεώνονται, δύο δίπλα στις πλευρικές φλάντζες και δύο δίπλα στους κονδύλους, αντίστοιχα στα οπισθομοριακά τρίγωνα, με κόλληση στη βάση του μοντέλου.

Η συγκολλητική μεμβράνη αφαιρείται με νυστέρι, το οποίο θα μπορούσε να μονώσει τον αγωγό και να αποτρέψει την περαιτέρω επαφή με ηλεκτροαγώγιμο βερνίκι. Ακολουθεί η κάλυψη της περιοχής του μοντέλου που έρχεται σε επαφή με τη βλεννογόνια όψη της πρόσθεσης με ηλεκτροαγώγιμο βερνίκι. Ολόκληρη η

λακαρισμένη περιοχή μοντέλου θα καλυφθεί σίγουρα με χρυσό με γαλβανισμό. Λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να μην υπερβαίνεται η πρόσθεση επέκτασης, καθώς μια γαλβανική εναπόθεση υπερεκτεταμένη απαιτεί περαιτέρω μείωση της βάσης χρυσού και από την άλλη πλευρά, η οποία θα είναι περιπτή σπατάλη χρυσού. Ωστόσο, η εφαρμογή του βερνικιού στο επίπεδο των αγωγών επεκτείνεται, προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητική ηλεκτρική επαφή. Το ηλεκτροαγωγιμο βερνίκι απαιτεί μία ώρα για πλήρη ξήρανση, εάν το μοντέλο βυθιστεί πολύ νωρίς στον ηλεκτρολύτη, είναι δυνατόν να διαλυθεί το στρώμα Ag από το ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Εάν οι αγωγοί δεν έχουν μονωθεί, θα πρέπει να καλυφθούν με πλαστικό σωλήνα και στη συνέχεια, θερμαίνοντας με πίδακα θερμού αέρα, το πλαστικό θα χυτευθεί στον αγωγό, κάνοντας τη μόνωση του.³¹

Αυτή η λειτουργία είναι απαραίτητη για να αποφευχθεί η εναπόθεση του Au στην επιφάνεια των αγωγών. Ορισμένα συστήματα προσφέρουν μονωμένους αγωγούς χαλκού ή χάλυβα σε όλο το μήκος εκτός από τα άκρα. Έτσι, δεν είναι πλέον απαραίτητο να απομονωθούν.³¹

3.1 Γαλβανισμός - Γαλβανοδιαμόρφωση

Το διπλό μοντέλο που παρασκευάζεται με αυτόν τον τρόπο τοποθετείται στο δοχείο της εγκατάστασης ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης, προστίθεται ο απαραίτητος όγκος ηλεκτρολυτικού διαλύματος και ενεργοποιητή, μετά τον οποίο καθορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας (ένταση ρεύματος) και ενεργοποιείται η συσκευή. Μετά την ολοκλήρωση της γαλβανοθέσης επιτυγχάνεται ομοιόμορφο πάχος στρώσης χρυσού 0, 2 mm. Το συγκρότημα μοντέλου-βάσης αφαιρείται μέσω του γαλβανισμού, η βάση Au αμβοβολείται και το μοντέλο γύψου εισάγεται μαζί με το μοντέλο στο διάλυμα που πρόκειται να διαλυθεί, σε θερμικό λουτρό υπερήχων. Αυτό αφαιρεί τη χρυσή βάση από το μοντέλο χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητα και το σχήμα του.

Στη συνέχεια, το στρώμα βερνικιού Ag αφαιρείται εισάγοντας 25% HNO₃ στο διάλυμα, επίσης υπό τη δράση υπερήχων. Μετά από αυτές τις επεμβάσεις, λαμβάνεται μια βάση 99,9% Au, γαλβανισμένη, πάχους 0,2 mm, αμβοβολή, με εξαιρετική προσαρμογή στο μοντέλο εργασίας και σιωπηρά στο προσθετικό πεδίο.³²

3.2 Στερεοποίηση της πρόθεσης στη γαλβανοειδή βάση

Η βάση σιλιανοποιείται και καλύπτεται με αδιαφανές στρώμα, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται το χρώμα της πρόθεσης. Η συνολική πρόσθεση που έγινε προηγουμένως μειώνεται στο επίπεδο του βλεννογόνου για να δημιουργηθεί ο χώρος που απαιτείται για τη βάση Au και το ακρυλικό στερέωσης και να αφαιρεθεί το επιφανειακό στρώμα του τροποποιημένου ακρυλικού. Αυτή η μείωση του πάχους συμβαίνει όπως στην τεχνική άμεσης επένδυσης. Η εσωτερική όψη της πρόθεσης είναι επενδυμένη με ροζ ακρυλικό, μετά το οποίο θα πιεστεί πάνω από τη σιλιανοποιημένη χρυσή βάση.³³

Η άμεση μέθοδος συνίσταται στον γαλβανισμό του στρώματος χρυσού απευθείας στην επιφάνεια του βλεννογόνου της πρόθεσης, προηγουμένως επεξεργασμένη με ηλεκτροαγώγιμο βερνίκι. Έτσι, η αφαίρεση του στρώματος Ag είναι αδύνατη και υπάρχει το μειονέκτημα της πιθανότητας αντιδράσεων μεταξύ των δύο διαφορετικών μετάλλων. Για το λόγο αυτό, αυτή η μέθοδος, αν και είναι γρήγορη και λιγότερο δαπανηρή, χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά.

Τα πλεονεκτήματα της κατασκευής ολικών γαλβανισμένων βάσεων πρόσθεσης χρυσού.³³

- Υπάρχουν τα βιολογικά πλεονεκτήματα, δηλαδή η δυνατότητα χρήσης αυτών των προσθέσεων στην προφύλαξη και τη θεραπεία αλλεργικών, τοξικών ή μολυσματικών αντιδράσεων στον βλεννογόνο που βρίσκεται κάτω από την πρόσθεση.
- Το στρώμα χρυσού λειτουργεί ως φράγμα και προς τις δύο κατευθύνσεις, οπότε ακόμη και όταν υπάρχει υπολειμματική ποσότητα μονομερούς, δεν μπορεί να διασχίσει το στρώμα Au για να επηρεάσει τον βλεννογόνο. Έτσι αποφεύγονται τα αλλεργικά και τοξικά φαινόμενα. Από την άλλη, το στρώμα χρυσού εμποδίζει την απορρόφηση του σάλιου από το ακρυλικό της πρόθεσης, τον βακτηριακό αποικισμό και την εξάλειψη των τοπικών μολυσματικών φαινομένων.
- Η βιοσυμβατότητα χρυσού - είναι γνωστή και αναμφισβήτητη, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η βάση χρυσού που λαμβάνεται με γαλβανισμό έχει περιεκτικότητα άνω του 99,9% Au.

- Η απολύμανση μιας πρόσθεσης με χρυσή βάση είναι ευκολότερη από ό, τι στην περίπτωση μιας συνηθισμένης πρόσθεσης και με περισσότερα κίνητρα από τον ασθενή, ο οποίος βλέπει στην πρόθεση του ένα πραγματικό κόσμημα.
- Ο χρυσός φαίνεται να έχει αντιβακτηριακή δράση.
- Τέλος, μια πρόσθεση με γαλβανισμένη βάση θα προσαρμοστεί πολύ καλά στο μοντέλο και στο προσθετικό πεδίο, με την τεχνική γαλβανοδιαμόρφωσης να αναγνωρίζεται για την ακρίβεια της προσαρμογής των προσθετικών μερών που γίνονται μέσω αυτής.³³

Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να παρουσιάζει την διαδικασία κατασκευής του μεταλλικού σκελετού στις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, αλλά και να αποτυπώσει τις συνηθέστερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.

Ένας από τους κύριους στόχους της σύγχρονης οδοντιατρικής είναι η παραγωγή μιας αισθητικής και λειτουργικής αποκατάστασης, και οι μεταλλοκεραμικές προθέσεις εξακολουθούν να παρέχουν εξαιρετικές υπηρεσίες. Σε σχέση με ολοκεραμικές αποκαταστάσεις, αν και μειονεκτούν από αισθητικής άποψης, η εξέλιξη τους και σε αυτό τον τομέα συντελεί στο να παραμένουν λύση εκλογής. Η βασικότερη διαφορά έγκειται στην αντοχή τους καθώς έχουν μεγαλύτερα ποσοστά βιωσιμότητας.^{1,2,3,4,11} Διάφορα κράματα μετάλλων έχουν χρησιμοποιηθεί ως μεταλλικές επικαλύψεις για το μεταλλικό σκελετό μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων.

Οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω των βέλτιστων φυσικών ιδιοτήτων τους και του χαμηλότερου κόστους σε σύγκριση με τις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Επίσης, φέρεται να έχουν υψηλότερο ποσοστό επιβίωσης 5 ετών από τις ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η τερηδόνα, ακολουθούμενη από κάταγμα πορσελάνης και θραύση είναι οι κύριες αιτίες αποτυχίας των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων.³⁶

Έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές για την πρόληψη κατάγματος πορσελάνης ή τεμαχισμού σε μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις. Η τροποποίηση του σχεδιασμού σκελετού είναι μία τέτοιων στρατηγικών.³⁷ Οι σκελετοί για τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις μπορούν να κατασκευαστούν με την τεχνική του χαμένου κεριού, την τεχνολογία σχεδιασμού και κατασκευής με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD-CAM) ή την τεχνική πυροσυσσωμάτωσης με λείζερ. Μεταξύ αυτών, η τεχνική του χαμένου κεριού χρησιμοποιείται συχνότερα. Αυτή η μέθοδος εισήχθη για πρώτη φορά από τον Philbrook το 1897 και κέρδισε δημοτικότητα το 1906. Ωστόσο, προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια των επενδυτικών διαδικασιών χύτευσης και ψύξης στην τεχνική του χαμένου κεριού είναι συχνά υπεύθυνα για την αποτυχία των μεταλλοκεραμικών αποκαταστάσεων, καθώς μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την ισχύ του δεσμού μεταξύ πορσελάνης

και μεταλλικού πλαισίου. Η κατάλληλη αντοχή του δεσμού μετάλλου-πορσελάνης είναι επιτακτική ανάγκη για την αντοχή της πορσελάνης.

Όσον αφορά τις μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις, αναπτύσσονται συνεχώς νέες μέθοδοι ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους. Η έλευση της τεχνολογίας CAD-CAM εξάλειψε πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνικής κατασκευής χαμένου κεριού. Η τεχνολογία CAD-CAM επιτρέπει την κατασκευή αποκαταστάσεων με μεγάλη ακρίβεια, ανεξάρτητα από τη διάρκεια της αποκατάστασης. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης της αντοχής σε θραύση: μια από αυτές είναι η δοκιμή φορτίου. Κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμής, εφαρμόζεται φορτίο κατακόρυφα στο δείγμα μέχρι να συμβεί κάταγμα και στη συνέχεια αξιολογείται ο τρόπος θραύσης. Μπορεί να είναι συγκολλητικό, συνεκτικό ή μικτό. Το κάταγμα θεωρείται συγκολλητικό όταν συμβαίνει στη διεπαφή μετάλλου-πορσελάνης και θεωρείται συνεκτικό όταν συμβαίνει μέσα σε μέταλλο ή πορσελάνη. Εάν ανιχνευθούν τόσο συγκολλητικοί όσο και συνεκτικοί τύποι κατάγματος στο δείγμα, ο τρόπος αστοχίας θεωρείται μικτός.³⁴

Η τεχνολογία CAD-CAM βελτιώνεται συνεχώς και τα πλεονεκτήματά της είναι αρκετά ώστε κάποια στιγμή να γίνει η ευρέως χρησιμοποιούμενη. Μέσω της ψηφιακής τεχνολογίας δίνεται η δυνατότητα κατασκευής ολοκεραμικών αποκαταστάσεων με βελτιωμένες ιδιότητες. Ωστόσο, η κλασική μεταλλοκεραμική παραμένει καλύτερη λύση, αφού προσφέρει μεγαλύτερη αντοχή στις πολλές πιέσεις που δέχεται μία προσθετική αποκατάσταση.^{1,2,5}

Τα πλεονεκτήματά του χρυσού ως ευγενές μέταλλο είναι πολλά αλλά το κόστος του έχει αυξηθεί πολύ τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα τον περιορισμό της χρήσης του και την αναζήτηση νέων υλικών- κράματων που θα μπορούσαν να μιμηθούν τις ιδιότητες του αλλά με χαμηλότερο κόστος παραγωγής.³⁰ Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κράματα είναι το νικέλιο-χρώμιο (Ni-Cr) και το κοβάλτιο-χρώμιο (Co-Cr).³⁴ Τα κράματα κοβαλτίου-χρωμίου (Co-Cr) είναι από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κράματα για την κατασκευή αυτών των αποκαταστάσεων, με επιτυχημένη κλινική εφαρμογή από το 1930. Το κοβάλτιο παρέχει σκληρότητα, ενώ το Cr ενισχύει τις φυσικές ιδιότητες του κράματος και αποτρέπει τη διάβρωσή του. Το μολυβδαίνιο (Mo), το οποίο υπάρχει επίσης σε αυτό το κράμα, βελτιστοποιεί άλλα σωματίδια, δημιουργεί χώρο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας στερεοποίησης και αυξάνει την αντοχή του κράματος. Είναι επίσης υπεύθυνη για την αντοχή στη διάβρωση. Το βολφράμιο (W) έχει επιδράσεις παρόμοιες με

εκείνες του Mo στις ιδιότητες του κράματος Co-Cr και μερικές φορές χρησιμοποιείται ως εναλλακτική λύση στο Mo. Τέτοια κράματα είναι ανώτερα από άλλα, όπως το νικέλιο-χρώμιο (Ni-Cr), και έχουν προταθεί για την κατασκευή οδοντικών προσθετικών αποκαταστάσεων.³⁵

Συμπεράσματα

Οι μεταλλοκεραμικές είναι από τις πιο χρησιμοποιούμενες προσθετικές αποκαταστάσεις. Πρόκειται για εργασίες που μοιάζουν αρκετά στο φυσικό οδοντικό φραγμό τόσο οπτικά όσο και λειτουργικά και παραμένουν λύση εκλογής.

Παρόλο που η κλασική μέθοδος χαμένου κεριού επιλέγεται από τους περισσότερους οδοντικούς τεχνολόγους, η ψηφιακή τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία ώστε να δώσει γρηγορότερη και οικονομικότερη παραγωγή και ταυτόχρονα ένα πιο ακριβές αποτέλεσμα, χωρίς τα ελαττώματα που προκύπτουν από τον παράγοντα του ανθρώπινου λάθους.

Η τεχνολογία CAD/CAM έχει συμβάλει στην ανάπτυξη και εξέλιξη των ολοκεραμικών αποκαταστάσεων που προσφέρουν εξαιρετικά αισθητικά αποτελέσματα αλλά μειονεκτούν στην αντοχή στη θραύση.

Η μέθοδος του γαλβανισμού αποτελεί μία πολύπλοκη και αρκετά ακριβή εργασία, λόγω της χρήσης χρυσού, ενώ απαιτείται και ειδικός εξοπλισμός, με αποτέλεσμα να μην έχει εκτεταμένη χρήση.

Η οδοντιατρική πορσελάνη έχει αρκετά ικανοποιητικές ιδιότητες και γι' αυτό το λόγο δεν έχει αντικατασταθεί με άλλες κεραμικές επιλογές.

Περίληψη

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν και περιγράφηκαν οι μέθοδοι κατασκευής του μεταλλικού σκελετού της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η εργασία χωρίζεται σε δυο μέρη: το γενικό και το ειδικό. Στο γενικό μέρος, πραγματοποιήθηκε μια ιστορική αναδρομή στην χρήση των προσθετικών αποκαταστάσεων στην οδοντιατρική, παρουσιάστηκαν τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην μεταλλοκεραμική, συζητήθηκαν τα κράματα μεταλλοκεραμικής και αναλύθηκαν οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις. Στο ειδικό μέρος, παρουσιάστηκαν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του μεταλλικού σκελετού της μεταλλοκεραμικής αποκατάστασης και συγκεκριμένα, η μέθοδος του χαμένου κεριού, η τεχνολογία CAD / CAM και ο γαλβανισμός. Συμπερασματικά οι μεταλλοκεραμικές αποκαταστάσεις παραμένουν λύση εκλογής, επειδή μοιάζουν αρκετά στο φυσικό οδοντικό φραγμό τόσο οπτικά όσο και λειτουργικά. Παρόλο που η κλασική μέθοδος χαμένου κεριού επιλέγεται από τους περισσότερους οδοντικούς τεχνολόγους, η ψηφιακή τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία ώστε να δώσει γρηγορότερη και οικονομικότερη παραγωγή και ταυτόχρονα ένα πιο ακριβές αποτέλεσμα, χωρίς τα ελαττώματα που προκύπτουν από τον παράγοντα του ανθρώπινου λάθους. Η μέθοδος του γαλβανισμού αποτελεί μία πολύπλοκη και αρκετά ακριβή εργασία, λόγω της χρήσης χρυσού, ενώ απαιτείται και ειδικός εξοπλισμός, με αποτέλεσμα να μην έχει εκτεταμένη χρήση. Τέλος η οδοντιατρική πορσελάνη έχει αρκετά ικανοποιητικές ιδιότητες και γι' αυτό το λόγο δεν έχει αντικατασταθεί με άλλες κεραμικές επιλογές.

Λέξεις – κλειδιά: μεταλλοκεραμική αποκατάσταση, κράματα μεταλλοκεραμικής, μέθοδος του χαμένου κεριού, τεχνολογία CAD / CAM, γαλβανισμός.

Abstract

In this thesis, the methods of construction of the metal frame of metal-ceramic restoration were studied and described. To achieve this goal, the work is divided into two parts: the general and the specific. In the general part, a historical review of the use of prosthetics in dentistry took place, the materials used in metal-ceramics were presented, metal-ceramic alloys were discussed and metal-ceramic restorations were analyzed. In the special part, the methods used for the construction of the metal frame of metal-ceramic restoration were presented, namely, the lost wax method, CAD / CAM technology and galvanizing. In conclusion, metal ceramic restoration is a solution of first choice, as it is similar to the replacing tooth functionally and optically. The lost wax technique still in use by dental technicians, although digital technology's improvement's in the fields of speed and more profitable production, as well as its capability of producing a more accurate result without human error. Galvanoceramic technology is not in widespread use, as it is more complex, requires special equipment, in addition to the high gold price to the market. Finally, dental porcelain presents satisfactory properties, so to the moment, there is no need to be replaced by another dental ceramic material.

Keywords: metal-ceramic restoration, metal-ceramic alloys, lost wax method, CAD / CAM technology, galvanizing.

Βιβλιογραφία

1. Σπυρόπουλος Κ.Ν. , Εκπαιδευτική Εργαστηριακή Μεταλλοκεραμική, 1η έκδοση, Μπονισέλ, Αθήνα 2016.
2. Δημητροπούλου ΕΧ, Η εργαστηριακή διαδικασία στην Ακίνητη Προσθετική, Αθήνα 2004
3. Κρασιάς Ν., Αλεκίδου Ο. & Γκαβέλα Γ. , Αποκατάσταση ενδοδοντικά θεραπευμένων δοντιών που θα δεχθούν ολοκεραμικές αποκαταστάσεις. Στοματολογία, 2008
4. Κρεμμύδας Μ., Γκεβρέκη Η., Σπανοπούλου Μ. & Φιλιππάτος Γ., Θερμοσυμπιεζόμενα υαλοκεραμικά συστήματα-χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Στοματολογία, 2008
5. Σημειώσεις μαθήματος ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΔΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ της σχολής Βιοϊατρικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής του καθηγητή Αντωνίου Ε. Προμπονά.
6. Zaninovich, M., The effect of clinical polishing protocols on ceramic surface texture and wear rate of opposing enamel: a laboratory study. Thesis submitted at the university of Adelaide, 2012
7. Ποζίδη, Γ, Παπαδόπουλος, Ι. & Γούσιας, Η. , Κατηγοριοποίηση και σύγκριση ολοκεραμικών συστημάτων. Οδοντοστοματολογική Πρόοδος, 2013, 67: 242-25
8. Leinfelder, K.F. & Kurdziolek, S.M., Contemporary CAD/CAM technologies: the evolution of restorative systems. Practical procedures & aesthetic dentistry, 2004, 16:224-231
9. Helvey G.A History of dental ceramics. Compendium, 2010, 31(4):1-2
10. Pollington, S. & Noort, R., An update of ceramics in dentistry. Perspectives on Clinical Dentistry, 2011, 2:3-27
11. Καραγιάννη, Ι., Σολδάτος Ν., Κοντακιώτης Γ. & Μητσιάς Μ., Διαβλεννογόνια εμφυτευματικά στηρίγματα από ζirkονία, Στοματολογία, 2008
12. Ahmad, R, Wu, B.M. & Morgano, S.M., Polishing mechanism and its effect on the mechanical properties of ceramic restorations - a review of the literature. Annals of Dentistry, 2001, 8:1- 12
13. Χατήρης Ι., Καλκάνης Γ. & Σταθουλοπούλου Χ. , Τεχνολογία των δομικών υλικών, εκδόσεις Ίων, Αθήνα 2001

14. Καφούσιας Ν., Μπαλτζάκη Γ. & Σταθόπουλος Α., Οδοντιατρική Βιοϋλικά, εκδόσεις Ακίδα, Αθήνα 1994
15. Παντελής Δ. , Μη μεταλλικά τεχνικά υλικά, εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2008
16. Φανδρίδης Ι. & Λαμπαδάκης Ι., Δομή, πρώτες ύλες, βιομηχανική κατεργασία και παρασκευή της οδοντιατρικής πορσελάνης. Ελληνικά Στοματολογικά Χρονικά, 1996, 40:25-31
17. Ανδριτσάκης Δ.Π., Ακίνητη επανορθωτική οδοντιατρική, εκδόσεις Σπύρος Ζαχαρόπουλος, Αθήνα 2002
18. Di Silvio L., Biocompatibility of Dental Materials, King's College London, London 2009
19. Anusavice, K. Phillip's Science of Dental Materials, Elsevier Science, Pennsylvania 2003.
20. Λομβαρδάς Ι. Προσθετική, Εκδόσεις Μέλισσα, Αθήνα 1987
21. Φιλιππάτος Γ., & Παπαλεξόπουλος Δ., Η εφαρμογή της τεχνικής της θερμοσυμπίεσης στη μεταλλοκεραμική αποκατάσταση, Stomatologia, 2020, 77(1)
22. Αντωνοπούλου Α., Συμβολή στη μελέτη της αντοχής στη διάτμηση του δεσμού μεταξύ εργαστηριακής σύνθετης ρητίνης επικάλυψης και πολυμερών ενισχυμένων με ίνες (Διδακτορική Διατριβή) Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). 2009
23. Güngör M. B., Nemli S. K., Bal B. T., Tamam E., Yılmaz H., & Aydın C., Fracture resistance of monolithic and veneered all-ceramic four-unit posterior fixed dental prostheses after artificial aging. Journal of oral science, 2019, 61(2), 246-254.
24. Αντωνιάδης Α. & Βιδάκης Ν., Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC, Έκδοσης ΟΕΔΒ, Κρήτη 2002
25. Phillips R.W., Elements of Dental Materials. Saunders, 3rd edition, p 176, 177, 178 – 183, 1977
26. Susic I., Travar M., & Susic M., The application of CAD/CAM technology in Dentistry. In IOP Conference Series, 2017 May
27. Zierden K., Kurzrock L., Wöstmann B., & Rehmann P. Nonprecious Alloy vs Precious Alloy Telescopic Crown-Retained Removable Partial

- Dentures: Survival and Maintenance Needs. The International journal of prosthodontics, 2018, 31, 459-464.
28. Brandt S., Winter A., Weigl P., Brandt J., Romanos G., & Lauer H. C. (2019). Conical zirconia telescoping into electroformed gold: A retrospective study of prostheses supported by teeth and/or implants. *Clinical implant dentistry and related research*, 2019, 21, 317-323.
 29. Dittmann B., & Rammelsberg P., Survival of abutment teeth used for telescopic abutment retainers in removable partial dentures. *International Journal of Prosthodontics*, 2008, 21(4).
 30. Schwarz, S., Bernhart, G., Hassel, A. J., & Rammelsberg, P. Survival of double-crown-retained dentures either tooth-implant or solely implant-supported: an 8-year retrospective study. *Clinical implant dentistry and related research*, 2014, 16, 618-625.
 31. Advanced biomaterials used for a new telescopic retainer for removable dentures Ceramic vs. electroplated gold copings: Part I. *In vitro tribology effects* Weigl & Lauer, 2000
 32. Wieland Dental & Technik, 2002
 33. Verma, S., Nizam, S. and Verma, P.K. Biotic and Abiotic Stress Signaling in Plants. 2013
 34. Strub, J.R., Rekow, D. and Witkowski, S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations. Current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association* 2006
 35. Xu, D., Xiang, N., & Wei, B. The marginal fit of selective laser melting-fabricated metal crowns: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112, 1437-1440. 2014
 36. Wataha, J. C., & Lockwood, P. E. Release of elements from dental casting alloys into cell-culture medium over 10 months. *Dental Materials*, 14, 158-163. 1998
 37. Wataha, J. C. Alloys for prosthodontic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 87, 351-363. 2002