

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

739865

**SERAMİK (PORSELEN) DİŞLER, KULLANILAN  
KOMPOZİT YAPIŞTIRICILAR VE UYGULANAN TEST  
YÖNTEMLERİ**

- 139865 -

Metalurji Müh. Sena GÜNAY

**FBE Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı Malzeme Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Işıl KERTİ (YTÜ)**

Y. Doç. Dr. Işıl Kerti /  
Prof. Dr. Cemalettin Zaman /  
Prof. Dr. Bülent Topkaya /

**İSTANBUL, 2003**

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                   | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                                  | ii    |
| SİMGE LİSTESİ .....                                                               | iv    |
| KISALTMA LİSTESİ .....                                                            | v     |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                               | vi    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                             | ix    |
| ÖNSÖZ.....                                                                        | x     |
| ÖZET.....                                                                         | xi    |
| ABSTRACT .....                                                                    | xii   |
| 1. GİRİŞ.....                                                                     | 1     |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                            | 2     |
| 3. SERAMİK DİŞLER .....                                                           | 4     |
| 3.1 Diş Hekimliğinde Seramik .....                                                | 4     |
| 3.1.1 Diş Hekimliğinde Porselenin Yapısı .....                                    | 8     |
| 3.1.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Porselenlerin Özellikleri.....                  | 11    |
| 3.2 Porselen Pişirme Prosedürü .....                                              | 15    |
| 3.3 Porselen Dişlerin İmalatı .....                                               | 18    |
| 3.3.1 Metal Destekli Seramikler .....                                             | 19    |
| 3.3.2 Bölümlü Metal Desteksiz Seramikler .....                                    | 24    |
| 3.3.3 Tam Seramikler .....                                                        | 28    |
| 4. KOMPOZİT YAPIŞTIRICILAR .....                                                  | 31    |
| 4.1 Kompozit Reçinelerin Yapısı .....                                             | 31    |
| 4.2 Kompozit Reçinelerin Özellikleri.....                                         | 34    |
| 4.3 Kompozit Reçinelerin Sınıflandırılması .....                                  | 37    |
| 4.4 Yapıştırma Simanları.....                                                     | 40    |
| 4.4.1 Kompozit Reçine Yapıştırma Simanlarının Avantajları ve Dezavantajları ..... | 43    |
| 4.4.2 Adezyon.....                                                                | 43    |
| 4.5 Yapıştırma Sistemleri .....                                                   | 45    |
| 4.5.1 Mine Yapıştırma Sistemleri.....                                             | 46    |
| 4.5.2 Dentin Yapıştırma Sistemleri .....                                          | 47    |
| 4.5.3 Amalgam Yapıştırma Sistemleri .....                                         | 48    |

|       |                                                                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.6   | Diş Hekimliğinde Kullanılan Biyomalzemelere Uygulanan Test Yöntemlerinden Bazı Örnek Çalışmalar ..... | 48 |
| 4.6.1 | Bir Porselen Yüzeye Uygulanan Değişik Asit Muamelelerinin Etkisi.....                                 | 49 |
| 4.6.2 | Farklı Yüzey İşlemleri ile Muamele Edilmiş Porselene Kompozit Reçinenin Adezyonu.....                 | 53 |
| 4.6.3 | Yüksek Doldurucu İçeren Dental Kompozitin Sürtünme Aşınma Mekanizması.....                            | 61 |
| 4.6.4 | Yeni Kompozit Restoratif Malzemelerin Mekanik Özellikleri .....                                       | 67 |
| 4.7   | Porselen Yüzeye Dağlama İşleminin Etkisi .....                                                        | 73 |
| 5.    | SONUÇLAR.....                                                                                         | 77 |
|       | KAYNAKLAR.....                                                                                        | 78 |
|       | ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                         | 82 |



## SİMGE LİSTESİ

|                       |                                                      |
|-----------------------|------------------------------------------------------|
| <b>a</b>              | <b>Çentik derinliği</b>                              |
| <b>B</b>              | <b>Numune boyu</b>                                   |
| <b>K<sub>IC</sub></b> | <b>Kırılma tokluğu</b>                               |
| <b>P</b>              | <b>Uygulanan yük</b>                                 |
| <b>S</b>              | <b>Test düzeneğinin destekleri arasındaki mesafe</b> |
| <b>W</b>              | <b>Numune genişliği</b>                              |





## KISALTMA LİSTESİ

|         |                                                                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| BisGA   | Bisphenol Glycidyl Acrylate                                                                  |
| BisGMA  | Bisphenol-A Glycidyl Methacrylate                                                            |
| CAD/CAM | Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing (bilgisayar destekli tasarım ve üretim) |
| EDS     | Energy Dispersive Spectroscopy (enerji yayan spektroskopi)                                   |
| EOS     | Electro Optical Spectroscopy (elektron dağıtma ve enerji yayma x-ışınlı tayfölçer)           |
| ETMA    | Ethyl Triglycol Methacrylate                                                                 |
| FTIR    | Fourier Transform InfraRed (Fourier dönüşümlü kızıl altı)                                    |
| HA      | Hydroxyapatite                                                                               |
| HEMA    | Hydroxy Ethyl Methacrylate                                                                   |
| HFA     | HydroFluoric Acid                                                                            |
| HPMA    | Hydroxypropyl Methacrylate                                                                   |
| ICP-MS  | Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (bir çeşit spektrometre)                        |
| KHN     | Knoop Hardness                                                                               |
| MPTS    | Methacryloxypropyl Tri-Methoxsilane                                                          |
| OAÖ     | Ortalama Aşınma Oranı                                                                        |
| PAA     | Polyacrylic Acid                                                                             |
| PF      | Phosphate Fluoroide                                                                          |
| PLM     | Porcelain Linear M (bir ticari materyal)                                                     |
| PLZT    | Polarized Lead Zirconium Titanate (bir elektro-optik seramik materyal)                       |
| SEM     | Scanning Electron Microscope (elektron mikroskobu)                                           |
| TCP     | Tokuso Ceramic Primer (Bir ticari materyal)                                                  |
| TEGDMA  | Triethylen Glycol Dimethacrylate                                                             |
| TEM     | Transmission Electron Microscope (elektron mikroskobu)                                       |
| THFMA   | Tetrahydrofurfuryl-2- Methacrylate                                                           |
| UDMA    | Urethan Dimethacrylate                                                                       |

## ŞEKİL LİSTESİ

|            | Sayfa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Şekil 3.1  | Seramik kompozisyon yapısı..... 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Şekil 3.2  | Nakrit, dikt, kaolinit ve halosit yapılarının açılmış görüntüleri ..... 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Şekil 3.3  | Seramik yapısında yer alan mineral gruplarının görünümü ..... 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Şekil 3.4  | Porselen dişler ..... 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Şekil 3.5  | Yüzeyi Ceramco porselen kaplı döküm metal köprü uygulamalı diş protezi ..... 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Şekil 3.6  | (a) Porselen jaket kuron çizimi (b) Ön diş için porselen inley çizimi ..... 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Şekil 3.7  | Kil, feldspat ve silika bileşimleri..... 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Şekil 3.8  | Düşük ısı lōsütünin kristal yapısı ..... 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Şekil 3.9  | Silisyum tetrahedral..... 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Şekil 3.10 | Silisyum tetrahedral..... 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Şekil 3.11 | Diş seramiklerinin kuvvetlendirilme mekanizmalarına göre sınıflandırılması ..... 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Şekil 3.12 | Alumina partiküllü jaket kuron..... 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Şekil 3.13 | Vitröz sinterleme. Camın akması, erimeyen partikülleri birleştirir..... 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Şekil 3.14 | Opak porseleninin metal yüzeye uygulanması. .... 21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Şekil 3.15 | (a) Metal yüzeye opak porselen uygulandıktan sonra opak dentin porselen uygulanması. (b) Doğal diş görüntümü için dentin madde kaldırılması (c) Doğal diş görüntüsünü taklit etmek için mamelon uygulaması ..... 22                                                                                                                                                                                                                       |
| Şekil 3.16 | (a) Temel şeffaf mine porseleni uygulaması (b) Şeffaf mine üst yığı (c) Şeffaf opal ve doğal minelerin dikey sütunları (d) Tamamlanmış yığın (e) Opal mine porselenleri ve şeffaf mine porselenleri uygulandıktan sonra birinci pişimi yapılmış porselen kuronun görüntüsü. (f) Temel yığın tekniği ile hazırlanan porselen kuronun pişirilmesinden sonraki tesfiye, temizleme ve sırlama işlemlerinden sonraki bitmiş görüntüsü ..... 22 |
| Şekil 3.17 | Seramik ve metal koping için optimum kalınlıklar ..... 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Şekil 3.18 | Seramik metal ara yüzeyindeki üç bağlantı mekanizması..... 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Şekil 3.19 | (a) Dolaylı veneer restorasyonların tamamı lōsitle kuvvetlendirilmiş feldspatik seramikten elde edilmiş ve boyama tekniği ile bitirilmiş (IPS Empress, Ivoclar). Ana modelde gümüş renkli görüntü, yapıştırma siman aralığı oluşturmak için, mum modelaj öncesi sürülen day spacerdir. (b) Dolaylı veneer restorasyonlara ait kor yapıların bitmiş mum modelajı..... 25                                                                   |
| Şekil 3.20 | (a) Isı ve basınç tekniği ile elde edilen lityum disilikat kor yapının üzerine floroapatite cam seramik materyal uygulayarak biritilen seramik veneer restorasyonlar (IPS Empress 2, Ivoclar). (b) Deneme ve daimi yapıştırma işlemine hazır, üst keser seramik veneer restorasyonların iç yüzeylerinin, alüminyum oksit kum püskürtme ile pürüzlendirilmiş görüntüsü..... 25                                                             |
| Şekil 3.21 | (a) İnley preparasyonu (b) Polimerizasyon sonrası direkt kompozit inley (c) Üst ikinci premolar dişe uygulanmış bir kompozit inley ..... 26                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Şekil 3.23 | (a) Aşırı madde kaybı gözlenen molar diş (b) Seramik onleyn okluzal görüntüsü (c) Seramik inley için uygun kavite şekli ..... 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.24 | (a) IPS-Empress seramik inley simantasyon sonrası (b) 4 yıllık klinik kullanım sonrası (c) Parafonksiyonel alışkanlıkları olan bir bireyde 1. molar ve 2. molar dişlerde uygulanan seramik inleylerin 4 yıllık klinik kullanım sonrası görüntüsü .....                                                        | 27 |
| Şekil 3.25 | (a) Metal destekli restorasyonlarına karşı allerjik doku reaksiyonu gösteren bir olgu (b) Olguda In-ceram tam metal desteksiz restorasyonların uygulanmasından sonra doku uyumunun sağlanması.....                                                                                                            | 30 |
| Şekil 4.1  | Kompozit reçinelerin yapısı. A : Organik polimer matris faz, B : İnorganik faz, C : Ara faz. ....                                                                                                                                                                                                             | 31 |
| Şekil 4.2  | Bis – GMA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 32 |
| Şekil 4.3  | A : Üretan dimetakrilat (UDMA) B : Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA)’nın açık kimyasal formülleri.....                                                                                                                                                                                                   | 32 |
| Şekil 4.4  | Kompozitlerin doldurucu partikül özelliklerin göre sınıflandırılması.....                                                                                                                                                                                                                                     | 39 |
| Şekil 4.5  | İslatma .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 45 |
| Şekil 4.6  | Değim açısı. A : Değim açısının küçük olması B : Değim açısının büyük olması .....                                                                                                                                                                                                                            | 45 |
| Şekil 4.7  | Mine yapıştırıcı arafazlarının kompozit yüzeyine bağlanması. A : Pürüzlendirilmemiş mine yüzeyi B : Pürüzlendirilmiş mine yüzeyi C : Yapıştırıcı arafazı uygulanmış mine yüzeyi D : Kompozit reçine uygulanmış yüzey .....                                                                                    | 46 |
| Şekil 4.8  | Mine yapıştırıcı arafazların uygulama aşamaları. A : Mine dokusunun asitle pürüzlendirilmesi (15-30 sn.) B : Yıkama (10-15 sn.) C : Hafifçe kurutma (15-20 sn.) D : Mine yapıştırıcı arafazının uygulanması.....                                                                                              | 47 |
| Şekil 4.9  | Porselen yüzeyler %1,23 seyreltik PF asit jel ile dağlanmış : (a) Duru su ile temizlendikten sonra; (b) Ultrasonik yöntemle temizlendikten sonra.....                                                                                                                                                         | 50 |
| Şekil 4.10 | Porselen yüzeyler %95 HF asit jel ile 1 dk. dağlanmış : (a) Yüzeyler duru su ile temizlendikten sonra, HF ile dağlama sonucu sığ şekiller oluşur (grup 5); (b) Ultrasonik temizlemeden sonra (grup 7) yüzeydeki kalıntılar kolayca uzaklaşmıştır. ....                                                        | 51 |
| Şekil 4.11 | Porselen yüzeyler HF asit jel ile 4 dk. dağlanmış : (a) Duru su ile temizlenen yüzeylerde (grup 9), reaksiyon ürünleri şekilleri karartmıştır. (b) Yüzeyler ultrasonik temizlemeden sonra (grup 11) derin kanallı ve gözenekli açık yapı kazanmıştır.....                                                     | 51 |
| Şekil 4.12 | 1 dk. HF asit ile dağlanmış porselen yüzeylerin EDS analizi. (a) Yüzeyler duru su ile temizlenmiştir (grup 5), Si, Al, K, Ca, Na, Ba ve F elementleri saptanmıştır. (b) Ultrasonik temizleme (gup 7), F piki yoktur. ....                                                                                     | 52 |
| Şekil 4.13 | 4 dk. HF asit ile dağlanmış porselen yüzeylerin EDS analizi. (a) Duru su ile temizleme (grup 9), şekil 4.12a tayfindaki aynı elementler mevcuttur fakat dağlama zamanı daha uzun olduğu için farklı oradadırlar. F piki bulunmaktadır. (b) Ultrasonik temizleme (grup 11), yüzeyden F uzaklaştırılmıştır..... | 52 |
| Şekil 4.14 | $\gamma$ -MPTS yapısı. Araştırmacılar her alt gruptaki porselen yüzeyi, işlem görmüş porselen numunelere kompozit reçine uygulanmadan önce SEM ile incelemiştir. ....                                                                                                                                         | 54 |
| Şekil 4.15 | 1000 no’lu zımpara kağıt ile parlatılmış porselen yüzey (SEM).....                                                                                                                                                                                                                                            | 55 |
| Şekil 4.16 | 1000 no’lu zımpara kağıt ile parlatılmış ve fosforik asit ile dağlanmış porselen yüzey (SEM) .....                                                                                                                                                                                                            | 55 |

|            |                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.17 | 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, fosforik asit ile dağlanmış ve ultrasonik yöntemle temizlenmiş porselen yüzey (SEM) .....                                                                                                      | 55 |
| Şekil 4.18 | 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, HF asit ile dağlanmış porselen yüzey (SEM) .....                                                                                                                                               | 56 |
| Şekil 4.19 | 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, HF asit ile dağlanmış ve ultrasonik yöntemle temizlenmiş porselen yüzey (SEM).....                                                                                                             | 56 |
| Şekil 4.20 | Kayma bağ dayanımını saptamak için kullanılan düzenek .....                                                                                                                                                                              | 58 |
| Şekil 4.21 | PLM'nin A solüsyonunun kızılaltı tayfi.....                                                                                                                                                                                              | 58 |
| Şekil 4.22 | PLM'nin B solüsyonunun kızılaltı tayfi .....                                                                                                                                                                                             | 59 |
| Şekil 4.23 | TCP'nin A solüsyonunun kızılaltı tayfi.....                                                                                                                                                                                              | 59 |
| Şekil 4.24 | TCP'nin B solüsyonunun kızılaltı tayfi .....                                                                                                                                                                                             | 59 |
| Şekil 4.25 | Aşınma izinin tipik yüzey profilleri (a) : 1 N ve (b) : 15 N.....                                                                                                                                                                        | 62 |
| Şekil 4.26 | Yüklemenin bir fonksiyonu sonucu oluşan aşınma hacmi ve iki aşınma rejimi. Veri noktaları ortalama değerleri, belirsizlik çubukları standart sapmayı göstermektedir. ....                                                                | 62 |
| Şekil 4.27 | Düşük 1N ve yüksek 15N yüklerde tipik sürtünme kuvveti izleri. ....                                                                                                                                                                      | 63 |
| Şekil 4.28 | Yüklemenin fonksiyonu sonucu ortalama sürtünme katsayısı. ....                                                                                                                                                                           | 63 |
| Şekil 4.29 | Parlatılmış kompozit yüzeyde çeşitli boyutlarda dolgu partiküllerinin gösterimi (SEM) .....                                                                                                                                              | 64 |
| Şekil 4.30 | TEM mikroagrafları : (a) iri cam partikülleri (b) ince (20nm) dolgu partikülleri (ek resim : elektron difraksiyon paterni gamma-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 'yi gösterir) (c) iri alpha-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> partikülü..... | 64 |
| Şekil 4.31 | Kompozitten kazılarak çıkarılan Şekil 4.30'dakine benzer nano ölçekli gamma-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve cam partiküllerinin mikrogram görüntüsü (TEM). ....                                                                        | 65 |
| Şekil 4.32 | 1N yük altındaki kompozit yüzeyde oluşan aşınma izinin tipik SEM mikrogramı. (a) Düşük büyültmede bir yüzey filmi (b) Yüksek büyültmede görülen çatlaklar. ....                                                                          | 65 |
| Şekil 4.33 | 15 N yük altında oluşmuş aşınma izinin SEM mikrogramı. (a) yüzey filminin ayrışması (b) Kırılmış partiküller ve reçine matristen çıkan partiküller. ....                                                                                 | 65 |
| Şekil 4.34 | Şekil 4.34 FTIR tayfları. (a) 1N'luk, (b) ve 15N'luk yükleme sonucu oluşan yüzey filmleri (c) Aşınmamış yüzey. Oklar Al(OH) <sub>3</sub> ve SiO <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O bileşiklerini gösterir.....                              | 66 |
| Şekil 4.35 | Aşınma testinde kullanılan düzenek.....                                                                                                                                                                                                  | 70 |
| Şekil 4.36 | Test edilen kompozit malzemelerin ortalama aşınma hacimleri ve standart sapmaları. ....                                                                                                                                                  | 70 |
| Şekil 4.37 | Test edilen kompozit malzemelerin Vickers sertlikleri ve 50000 yük çevrimi altındaki ortalama aşınma hacimleri.....                                                                                                                      | 71 |
| Şekil 4.38 | Aşınma simülöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Solitaire'in düzgün yüzey aşınma izleri (SEM) .....                                                                                                                                  | 71 |
| Şekil 4.39 | Aşınma simülöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Surefil'in yüzeyinde küçük boyutlarda asılı dolgu partikülleri görülmekte (SEM). ....                                                                                                | 72 |
| Şekil 4.40 | Aşınma simülöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Tetric ceram malzemenin yüzeyinde asılı dolgu partikülleri (SEM). ....                                                                                                               | 72 |
| Şekil 4.41 | Deneysel çalışmada kullanılan düzeneğin şekilsel gösterimi.....                                                                                                                                                                          | 74 |
| Şekil 4.42 | Kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrogramları (tetrik seran). ....                                                                                                                                                                | 74 |
| Şekil 4.43 | Kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrogramları (admira). ....                                                                                                                                                                      | 75 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                             | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 1.1 Tıpta kullanılan ana biyomalzemeler .....                                                       | 1     |
| Çizelge 3.1 Doğal ve suni dişlerin sertlikleri .....                                                        | 13    |
| Çizelge 4.1 Restorasyon tipine göre tavsiye edilen yapıştırma simanları .....                               | 41    |
| Çizelge 4.2 Porselen yüzey işlemleri .....                                                                  | 50    |
| Çizelge 4.3 Kullanılan malzemeler .....                                                                     | 54    |
| Çizelge 4.4 Farklı yüzey işlemlerine tabi tutulmuş porselen ve kompozit arasındaki bağ dayanımı (MPa) ..... | 58    |
| Çizelge 4.5 Su örnekleri içindeki elementlerin ICP-MS ile elde edilen konsantrasyonları .....               | 66    |
| Çizelge 4.6 Kullanılan malzemeler .....                                                                     | 68    |
| Çizelge 4.7 Çekme dayanımı, elastiklik modülü, kurulma tokluğu, Vickers sertliği, OAO .....                 | 70    |
| Çizelge 4.7 Kullanılan kompozit reçineler ve yapıştırıcı arafazları .....                                   | 73    |
| Çizelge 4.8 Asitle dağlanmış yüzeylerin kayma bağ dayanımı sonuçları .....                                  | 75    |

## **ÖNSÖZ**

Çalışmalarım sırasında bana yol gösteren ve destek olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Işıl Kerti'ye teşekkür ederim. Ayrıca M.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalından Prof. Dr. Bülent Topbaşı'na değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Son olarak tezimin elektronik ortama aktarılmasına yardım eden Bilgisayar Yüksek Mühendisi Yunus Emre Selçuk'a teşekkür ederim.





## **ÖZET**

Biyomalzemeler, bilimsel ve teknolojik gelişmeler sonucu tıp alanında çok önem kazanmıştır. Tıp alanında dört ana malzeme türü olan polimerler, metaller, seramikler ve kompozitler biyomalzeme olarak kullanılmaktadır.

Diş hekimliğinde porselen malzeme genellikle üç çeşit alanda kullanılır. Bunlar suni dişlerin imalatı, seramik - metal uygulamaları ve porselen restorasyonlarıdır.

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit reçineler üç ayrı fazdan oluşur. Bunlar organik polimer matris faz, inorganik faz ve arafazdır. Kompozit yapıştırıcıların organik polimer fazını oluşturan genellikle BIS-GMA (bisfenil-A glisidil dimetakrilat) veya diğer metakrilatların türevleridir.

Diş hekimliğinde kullanılan malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bilmek gerekir. Bu amaçla çeşitli deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Dental malzemeler incelenirken çekme dayanımı ve elastiklik modülü, kayma dayanımı, yüzey morfolojisi ve pürüzlülüğü, mikroyapı ile kimyasal yapıyı kapsayan deneysel çalışmalar yürütülmektedir. Bu araştırmalardan bazıları tez kapsamında incelenmiş ve örnek bir deneysel çalışma yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Biyomalzemeler, kompozit reçine, BIS-GMA, porselen restorasyonları, dental malzemeler.

## **ABSTRACT**

Biomaterials, as a result of improvements in science and technology, have been very important in medical applications.

The four main materials used in the production of biomaterials are metals and alloys, ceramics, polymers and composites in medical science.

Dental porcelain is used in three different fields. These are the production of artificial teeth, the ceramic - metal restorations and the porcelain restorations.

Dental composite resins are composed of three phases : the organic polymer phase, the organic phase and the bonding phase. The composite bonding agents are made of BIS-GMA and the other methacrylate derivatives.

The properties of dental materials have to be known. These are mechanical, physical, chemical and biological properties. For this reason, different experimental studies are being held on. Experiments on the tension bond strength, the texture and roughness of the surface, microstructure and the chemical structure are included in these experimental studies. Some of the studies were examined in this thesis and an experiment according to these studies was done as an example.

**Keywords** : Biomaterials, composite resin, BIS-GMA, porcelain restorations, dental materials.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde biyomalzemelerin tıpta kullanımı vazgeçilmez bir unsurdur. Bu alandaki çalışmalar hızla devam etmektedir.

Biyomalzemeler, insan vücudundaki herhangi bir organ, doku veya fonksiyonel kısmın tedavi edilmesi ya da tamamen değiştirilmesi için belirli bir süre rahatlıkla, bozulmadan kullanılan doğal ya da yapay malzemelerdir.

Bu çalışmada diş hekimliğinde estetik özelliği nedeniyle tercih edilen ve porselen dişlerin yapımında kullanılan seramik malzeme ile bu dişlerin yapıştırılmasında ve onarımında kullanılan kompozit malzeme konu edinilmiştir.

Tıp alanında dört ana malzeme türü olan polimerler, metaller, seramikler ve kompozitler biyomalzeme olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 1.1 Tıpta kullanılan ana biyomalzemeler (Umut, 2001)

| Malzeme                                                                                                                                 | Avantajları                                                  | Dezavantajları                                          | Örnekler                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Polimerler <ul style="list-style-type: none"><li>Naylon</li><li>Silikon</li><li>Teflon</li><li>Dacron</li></ul>                         | Esneklik<br>Kolay<br>üretilebilirlik                         | Düşük dayanım<br>Zamanla deforme<br>olur<br>Bozunabilir | Kan damarları<br>Kalça protezlerinin<br>soketleri<br>Kulak, burun ve diğer<br>yumuşak dokular.<br>Sert, yarı sert kontakt<br>lensler |
| Metaller <ul style="list-style-type: none"><li>Titanyum</li><li>Paslanmaz çelik</li><li>Kobalt krom<br/>alaşımı</li><li>Altın</li></ul> | Dayanımı yüksek<br>Tok<br>Sünek                              | Korozyona<br>uğrayabilir<br>Yoğunluğu yüksek            | Bağlantı bölgelerinin<br>yenilenmesi<br>Kemik levhaları ve<br>vidaları<br>Diş implantları                                            |
| Seramikler <ul style="list-style-type: none"><li>Aluminyum oksit</li><li>Karbon</li><li>Hidroksiapatit</li></ul>                        | Biyouyumluluğu<br>yüksek ve inert<br>Basma direnci<br>yüksek | Gevrek<br>Üretimi zor<br>Esnek değil                    | Diş yapımı<br>Kalça protezi soketi                                                                                                   |
| Kompozitler <ul style="list-style-type: none"><li>Karbon – karbon</li></ul>                                                             | Dayanımı yüksek<br>Düzenli yapı                              | Üretimi zor                                             | Kalp kapakçıkları<br>Dental kompozit<br>yapıştırıcılar<br>Protez diş<br>restorasyonları                                              |

## 2. GENEL BİLGİLER

Seramik sözcüğü Grekçe “topraktan yapılmış” anlamına gelen keramikos sözcüğünden türetilmiştir. Dilimizde “kil kökenli pişmiş materyal” olarak tanımlanır. Kil belirli işlemlerden sonra katı ve şekil değiştirmeyen bir durum alır.

Seramik malzemenin kullanılması çok eski çağlara dayanır. İlk insanlar kili pişirmesini bilmediklerinden, şekillendirdikleri kili kurutarak mutfak eşyası ve benzeri gereksinimlerinde kullanmışlardır. Kilin pişirilerek kullanılması, seramiğin doğuşuna sebep olmuştur (Akın, 1983).

Seramikler insanlık tarihinin en eski doğal kaynaklara dayalı sentetik malzemelerinden olup, tıpta kullanım alanı bulmalarının kökleri (ve günümüzde ‘biyoseramikler’ adı altında ileri teknoloji malzemeleri arasında yer almaları) ise Eski Mısırlılara kadar uzanmaktadır. Eski Mısır mumyalarının ağızlarında dolgu ve yapay dişlere rastlanmıştır (Umut, 2001).

Diş hekimliğinde kullanılan estetik materyaller üzerinde en eski çalışmanın M.Ö. 2500 yılında Mısırlılar tarafından yapıldığı bilinmektedir. Daha sonra bu çalışmalar Mezopotamya, Asur ve Çin uygarlıkları zamanında büyük gelişim göstermiştir. Bu gelişimin temelinde seramik malzemesinin kullanımı önemli yer tutmaktadır. 16. y.y.’da Portekizli denizcilerin Avrupa’ya Çin’den porseleni getirmesiyle bu alandaki çalışmalarda artış görülmüştür (Kasapoğlu, 1999).

Seramik malzemeler genel olarak iki ana gruba ayrılabilir :

### 1) Klasik Seramik Malzemeler :

- Kaba ve ince seramikler
- Cam ve cam seramikler
- Refrakterler
- Çimento
- Diğerleri (Steatit, vollostonit, vb.)

### 2) Yüksek Teknolojik Seramik Malzemeler :

- Elektriksel özelliklerinden yararlanılan seramik malzemeler (izolasyon malzemeleri, fotoelektrik seramikler, vb.)
- Manyetik seramikler (manyetik kayıt kafaları, sıcaklık sensörleri, vb.)
- Optik seramikler (optik fiberler, PLZT seramikler, vb.)

- Kimyasal özelliklerinden yararlanılan seramikler (gaz sensörleri, elektrod, vb.)
- Isıl özelliklerinden yararlanılan seramikler ( $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  ve özel infrared radyatörler, ısıl kalkanlar,  $SiO_2$  bazlı seramikler, vb.)
- Mekanik özelliklerinden yararlanılan seramikler (kesici uçlar ( $Al_2O_3$ ,  $TiC$ ,  $TiN$ ), seramik kaplamalar, basınç sensörleri, vb.) (Özkan, 1995)

Seramik malzemeler, insan vücudunda çeşitli şekil ve değişik bölgelerde uygulanım olanaklarına sahiptir. Özellikle diş porselenleri uzun yıllardan beri gerek estetik, gerekse sağladığı özellikler nedeniyle ağız restorasyonlarında (onarımlarında) kullanılmaktadır (Ünal, 2002).

Dünya plastik endüstrisinin gelişmesi diş hekimliğini de önemli ölçüde etkilemiş, özellikle protez tekniğinde önemli değişikliklere sebep olmuştur.

Dünya plastik endüstrisinin piyasaya sürdüğü plastikler; Fenolformaldehit, Sellüloz Asetat, Sellüloz Nitrat, Üreformaldehit, Styren, Vinil Reçine, İndenler, Akrilatlar, Kazein Plastikleri ve Fenolik Furfurol olmak üzere on grup altında toplanmışlardır.

Genel ismi ile “Reçineler” olarak isimlendirdiğimiz bu plastik maddeler, polimer yapıya sahip, özel yöntemlerle endüstrinin her alanında istenen şekil verilebilen ve her madde yerine kullanılabilen, genellikle ucuza mal olan, yapısının ana elementi karbon olan organik bileşiklerdir (Görker, 1984).

Bowen, epoksi reçinelerin yapışma özelliğinin iyi olduğunu düşünerek bir dolgu malzemesi geliştirmiştir. Araştırmacı, epoksi reçineleri akrilik reçinelerle modifiye ederek kendi adı ile anılan Bowen reçinesini geliştirmiştir. 1961’de ilk klinik çalışmaları yapılan ve 1964’te piyasaya sürülen kompozitlerin bileşimindeki reçine BIS-GMA olarak da adlandırılmaktadır (Nayır, 1982; Uygun, 1993).

Araştırmamıza konu olarak aldığımız seramik dişleri ve kompozit yapıştırıcıları aşağıdaki ana başlıklar altında topladık :

- Seramik (porselen) dişler
- Kompozit yapıştırıcılar

### 3. SERAMİK DİŞLER

#### 3.1 Diş Hekimliğinde Seramik

Seramikler günümüz diş hekimliğinde üstün estetik özellikleri, mükemmel hijyen sağlamaları açısından en sık kullanılan restoratif (onarıcı) malzemelerdir. Dünya ve Türkiye literatüründe seramik killeri; kil, kaolen, refrakter kil ve bentonit ile birlikte değerlendirilmektedir.

Bütün seramikler temel olarak aynı yapıya sahiptirler. Çeşitli seramikler arasındaki temel farkı içeriklerinin oranındaki ve pişirme işlemlerindeki farklılıklar yaratmaktadır. Diş porseleni, ince seramik tozuna su ilave edilerek pasta haline getirilen ve çeşitli pigmentler kullanılarak doğal diş, renk ve görünümünde şekil alan bir biyomalzemedir.

Diş hekimliğinde “seramik dişler” veya “seramik kuron, seramik köprü” gibi deyimleri kullananlar vardır. Seramik, ana maddesi kil (kaolen) olan ve pişirme suretiyle şekil verilmiş materyalin sertleştirilmesi ve sırlanıp kullanılmasıyla sonuçlanan çalışmanın ürünüdür. Diş porselenini meydana getiren üç malzeme önce saflaştırılıp sonra değirmenlerde su ile dövülür. Elde edilen tozlar istenilen oranda su ile karıştırılıp hamur yapılır. Bu hamur belirli sıcaklıkta pişirilir (yaklaşık 1200°C), sıcakken suya batırılır ve içindeki gerilim boşaltılır. Elde edilen bu maddeye “frint” denir. Frint değirmenlerde öğütülerek çok ince toz haline getirilip kurutulur. İçine renk verici pigmentler katılarak diş hekimliğinin hizmetine sunulur.

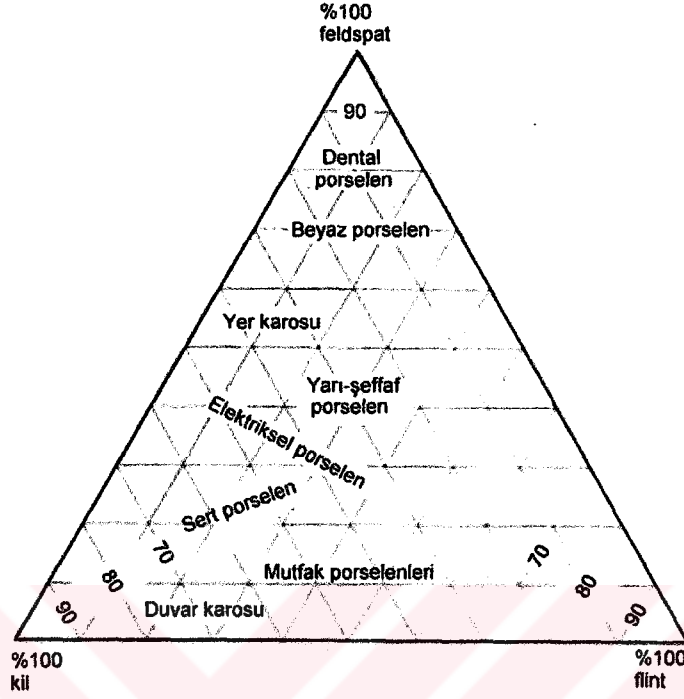
Tüm porselenler üç ana maddeden oluşur :

- 1) Kaolen (kil). Aluminyum Hidrat silikatıdır :  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .
- 2) Feldspat. Potasyum ve aluminyum silikat (Ortoz) :  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  ( Potasyum yerinde sodyum (Na) bulunabilir)
- 3) Kuvartz (Kum). Silisyum Oksit ( $SiO_2$ )’den oluşur (Görker, 1984; DPT, 2001; Ünal, 2002).

Kaolin porselenin büzülmesini arttırdığı ve malzemeye opaklık verdiği için günümüzde diş porseleni yapımında kullanılmamaktadır.

Diş hekimliğinde kullanılan porselen, yapı olarak seramikçilerin kullandığı sert porselene çok yakındır. Seramiğin ham maddesi kildir. Doğadan elde edilen ve bir mineral olan kil; kuvartz, feldspat, mika ve benzeri maddelerin su, hava, karbonik asit, bor, kükürt, flor bileşikleri gibi değişik kimyasal ve jeolojik etkilerle ayrışmasından oluşan bir mineral grubudur.

Geleneksel seramik hamurunda kil, flint veya kuvarz ve feldspat bulunur. Bu kompozisyon yapısı Şekil 3.1'deki üçlü faz diyagramında görülmektedir.



Şekil 3.1 Seramik kompozisyon yapısı (Singer ve Singer, 1963)

Tam arınmış kil, Hidrate Alumin Silikat (Kaolinit) adını alır ve arınmış kilin yukarıda belirtilen doğal etkenlerin katkısı ile maddelerin ayrışması sonucunda oluşmasına kaolinizasyon denir. Kaolinit kimyasal olarak :  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  formülüyle gösterilir.

Bu formülde :

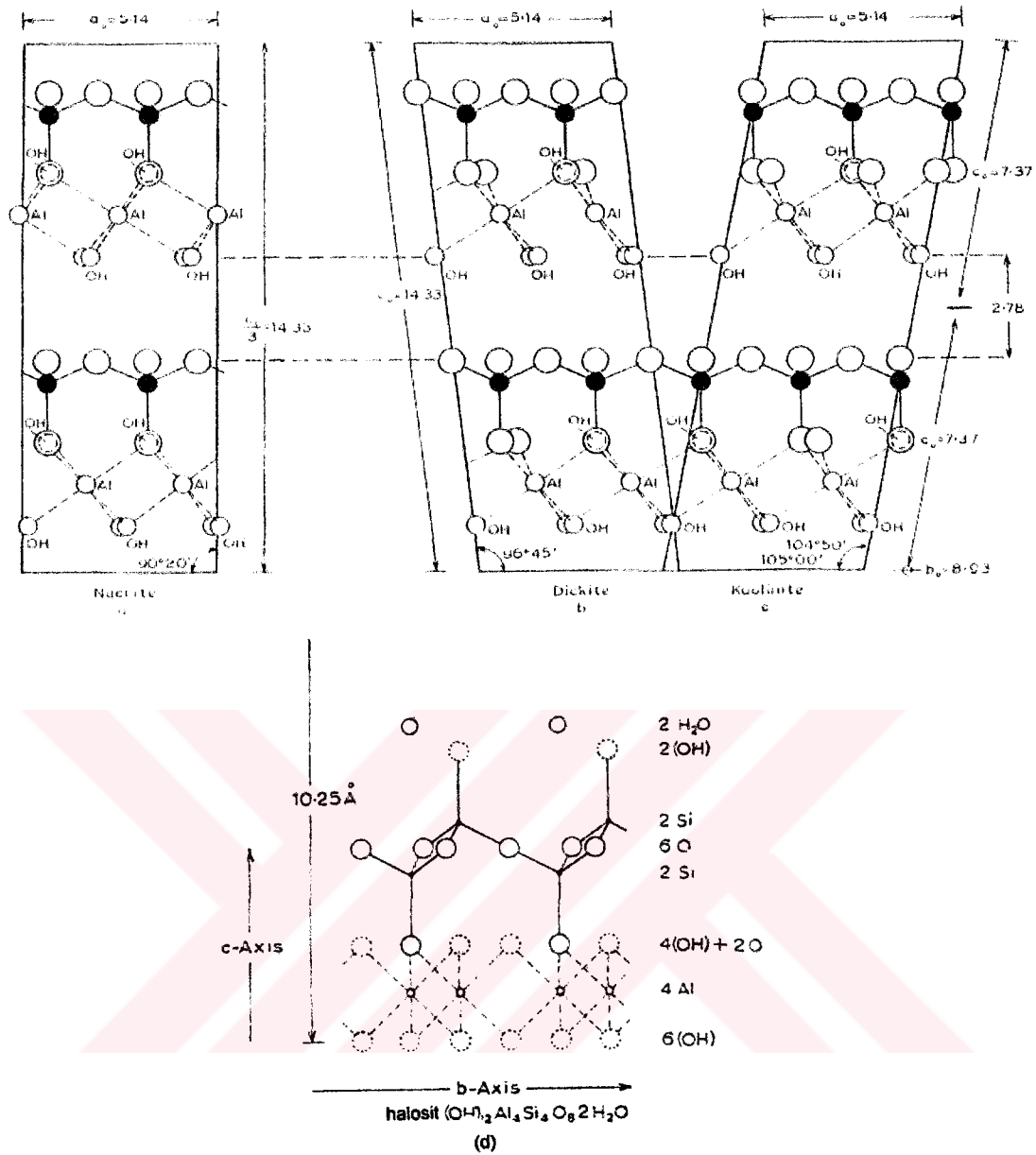
$Al_2O_3$  oranı ağırlık olarak %40,

$SiO_2$  oranı ağırlık olarak %46,

$H_2O$  oranı ağırlık olarak %14'tür.

Kaolinizasyon sonucu oluşan madde doğal etkenlerle yer değiştirmedeği takdirde kaolinitte az miktarda demir oksit, alkali bazları ve toprak alkalileri bulunur (Sodyum, potasyum, kireç ve magnezi). Kaolinit alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. Oluşan madde tamamen beyaz renkte ise kaolen adını alır (Akın, 1983).

Kaolen, kil mineralleri içinde bir grup kil mineraline verilen isimdir. En önemli minerali kaolinit ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) olan grubun diğer mineralleri dikiit, nakrit ve halosit'tir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Nakrit, dikit, kaolinit ve halosit yapılarının açılmış görüntüleri (Singer ve Singer, 1963).

Yeryüzünü oluşturan minerallerden biri olan feldspatlar, bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından iki gruba ayrılırlar :

- 1) Alkali feldspatlar
- 2) Kalko-sodik feldspatlar (palajioloklar)

Feldspatlar, kalsiyum ve sodyum içeriklerine göre bir seri oluştururlar ve doğada çok yaygın bulunurlar. Cam ve seramik sanayii için az sayıda feldspatik oluşum uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, feldspat özellikle potasyum-feldspat oluşumlarının büyük çoğunluğunu ince taneli kayaların bileşeni olarak bulunması, demir içeren mineraller



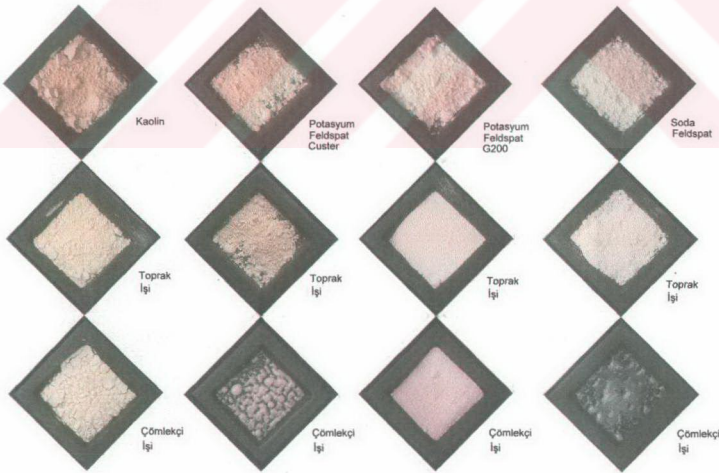
tarafından kirletilmiş olmasıdır. Bazı feldspatların ve kaolinin görünümü Şekil 3.3'te yer almaktadır.

Seramik ve cam sektörü için feldspatların erime sıcaklıklarının önemi fazla olup tane boyutları da büyük öneme sahiptir.

- 1) Potasyum feldspat : 1200 – 1250 °C
- 2) Sodyum feldspat : 1150 – 1225 °C
- 3) Kalsiyum feldspat : 1500 – 1550 °C

Feldspat bünyesindeki alkaller, erime sıcaklığını düşürecek eritici (flaks) görevi yaparlar. Feldspatik mineraller, cam reçetesinde esas olarak alumina kaynağı şeklinde yer alırlar. Alumina ise duyarlılık sağlar ve çarpma, bükülme ve termal şoklara karşı mukavemet kazandırır.

Feldspatın eritici özelliğine etki eden faktörler arasındaki silika içeriği, bünye bileşimi ve daha da önemlisi toplam alkali içeriği ile  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{Li}_2\text{O}$  gibi alkali oksitlerin oranları sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer (DPT, 2001).

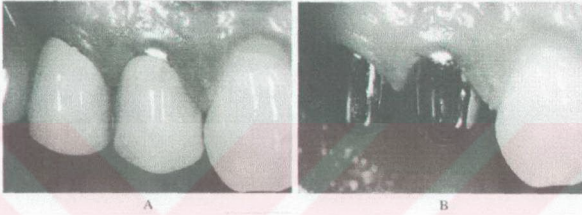


Şekil 3.3 Seramik yapısında yer alan mineral gruplarının görünümü (Burlinson, 2001)

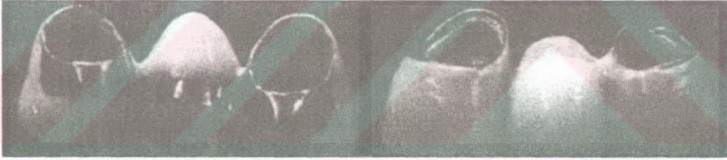
### 3.1.1 Diş Hekimliğinde Porselenin Yapısı

Diş hekimliğinde farklı kompozisyonlara sahip üç çeşit porselen malzeme kullanılmaktadır. Bunlar :

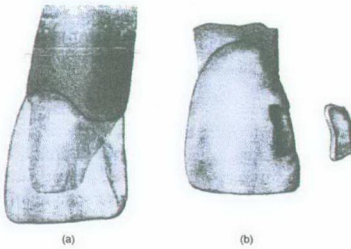
- 1) Suni dişlerin imalatı (Şekil 3.4).
- 2) Seramik-metal uygulamaları (Şekil 3.5).
- 3) Porselen restorasyonları (porselen jaket kuronları, porselen lamina vener kaplamalar, inley ve onley dolgular) (Şekil 3.6).



Şekil 3.4 Porselen dişler (Weigl, 2000). (a) Ağız içinde porselen dişler mevcut olup dişeti çekilmesi oluşmuştur. (b) Porselen dişler dişeti çekilmesinden sonra çıkarılmıştır. Görünen kısım konik metal diş destekleridir.

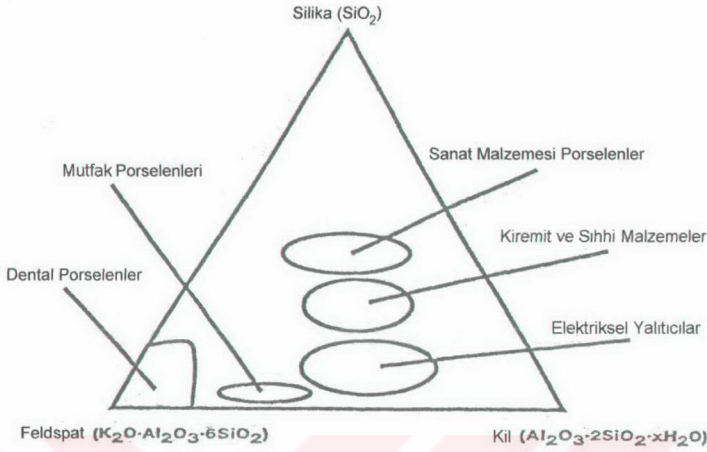


Şekil 3.5 Yüzeyi Ceramco porselen kaplı döküm metal köprü uygulamalı diş protezi (Craig ve Payton, 1975).



Şekil 3.6 (a) Porselen jaket kuron çizimi (b) Ön diş için porselen inley çizimi (Craig ve Payton, 1975).





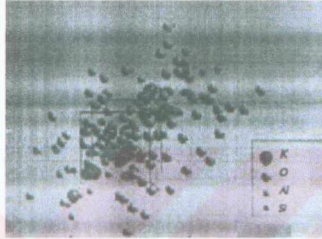
Şekil 3.7 Kil, feldspat ve silika bileşimleri (Gemalmaz, 2002)

Porselen gözeneksiz ve klasik seramik malzemeler grubuna girer. Beyaz, yarı saydam ve kolay kırılmayan bir malzemedir.

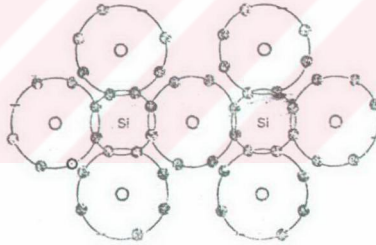
Seramikler, yüksek sıcaklıklarda pişirildikten sonra oluşan metalik olmayan malzemeler olarak tanımlanır. Diş seramikleri, değişik kristalin fazlar tarafından kuvvetlendirilmiş camsı bir matris içerirler. Bu fazlar lōsit, alumina veya mika olarak isimlendirilir (Claus, 1980; Özkan, 1995; Rosenblum vd., 1997).

Diş porseleni, kuvarz ( $\text{SiO}_2$ ), feldspat ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  potasyum alumina-silikat,  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  sodyum alumina silikat) ve diğer oksitlerin karışımı ile elde edilir. Diş porseleni bileşimine %12-22 oranında katılan kuvarz, porselenin fırınladığı yüksek sıcaklıklarda değişime uğramaz. Sonuçta silis, porselen kütlenin bütünlüğünü korur ve diğer bileşenlere iskelet görevi yapmış olur. Feldspat diş porselenine %75-85 oranında katılmaktadır. Bunlar düşük ısıda eriyen bir cam fazıyla, yüksek miktarda genleşebilen bir kristal fazından oluşur. Yüksek genleşme, cam matris içinde yer alan düşük ısı lōsiti ( $\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ) tarafından sağlanır. Si-O ağı, diş porseleninin cam yapıcı matrisidir. Silisyum atomları dört oksijen atomuyla birleşerek tetrahedral yapıyı meydana getirir. Diş porseleni cam yapıda olduğu için, soğuma esnasında silikat zincirleri periyodik yapılar halinde kristalize olmaz ama ileri derecede soğutulmuş likit halinde sertleşir. Soğuma esnasında kristalizasyon olmadığı için, katılaşmaya vitrifikasyon adı verilir, ve sonuçta camsı (vitröz) yapı ortaya çıkar.

Tüm camsı yapılarda esas iyon olarak bulunan oksijen (anyon); silisyum, germanyum ve fosfor gibi küçük atomlarla (katyon) çok kararlı bağlar oluştururlar. Dış porselenleri, silisyum ve oksijen atomlarının kombinasyonu ile meydana gelen amorf cam yapıdan oluşurlar. Esas yapıyı oluşturan büyük oksijen atomları matris olarak görev yaparken, daha küçük olan silisyum atomları boşluklara yerleşirler. Silisyum ve oksijen atomlarını birarada tutan atomik bağlar kovalent ve iyonik karakterdedir. Bu sebeple porselen sert ve yüksek elastisite modülüne sahip olup, ısısal ve kimyasal eriticilere karşı dirençlidir.



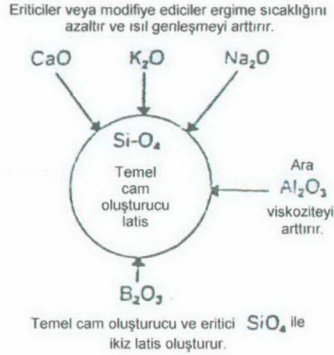
Şekil 3.8 Düşük ısı lösitinin kristal yapısı (Pamuk, 2000)



Şekil 3.9 Silisyum tetrahedral (Gemalmaz, 2002)

Temel matris teşkil eden silisyum tetrahedral ( $\text{SiO}_4$ ) yapının bazı özelliklerinin modifiye edilmesi için cam modifiye eriticiler adı verilen metal oksitler ana yapıya katılır. Feldspat ve Si-O ağıını bozan sodyum ve potasyum oksitleri içerir. Bunların etkisiyle arzu edilen iki sonuç elde edilir; camın yumuşama sıcaklığı düşer ve ısı genleşme katsayısı artar.

Üretici firma oksit miktarını ayarlayarak, metal alt yapıda kullanılacak alaşıma uygun bir termal genleşme katsayısı elde eder. Feldspatın içinde bulunan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), viskoziteyi ve cam ağıının sertliğini artıran bir ara oksit görevi görür.



Şekil 3.10 Silisyum tetrahedral (Gemalmaz, 2002)

Kalsiyum oksit (CaO), sodyum oksit (Na<sub>2</sub>O) ve potasyum oksit (K<sub>2</sub>O) gibi cam modifiye ediciler katılarak, ergime derecesinin düşürülmesi ve ısı genleşme katsayısının artırılması amaçlanır. Bu oksitlerin ilave edilmesiyle yapının viskozitesi de düşürülür. Porselenin viskozitesini ve direncini arttırmak için alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) katılır. Ayrıca camlaşma tepkimesini (vitrifikasyon) hızlandırmak için borik oksit (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) diş porselenine eklenmelidir (Barreiro vd., 1989; Kasapoğlu, 1999; Pamuk, 2000; Gemalmaz, 2002).

### 3.1.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Porselenlerin Özellikleri

Diş hekimliğinde kullanılan malzemeler; metal ve alaşımları, polimerler, kompozitler ve seramikler ana başlıkları altında sınıflandırılabilir. Bu malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özellikleri kısaca aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

- 1) Fiziksel özellikler : Isı iletimi, yoğunluk, optik özellikler, yüzey özellikleri, elektrik akımı ve iletimi, ısı genleşme
- 2) Mekanik özellikler : Basma, çekme ve kayma yüklemeleri sonucu oluşan burulma, bükülme kuvvetleri karşısında malzemelerin dirençleri, yorulma.
- 3) Kimyasal özellikler : Korozyon ve çözünme, absorbsiyon.
- 4) Biyolojik özellikler : Toksik etkiler ve duyarlılık (Kedici, 2002).

Seramiklerin basma dayanımı, çekme ve kayma dayanımlarından daha yüksektir. Diş porseleninin dayanımı çapraz eğme deneyiyle tespit edilmekte, eğilme dayanımı ve kırılma modülü değerleri bulunmaktadır (Ünal, 2002).

Seramikler; düşük çekme gerilmesine, ısı ve mekanik şoklara karşı zayıf dirence sahip olmalarından dolayı, basınca dayanım isteyen yerler dışında endüstriyel uygulamalarda kullanımı sınırlıdır. Çekme gerilmesi ve kırılma tokluğunda gelişmeler sağlanırsa kullanımı artacaktır (Yılmaz, 1992).

Diş porselenleri genelde inert özelliklere sahiptir. Kemik ve dişlerin ana fazı hidroksiapatit (HA). Dental restorasyon veya kemik implantlarında sentetik (HA) inorganik dolgu olarak iyi bir seçimdir (Craig ve Payton, 1975).

Hidroksiapatit (HA, kimyasal formülü  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}$ ) kemik ve dişin mineral bileşenine çok benzer olması nedeniyle biyolojik olarak en uyumlu malzemelerden biridir. (HA) hem sert dokularda hem de deri ve kas dokularıyla oldukça iyi biyolojik uyumluluk gösterir ve hiçbir toksik etkisi yoktur.

Sentetik (HA)'ın mekanik özellikleri zayıftır. Eğme mukavemeti 50-160 Mpa ve kırılma tokluğu değeri yaklaşık 1 Mpa/m 'dir. Bu yüzden (HA) seramikler, yapay diş ve kemik gibi yük taşıyıcı bölgelerde kullanılan implant malzemeler için uygun değildir. Tıbbi uygulamaları sadece küçük yüklerin uygulandığı implantlar, tozlar, kaplamalar ve düşük yüklü poröz implantlarla sınırlıdır (Umut, 2001).

Diş porseleni; plak oluşumuna direnci, yapım kolaylığı, ağız sıvılarından etkilenmemesi ve estetik özellikleri açısından diş hekimliğinde kullanılması çok uygun bir malzemedir.

Diş porselen restorasyonlarının farklı yükler altında kalması dayanımını olumsuz yönde etkiler. Çünkü malzeme yapısında var olan mikroçatlaklar, kırılma eğilimini artırır. Yüzey porozitesi, abrazyon, aşınma etkileri ve ısısal yüklemeler gibi bir çok etken mikroçatlakların ilerlemesi sonucu porselenin çatlamasına sebep olur (Gemalmaz, 2002).

Normal diş yapısı, dışsal kesme yüklemelerini mineden dentine iletmektedir. Yoğunlaşmış diş yüklemeler, dişin iç yapısının büyük bir kısmına yayılmaktadır. Sonuçta yerel gerilmeler düşük seviyededir. Bu proses süresince dentinin küçük bir kısmı deformasyona uğrayabilmektedir.

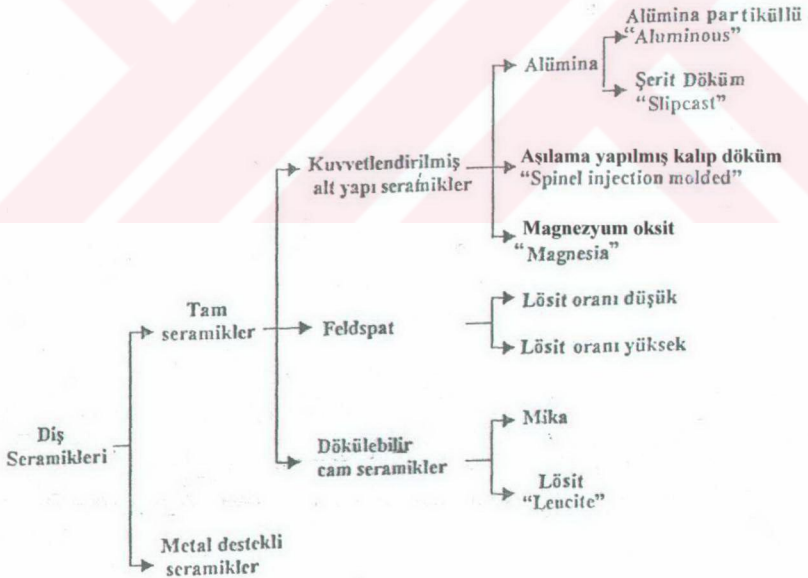
Restore edilmiş (onarılmış) diş, gerilmeleri sağlam dişe göre farklı iletme eğilimindedir. Diş ve restorasyon arayüzeyinde herhangi bir yükleme sonucu basma, çekme veya kayma gerilmeleri oluşmaktadır. Birçok restorasyon, oluşan gerilmeleri mineye nazaran dentin üzerine dağıtacak şekilde tasarlanmaktadır (Craig ve Payton, 1975).



Porselen restorasyonlar, mükemmel biyo-uyumluluk gösterdiği için diş hekimliğinde yaygın şekilde kullanılır. Bu malzemeler yüksek estetikli görünüm oluşturan restorasyonlar olsa da, travma veya yorulmadan kaynaklanan istenmeyen durumlar oluşur. Porselen kırılması ciddi ve pahalı bir problem olmaktadır. Porselen kısımda küçük bir parça eksilirse, estetik görünüm için, kompozit reçineler kullanılmalıdır. Daha büyük porselen parçaları kırılmalarında kompozit reçine ya da porselen lamina verner, porselen diş üzerine uygulanabilir. Yapılarından dolayı camlar, camlaşma olayından sonra süneklik göstermezler. Herhangi bir dislokasyon ve kayma hareketi oluşamaz. Diğer taraftan kırılma gevrek bir biçimde gerçekleşir (Shahverdi vd., 1998).

Çizelge 3.1 Doğal ve suni dişlerin sertlikleri (Craig ve Ward, 1996)

| Malzeme  | KHN (kg/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|---------------------------|
| Porselen | 460                       |
| Mine     | 343                       |
| Dentin   | 68                        |
| Plastik  | 20                        |



Şekil 3.11 Diş seramiklerinin kuvvetlendirilme mekanizmalarına göre sınıflandırılması (Gemalmaz, 2002)

Diş hekimliğinde tam seramik restorasyonlar kullanılarak yüksek estetik görünüm elde edilir. Tam seramik restorasyonlar yüzey yapısı, renk ve şeffaflık açısından doğal dişlerle mükemmel bir uyum içersindedirler.

Geleneksel tam seramik kuronlar, platin matris üzerine işlenirdi ve bunlara porselen jaket kuron adı verilir. Geleneksel metodun dezavantajlarını önlemek amacıyla yeni malzeme ve teknikler geliştirilmiştir. Bu gelişmeler sayesinde, yüksek mukavemetli seramikler ve bunlarla üretilen seramik restorasyonları yapıştırmak için adeziv simanlar üretilmiştir.

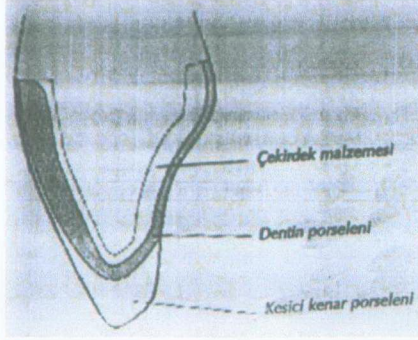
İlk yapılan restorasyonların en büyük dezavantajı mukavemetlerinin düşük olmasıydı. Bu nedenle kullanımları gerilimlerin az olduğu ön bölge restorasyonları ile sınırlıydı.

Yüksek mukavemetli seramik çekirdekler ilk olarak 1965 yılında McLean ve Hughes tarafından ortaya atılmıştır. Araştırmacılar geleneksel cam-alumina kompozit yapının kullanılmasını savunmuşlardır. Bu yapı esasen elektrik endüstrisinde kullanılan alumina ile güçlendirilmiş, porselene benzemektedir. Erimiş alüminyum oksit taneleri camdan çok daha dayanıklıdır.

McLean tarafından geliştirilen bu teknikte, dayanıklılığı arttırmak için, alumina içeriği yüksek, daha opak bir iç çekirdek kullanılmaktadır. Bu çekirdeğin üzerine, içlerinde sırasıyla %15 ve %5 oranlarında kristalin alumina bulunan dentin ve mine porseleni karışımı uygulanmaktadır. Sonuçta elde edilen restorasyon, geleneksel feldspatik porselen restorasyonlardan %40 oranında daha güçlüdür.

Bu teknikte, içlerinde zirkonyum ve magnezyum da bulunduğu, değişik güçlendirici oksitlerin kullanılmasıyla geliştirilmiş, alumina çekirdeğin elde edilişinde de ilerlemeler kaydedilmiştir. Günümüzde laboratuvar dayanıklılığı en yüksek malzeme, şerit dökümlü (slip-cast) aluminadır (In-Ceram). Mukavemet, gözenekli alüminaya özel olarak formüle edilmiş bir camın infiltre edilmesiyle elde edilir. İlk üretilen alumina çekirdeklere göre, In-Ceram'ın mukavemeti yaklaşık olarak 3-4 defa daha yüksektir (Şekil 3.12).

Feldspatik porselenler diş hekimliğinde kullanılan en eski seramiklerdir. Feldspat seramik yapısında %75-85 oranında bulunmaktadır. Yaygın şekilde kullanılan diş porselenleri potas feldspattan üretilmiştir. Diş seramiklerinin mekanik özellikleri artırılarak düşük gerilmeler altında oluşan çatlak ilerlemesini engellemek için mekanizmasının kuvvetlendirilmesi gerekir. 70 Mpa bükülme dayanıklılığına sahip feldspatik porselenin ağız içersindeki direnci metal alt yapı ile yaklaşık sekiz kat artmaktadır.



Şekil 3.12 Alumina partiküllü jaket kuron (Gemalmaz, 2002)

Diş porseleni lōsit kristal ile tanımlanmaktadır. Cam matris yapısına sahip diş porseleni içinde lōsit kristalleri gömülü olarak bulunmaktadır. Diş porseleninin ayrışma (fısyon) prosesi süresince kararlı olmasından lōsit kristalleri sorumludur. Lōsit kristalleri, kübik ve tetragonal kristalografik sistemlerde allotropik yapıda bulunabilir. Lōsit, küresel yapıda da olabilir.

Dökülebilir cam seramikler, gözeneksiz, homojen mikroyapılardır. Bu düzenli yapı şekilsiz bir cam matris içersinde kristallerin kontrollü üretimi ile elde edilir. Üretilen kristallerin tipi ve üretimin miktarı cam seramiklerin özelliklerini belirler (St. John, 1980; Kasapoğlu, 1999; Pamuk, 2000; McLean, 2001; Gemalmaz, 2002).

### 3.2 Porselen Pişirme Prosedürü

Herhangi bir porselen malzemesinin kalitesi; seçilen bileşenler, her bileşenin doğru oranda katılması ve porselenin pişirme prosedürünün kontrolüne dayanmaktadır. Diş porselenlerin üretiminde sadece en saf bileşenler kullanılmalıdır. Çünkü istenen renk, mukavemet, çözünmezlik, yarı şeffaflık, uygun sertlik özellikleriyle beraber gerekli ısıl genleşme ve dayanım özellikleri kazanılmalıdır.

Porselen tozları erime derecelerine göre üç gruba ayrılır :

- 1) Yüksek Sıcaklık Porseleni : Diş hekimliğinde inley, kuron ve köprü protezleri gibi yapılarda kullanılır.

Pişme ısısı : 1288 °C – 1371 °C dir

Yapısı : %4 Kaolin, %81 Feldspat, %15 Silis.



- 2) Orta Sıcaklık Porseleni : Diş hekimliğinde inley, kuron ve köprü protezleri gibi yapılarda kullanılır.

Pişme ısısı : 1093 °C – 1260 °C dir

Yapısı : %61 Feldspat, %29 Silis, %2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, %1 Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>2</sub>

- 3) Düşük Sıcaklık Porseleni : Pişirme işleminden sonra porselende kırılğan bir yapı olduğu için önemli yapılarda kullanım alanı yoktur. Tüm yapay ve tüplü dişlerin yapımında kullanılmaktadır.

Pişme ısısı : 871 °C – 1066 °C dir

Yapısı : %12 Feldspat, %60 Silis, %8 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, %11 Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, %1 CaCO<sub>3</sub>, %8 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Akin, 1983)

Kullanılan diğer bir sınıflandırma şekli ise (McLean tarafından) şöyledir :

- 1) Atmosferik ortamda fırınlanan normal feldspatik porselen kuronlar,
- 2) Vakum altında fırınlanan normal feldspatik porselen kuronlar,
- 3) Metal destekli porselen kuronlar,
- 4) Alumina porselen kuronlar (Craig ve Ward, 1996; Gemalmaz, 2002).

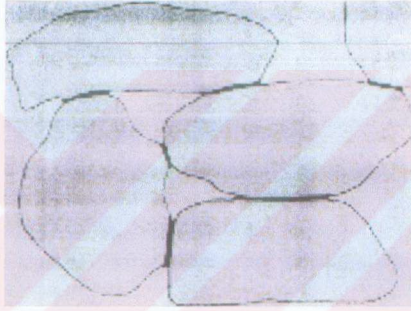
Porselen tozlarında tüm bileşenler gerekli kalite ve saflıkta olmalıdır. Bu durumu sağlamak için bileşenlere “Frittaj” işlemi uygulanır. Frittaj işlemi, diş hekimliği porseleninin pişme sıcaklığının çok üstünde yapılır. Bu nedenle hammaddede, kimyasal reaksiyona bağlı olarak gaz çıkışı ve büzülme büyük miktarda laboratuvarında kullanılmadan önce gerçekleşir. Bu işlemde bileşenlere ısı verilerek ilk yanma sağlanır, bu durumda bir kitle oluşturan porselen, istenmeyen maddelerden arıtmak için yıkanır ve çok ince toz pudra haline gelinceye kadar dövülerek ufaltılır. Daha sonra mine ve dentin renklerini kapsayan değişik renkli tozlar, renk değiştirici tozlar, şeffaf porselen tozu ve temel opak porselen tozunu kapsayan bir bütün olarak özel kutularda diş hekimine sunulur.

Diş hekimliği porseleni genellikle toz halindedir. Toz, su veya gliserin içeren bir sıvı ile karıştırılarak, çalışabilecek kıvamda bir hamur elde edilir. Daha sonra elde edilen bu karışım kullanılarak restorasyona gereken şekli verilir.

Porselen tozunun bileşenleri diş üretimi için tartılır ve nişasta, kitle ve diğer organik materyaller içeren su ile karıştırılır, sonuçta şekillendirilebilecek camsı-macun kitle elde edilir.

Porselen tozu suyla karıştırılıp koyu pasta haline getirildikten sonra fırça veya benzeri bir aletle platin matris üzerine uygulanır.

Kondensasyonda, porselen partikülleri hamur haline getirildiği zaman pişme esnasında porselen materyal içinde boşluk kalmaması için su sistemden uzaklaştırılır. Bu işleme kondensasyon denir. Fazla suyu çıkarabilmek için bir çok kondensasyon tekniğinden yararlanılır. Porselen taneleri kapiller etki ile kondensasyon sırasında biraraya gelir. Yeterli kondensasyon yapılabilirse porselen fırın önünde kurutulması sırasında daha az buhar çıkar. Kütle ısıtılınca, tek tek porselen taneleri sinterlenerek biraraya gelir. Erimeyen tanelerin vitröz akışı, ıslanmaya ve bu taneler arasında bir köprü oluşumuna neden olur. Sonuçta taneler arasındaki alanda bir kayıp ortaya çıkar ve pişme sonrası hacimsel olarak %30 oranında büzülme meydana gelir.



Şekil 3.13 Vitröz sinterleme. Camın akması, erimeyen partikülleri birleştirir (koyu alanlar) (Pamuk, 2000).

Kondensasyon 5 gruba ayrılır :

- 1) Gravitasyon yöntemi
- 2) Vibrasyon yöntemi
- 3) Fırçalama yöntemi
- 4) Spatülleme yöntemi
- 5) Çırpma yöntemi

Piştirme yöntemlerinin en olumlusu vakumda pişirmedir. Fırın içindeki havanın boşaltılması sonucu, porselen parçacıkları arasındaki hava da boşaltılmış olur.

Porselenin pişirilmesinde önce kurutmaya dikkat edilmelidir. Kondanse edilmiş porselen kütlesi, önceden yaklaşık 650°C'ye ısıtılmış fırına yerleştirilir. Bu sayede kalıntı su giderilmiş olur. Porselenin 5 dakikalık bir ön ısıtmaya tabi olması, daha sonra fırına yerleştirilmesi tavsiye edilir.

Diş porselenin pişirilmesi 3 kademede gerçekleşir :

- 1) Düşük biskui pişmesi
- 2) Orta biskui pişmesi
- 3) Yüksek biskui pişmesi

Porselen partiküller birbirlerine birleşme yolu ile hep beraber pişerler. Boşlukların arası sonraki pişmelerde materyalin sıvılaşarak akması ile oluşur.

Porselen biraz daha ısıtıldığında şeffaflaşır ve uygun rengini alır. Yüzeyde normal sır oluşurken istenilen şeffaflığın kazanılması için fırında bekletme süresi ayarlanır. Porselende hiçbir kabarcık olmadan mümkün olan en yüksek homojenlik sağlandığında bu ilk sır, "lüstr" vakum altında oluşur. Isı 960-980°C'ye ulaştığında tüm sır meydana gelir. Sıcaklık çok çabuk yükseltirise yüzey çatlayabilir ve içerde kalan hava kabarcıkları dışarı çıkamazlar. 1100°C'de daha ileri pirokimyasal reaksiyonlar olacağından, porselen oranlarında, yapısında ve özelliklerinde değişiklikler görülür. Bunun için porselenleri aşırı ısıtmamalıdır. Porselen parçacıklarının arasında kalmış olan havanın çıkarılması için helyum, argon ya da su buharı kullanılabilir.

Porselen düşük ısıl iletkenliğe sahip olması sebebiyle soğuma sırasında iç ve dış yüzeyleri arasında boyut farklılığının oluşumu iç gerilmeleri meydana getirerek sonuçta kırılma oluşabilir (Akın, 1983; Sheth vd., 1988; Evans vd., 1990; Craig ve Ward, 1996; Pamuk, 2000; Ünal, 2002).

### 3.3 Porselen Dişlerin İmalatı

Diş hekimliğinde porselenden tam porselen ve metal porselen olmak üzere iki şekilde yararlanılır :

- 1) Tam Porselen :

Diş hekimliğinde tam porselen, çiğneme basıncından fazla etkilenmeyen alanlarda kullanılır. Bu tür porselenler iki şekilde elde edilir :

- Hazır yapay dişler ve her türden prefabrike fasetler
- Diş hekimini veya teknisyen tarafından laboratuvarında hazırlanan özel porselen dişler.

- 2) Metal - Porselen :

Porselen tek başına basınçlara karşı dayanıklıdır ancak bükülme ve gerilmeye karşı son derece hassastır. Çiğneme basınçlarının daha yoğun olduğu köprü protezlerinde, porselene

dayanıklılık sağlamak için metal üzerinde porselen pişirilerek metal - porselen protezleri hizmete sunulur (Gemalmaz, 2002).

### 3.3.1 Metal Destekli Seramikler

Günümüzde, diş seramiğinin çigneme kuvvetlerine karşı direncinin artırılması için kullanılan en yaygın yöntem seramiğin metal alt yapı ile desteklenmesidir. Estetik olarak mükemmel özelliklere sahip olan seramiğin camı yapısından kaynaklanan kırılganlık özelliğinin, metalin üstün fiziksel özellikleri ile birleşmesiyle hem estetik hem de fonksiyonel gereksinimleri yerine getiren uygun bir sabit protez sistemi elde edilir.

Diş porseleninin mekanik özelliklerinin artırılması için düşük gerilme yüklemelerinde gelişen çatlak oluşumunu engelleyici bir mekanizma mevcut olmalıdır. Feldspatik porselen yapısı metal alt yapı ile desteklendiğinde gerilme dayanıklılığı yaklaşık 8 kat artar.

Metal destekli seramik restorasyonların yaygın olarak kullanımlarının iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi; metal alt yapı ile geleneksel tam seramik sistemlerine göre kırılmaya daha dirençli olmalarıdır. Ayrıca seramikle metalin güçlü bir bağlantı oluşturmaları da yapıya kararlılık katmaktadır. Yaygın kullanımın ikinci nedeni ise metal destekli seramik restorasyonların gerek diş gerekse implant destekli uzun köprülerde estetik sabit protez uygulamalarında güvenli olarak kullanılabilen tek yöntem olmasıdır.

Metal destekli porselen bir restorasyonun başarısı kullanılan porselenin ve metalin fiziksel özelliklerine olduğu kadar fırınlama tekniğinin başarıyla uygulanmasına da bağlıdır. Metal destekli porselen restorasyonlarda kullanılan porselenlerin ve metalin ısıl genleşme katsayıları birbirine yakın olmalıdır.

Metal destekli porselen restorasyonlarında kullanılacak metal alaşımlarında aranan özellikler;

- 1) Oksit oluşumu
- 2) Akma dayanımı
- 3) Elastiklik modülü
- 4) Isıl genleşme katsayısı
- 5) Sertlik
- 6) Sürünme
- 7) Döküm hassasiyeti



8) Lekelenme ve korozyona dirençtir .

Metal destekli seramik restorasyonlar, metal bir altyapı ve buna mekanik ve kimyasal olarak bağlanan seramikten oluşur. Kimyasal bağlantı pişirme sırasında meydana gelir.

Değişik karışım ve renklerdeki porselen tozları pişirilerek istenilen biçim ve estetik elde edilir. İlk seramik tabaka olan opak, alt yapı üzerindeki koyu metal oksiti maskeler ve restorasyonun birincil renk kaynağını oluşturur. Opak, bir miktar daha yarı şeffaf olan dentin porselenleri ile örtülür. Dentin porseleni de daha şeffaf ve daha az renkli pigment içeren mine porseleniyle kaplanır.

Bazı kozmetik gereksinimleri karşılamak için belirli bazı bölgelere renkli veya şeffaf tozlar uygulanabilir. Yüzeyin parlaklığı, restorasyonun şekillendirilmesi bittikten sonra uygulanan sirlama ile elde edilir.

Metal yüzeyinde porselende iç gerilmelere neden olacak, keskin açılar ve çukurcuklardan kaçınılmalı, dışbükey ve yuvarlatılmış bir şekil oluşturulmamalıdır. Düzgün bir yüzey, porselenin metal iskeleti ıslatmasını kolaylaştırır.

Metal destekli seramik birleşim yeri olabildiğince belirgin (90° açılı) ve düzgün olmalıdır. Böylece üretimin her aşamasında kolaylıkla tesfiye yapılabilir. Metal iskeletin, porselenin pişirilmesi sırasında distorsiyona uğramaması için kalınlığının yeterli olması gerekir. Kıymetli metal alaşımlarında bu kalınlığın en az 0,3 mm., kıymetsiz alaşımlarda da en az 0,2 mm. olmasının yeterli olacağı savunulmuştur.

Metal destekli seramik restorasyonların mekanik özelliği seramiğe destek olan metal altyapının tasarımı ile yakından ilgilidir.

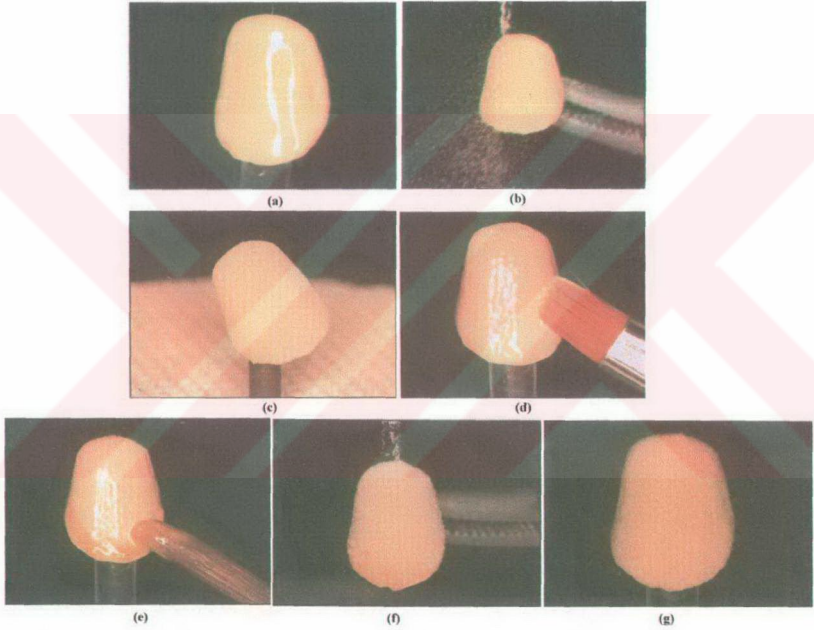
Metal destekli seramik restorasyonda metal alt yapı üç tabaka şeklinde uygulanan seramik ile kaplanır:

- 1) Opak Porseleni : Metalin maskelenmesi amacıyla uygulanır. Aynı zamanda metal-seramik bağlantısında önemli rol oynar. Opak porselen uygulaması pasta opak veya toz opak şeklinde olabilmektedir (Şekil 3.14). Önce metal üreticisinin tavsiyesine uygun olarak oksidasyon işlemi yapılır. Tesfiye edilmiş kuru metal yüzeyine temel pasta porselen, fırça ve opak modifiye edici likit ile sürülür (Şekil 3.14a). Opak pasta yüzeyinden parçacıkların 45° açıyla fırçayı kullanarak uzaklaştırılır (Şekil 3.14b). Sonra metal yüzeye uygulanmış pasta opak porselenin ilk pişimi yapılır (Şekil 3.14c). Pişmiş pasta opak üzerine renkli pasta uygulanır (Şekil 3.14d). Renkli pasta ile beraber modifiye edici pastalar da

kullanılmaktadır (Şekil 3.14e). Ardından renkli pasta üzerinden  $45^\circ$  açıyla kullanılan fırça yardımıyla parçacıklar uzaklaştırılır (Şekil 3.14f). Metal yüzeye temel ve renkli pasta opaklar uygulandıktan sonra ikinci pişim yapılır (Şekil 3.14g).

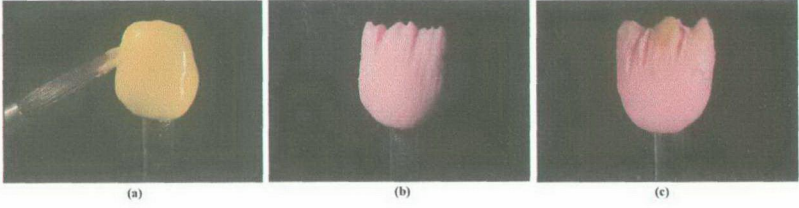
2) Dentin veya Gövde Porseleni : Restorasyonun hacmini sağlar ve rengin büyük kısmından sorumludur. Opak porselen üzerine opak dentin porselen uygulanır. Burada renk uyumunun sağlanması amaçlanır (Şekil 3.15).

3) Mine veya İnsizal Porseleni : Restorasyonun yarı-şeffaflık özelliğini sağlar. (Şekil 3.16)

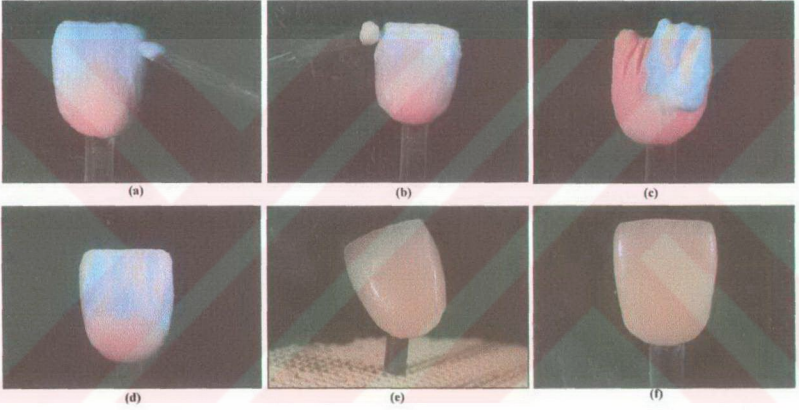


Şekil 3.14 Opak porseleninin metal yüzeye uygulanması (Demak, 2001).

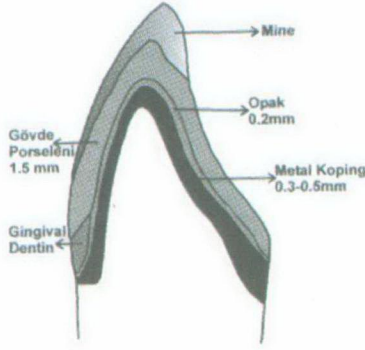




Şekil 3.15 (a) Metal yüzeye opak porselen uygulandıktan sonra opak dentin porselen uygulanması. (b) Doğal diş görünümü için dentin madde kaldırılması (c) Doğal diş görüntüsünü taklit etmek için mamelon uygulaması (Demak, 2001).



Şekil 3.16 (a) Temel şeffaf mine porseleni uygulaması (b) Şeffaf mine üst yığımı (c) Şeffaf opal ve doğal minelerin dikey sütunları (d) Tamamlanmış yığım (e) Opal mine porselenleri ve şeffaf mine porselenleri uygulandıktan sonra birinci pişimi yapılmış porselen kuronun görüntüsü. (f) Temel yığım tekniği ile hazırlanan porselen kuronun pişirilmesinden sonraki tesfiye, temizleme ve sırlama işlemlerinden sonraki bitmiş görüntüsü (Demak, 2001).



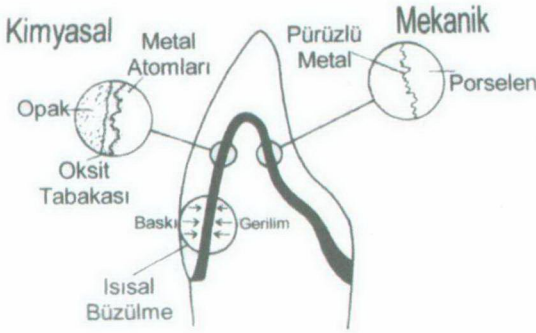
Şekil 3.17 Seramik ve metal koping için optimum kalınlıklar (Eskitaşoğlu vd., 2002)

Metal ile porselen arasında kimyasal bağlantı kurabilmek için, metal yüzeyinde kontrollü bir oksit tabakası oluşturmak gerekir. Alaşımların çoğunda, oksit oluşturmak için kalay, indiyum ve çinko gibi elementler kullanılır. Oksit tabakası, porselenin pişme ısısından biraz daha yüksek bir ısıda elde edilir.

Altın içeriği düşük olan alaşımların çoğu yüksek miktarda kıymetsiz metal içerir. Bu da oksit tabakasının kalın olmasına neden olur. Bu yüzden bazı alaşımların okside edilmesi gerekmez. Bazı üreticiler yüzeyde oluşan oksitleri azaltmak için metal altyapının pişirme sonrasında alumina ile bir miktar kumlanmasını veya hidroflorik asit içine atılmasını önerirler.

Metal destekli seramik restorasyonlarda başarı için 4 temel faktör önemlidir :

- 1) Metal-seramik bağlantısı,
- 2) Metalin ergime derecesi ile seramiğin fırınlama derecesi arasındaki ısı farkı,
- 3) Seramik ve metalin ısıl genleşme katsayıları arasındaki fark,
- 4) Metal seramik uygulamalarda kullanılan alaşımlar (Barreiro vd., 1989; Pamuk, 2000; Eskitaşoğlu vd., 2002; Gemalmaz, 2002).



Şekil 3.18 Seramik metal ara yüzeyindeki üç bağlanma mekanizması (Eskitaşoğlu vd., 2002)

### 3.3.2 Bölümlü Metal Desteksiz Seramikler

İndirekt restorasyonlar ağız dışında hazırlanırlar ve bir sonraki veya daha sonraki seanslarda dişe yerleştirilirler. İndirekt restorasyonların 5 temel tipi bulunmaktadır :

- 1) İnley : Dolguya benzeyen fakat hazırlanma yönünden dolgudan farklı olan bir restorasyon şeklidir. Travma veya çürük nedeniyle diş dokusunda meydana gelen kayıpları telafi eder. Dişin normal konturları içine yerleştirilir.
- 2) Onley : Tüm çigneme yüzeylerini ve tüberkülleri kaplar. Diş, hekim tarafından şekillendirilir ve ölçü alınarak laboratuvara gönderilir. Pozitif model üzerinde hazırlanan restorasyon hekim tarafından yapıştırılır\*.
- 3) Kuron : Tüm diş yüzeylerini çevreler.
- 4) Köprü : İki veya daha fazla diş üzerindeki kuron veya onley birleşimidir.
- 5) İmplant

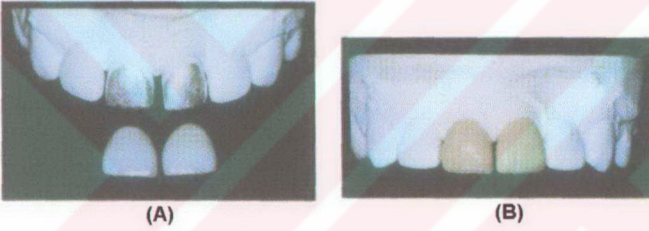
İndirekt restorasyonlar için kompozitler, seramikler, altın ve diğer malzemeler kullanılabilir. Estetik bir restorasyon isteyen kişilerde, seramik inley ve onleyler, kompozitlere karşı sağlam bir alternatif oluşturur. Yöntem, seramik restorasyonu hazırlanan dişe adeziv teknikle yapıştırmaktan ibarettir. Porselen, hidroflorik asitle dağlanır, üzerine silan uygulanır. Seramik inleyler yerine indirekt kompozit reçineler de kullanılabilir. Kompozitlerde karşılaşılan restorasyonun aşınması gibi problemler seramiklerde görülmez (Okamoto vd., 1993; Pamuk, 2000; Tarçın, 2000).

\* Tıp literatüründe yapıştırma işlemine simantasyon adı verilir.

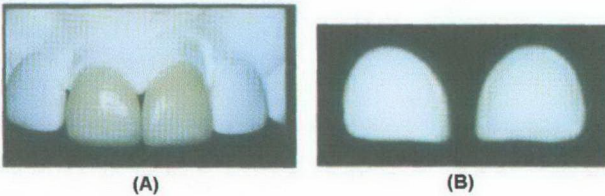
#### a. Dolaylı Vener Restorasyonlar :

Kompozit reçine ve porselenin birlikte kullanılmasıyla porselen lamina venerlerin uygulanmasına başlanmıştır. Lamina venerler, dişlerin koruyucu yöndeki estetik gelişimini sağlayan restorasyonlardır. Bu işlem mine yüzeyinin kısmen kaldırılıp reçine ve porselen malzemelerinin yerleştirilmesinden ibarettir. Lamina vener uygulamalarında kullanılan restoratif malzemeler üç ana grupta sınıflandırılabilir : Kompozit reçineler, diş seramikleri ve seromerleri.

Bu yöntem, dişin dudaksıl yüzey kesimini takiben ölçü alınması ve laboratuvarıda porselen veya seramik malzeme kullanılarak restorasyonun tamamlanması ve tamamlanan restorasyonun hazırlanan dişe adeziv bağlayıcı ve kompozit reçine esaslı yapıştırma simanı ile yapıştırılması esasına dayanır.



Şekil 3.19 (a) Dolaylı veneer restorasyonların tamamı lősitle kuvvetlendirilmiş feldspatik seramikten elde edilmiş ve boyama tekniğı ile bitirilmiştir (IPS Empress, Ivoclar). Ana modelde gümüş renkli görüntü, yapıştırma siman aralığı oluşturmak için, mum modelaj öncesi sürtilen day spacerdir. (b) Dolaylı veneer restorasyonlara ait kor yapıların bitmiş mum modelajı (Üçtaşlı vd., 2002).



Şekil 3.20 (a) Isı ve basınç tekniğı ile elde edilen lityum disilikat kor yapının üzerine fluoroapatite cam seramik materyal uygulayarak biritilen seramik veneer restorasyonlar (IPS Empress 2, Ivoclar). (b) Deneme ve daimi yapıştırma işlemine hazır, üst keser seramik veneer restorasyonların iç yüzeylerinin, alüminyum oksit kum püsürtme ile pürüzlendirilmiş görüntüsü (Üçtaşlı vd., 2002).

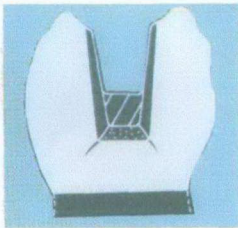


İç yüzeyleri pürüzlendirilmiş dolaylı vener restorasyonlar ile pürüzlendirilmiş mine arasında, güvenilir mikromekanik bağlantı sağlayan adeziv sistemlerin diş hekimlerinin kullanıma sunumu ve uzun süreli başarılı klinik sonuçlar, dolaylı vener restorasyonları estetik adeziv diş hekimliği uygulamalarının vazgeçilmez unsuru haline getirmiştir. Laboratuvarında hazırlandığı malzemeye göre porselen veya seramik lamina olarak isimlendirilen uygulamalar, günümüzde vener restorasyon olarak tanımlanır (Uygun, 1993; Kasapoğlu, 1999; Üçtaşlı vd., 2002).

#### **b. Dolaylı Inley/Onley Restorasyonlar :**

İnleyler, ağız dışında hazırlanarak kavitelere siman aracılığı ile yapıştırılan restorasyonlar olup uygulanan kavitenin boyutlarına göre inley, onley ve overlay olarak adlandırılırlar. İnleyler, dolaylı ve dolaysız olarak sınıflandırılır. Direkt kompozit inleylerin yapılışında prepasyon sonrası kavite içine kaide maddesi yerleştirildikten sonra dişe şeffaf bir polietilen matris ve kama takılır. Daha sonra kavite içine agar-alkol esaslı bir lak sürülür. Bu lakın amacı kompozit materyalinin kaviteye yapışmasını önlemektir. Kaviteye kompozit koyulup çeşitli yönlerden ışık verilerek sertleştirilir. Kompozit sertleştikten sonra inley kaviteden çıkarılır, eksik yerleri tamamlanır, fazlalıklar alınır. Son olarak kullanılan kompozit sisteme özgü inley fırınında polimerizasyona tabi tutulur.

İndirekt inleyler, kavite prepasyonu sonrasında ölçü alınıp ve model hazırlanıp laboratuvarında model üzerinde hazırlanır. Böylece diş ve restorasyon arasında sadece çok ince bir yapıştırıcı katmanı büzülme gösterecek ve sonuçta da marjinal açıklık ve sızıntısı, duyarlılık, tekrarlayan çürük ve renk değişimi gibi sorunlarla daha az karşılaşılacaktır. Restorasyonun ağız dışında hazırlanması ile malzeme içindeki gerilimler azalmaktadır ve mikrosızıntı ile adeziv bağlanmanın bozulması önlenmektedir. Restorasyonun her alanında tam ve homojen bir polimerizasyon sağlanmaktadır.



(a)



(b)

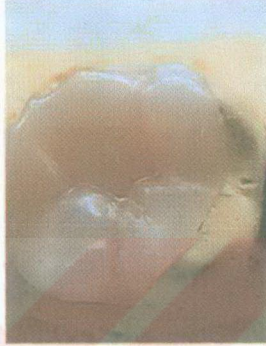


(c)

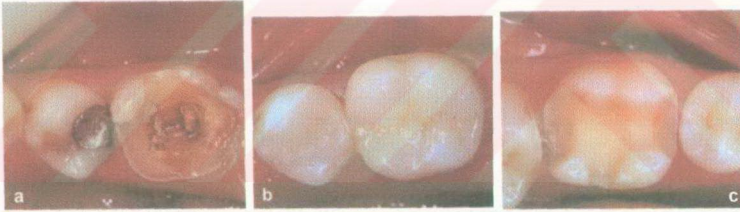
Şekil 3.21 (a) İnley preparasyonu (b) Polimerizasyon sonrası direkt kompozit inley (c) Üst ikinci premolar dişe uygulanmış bir kompozit inley (Önal, 2002).



Günümüzde estetiğe artan ilgi nedeniyle estetik restorasyon malzemelerinin kullanımı daha çok güncelleşmiştir. Seramik inleyler, diğer restoratif malzemelerle karşılaştırıldıklarında daha estetikler, aşınmaya dirençlidirler, adeziv simantasyon teknikleri kullanılarak kalan diş dokularının dayanıklılığını artırırlar ve kuron restorasyonlarına oranla daha koruyucudurlar.



Şekil 3.22 Alçı model üzerinde indirekt kompozit inley (Önal, 2002).



Şekil 3.23 (a) Aşırı madde kaybı gözlenen molar diş (b) Seramik onleynin okluzal görüntüsü (c) Seramik inley için uygun kavite şekli (Üçtaşlı vd., 2002).



Şekil 3.24 (a) IPS-Empress seramik inley simantasyon sonrası (b) 4 yıllık klinik kullanım sonrası (c) Parafonksiyonel alışkanlıkları olan bir bireyde 1. molar ve 2. molar dişlerde uygulanan seramik inleylerin 4 yıllık klinik kullanım sonrası görüntüsü (Üçtaşlı vd., 2002).

Çürük, kırık ya da dolgu yenilemesi amacı ile restorasyon gerektiren her posterior madde kaybında seramik inleylerin uygulanması mümkündür (Tarçın, 2000; Önal, 2002; Üçtaşlı vd., 2002).

### **3.3.3 Tam Seramikler**

Günümüzde ilerleyen teknolojinin ürünü olan yüksek dirençli diş seramikleri ile üretilen restorasyonların, akıcılık özelliği gösteren, kompozit simanlar aracılığıyla diş dokusuna direkt bağlantısı tekniği, restoratif diş hekimliğinin en genel uygulama türü olarak tercih edilmektedir.

Zamanla seramik mühendisliğinin sağladığı teknolojik ilerlemelerle metal desteksiz diş seramikleri; optik özelliklerinin izin verdiği ölçüde elde edilebilen doğal görünimleri, çiğneme kuvvetleri, aşınma ve kimyasal etkilere olan dirençleri, ayrıca sınır uyumları ve ayarlanabilir ısıl genleşme katsayıları yönünden kayda değer derecede geliştirilmiş olup, bu seramik türlerinin teknik ve uygulama örnekleri aşağıda verilmiştir (Uygun, 1993; Pamuk, 2000; Kedici, 2002) :

#### **A. Bilgisayar Destekli Tam Seramik Kopyalama Tekniği :**

Diş seramiği üretiminin teknolojik buluşları, tam seramiklerin bilgisayar destekli tasarım ve üretimine olanak yaratmış olup, bu teknik ilk kez 1971 yılında Altschuler tarafından gerçekleştirilmiştir. Diş kesimlerinin optik görüntülenmesi, görüntünün dijitalize edilmesi ve restorasyonların bilgisayar kontrolünde freze sistemi ile seramik blokların kesilerek şekillendirilmesi yoluyla hazırlanması ile tam ve bölümlü 3/4, 7/8 kuronlar; inley, onley dolgular ve fasetler hazırlanabilmektedir (Kedici, 2002).

Cerec sistemi diş hekimliğinde kullanılan ilk ticari CAD/CAM sistemidir. Bu sistemde dişi görüntülemek amacıyla özel bir video kamera kullanılır. Diş hekimi bu görüntü ile elde ettiği verileri, restorasyonun tasarımında kullanır. Daha sonra bilgisayarlı bir freze aletinde, seramik bloğun aşındırılması ile restorasyon elde edilir. Bu sistem inley, onley ve lamina venerlerin yapımında kullanılmaktadır (Hondrum, 1992; Pamuk, 2000; Kedici, 2002).

#### **B. Döküm Tam Seramik Tekniği**

Diş seramiği üretiminde diğer bir önemli gelişme de; 1973 yılında Grossman DG tarafından, florin içeren tetra-silisik mika kristallerinin cam bir faz içinde kontrollü kristalizasyonu tekniğini esas alan dökülebilir cam seramiklerin üretimidir. Mum uzaklaştırma tekniği ile

dökülebilen bu seramik türünün; anterior ve posterior tek kuron, inley, onley, faset, kontur ve yüzey restorasyonlarında uygulama alanı vardır. Dicor (Dentsply International) ve bunun gibi dökülebilir cam seramikler; uygulama kolaylığı, fırınlama büzülmesinin az oluşu, yeterli ışık geçirgenliği ve opaklık, cilalanabilirlik, gerilim direnci, aşınma direnci, ısıl şok direnci ve kimyasal maddelere karşı dayanıklılık özellikleri açısından üstünlük gösterirler.

Dicor restorasyonlar cam-seramiklerden yapılır. Cam olarak dökülen malzeme, daha sonra ısı işlem ile kısmen kristalize olur. Amorf bir yapıya sahip olan cam, tetrasilik miksa odaklarının oluşturulması ve bunların büyümesiyle kısmen kristal bir yapıya dönüşür. Bu işleme seramikleştirme denir. Cam seramikler biraz daha şeffaf olmakla beraber, minenin görüntüsü ile uyum sağlar. Cam seramikten dökülen bir çekirdek üzerine feldspatik porselen işlenerek çok iyi bir estetik elde edilebilir. Lamina veneerlerde ise renk vermek amacıyla ince bir tabaka yarı şeffaf porselen uygulanır. Inley ve onleylerde genellikle boyama işlemine gerek yoktur. Restorasyonda mükemmel bir estetik elde edilir (Pamuk, 2000; Kedici, 2002).

### **C. Cam İnfiltrasyon Tam Seramik Tekniği**

Cam seramiklerin uzun bir dönem kullanımının ardından, Sadoun M, 1989 yılında, sıvı faz içinde dağılmış alumina partikülleri anlamında tanımladığı şerit döküm (slip cast) dirençli alumina seramiklerini keşfetmiştir. In-Ceram (Vita, Germany) adı altında tanıtılan bu seramik türünde; çok yüksek dirençli, yoğun bir seramik kompozisyonu oluşturmak üzere, az sinterlenmiş alumina tozu içine düşük viskoziteli sodyum lantan aluminosilikat camı infiltrasyon edilmektedir. Böylece cam difüzyonu yolu ile iç yapının alumina partikülleri arasındaki gözenekler doldurulmuş olmakta ve istenen düzeyde şeffaflık sağlanmaktadır. Bu seramik türünde alumina konsantrasyonu %72 oranında olup, %50 oranındaki alumina partiküllü porselenlere göre direnç sağlamaktadır. In-Ceram 630 MPa yüksek direnç gösterebildiğinden, üretici firma tarafından üç üyeli tam ve bölümlü köprülerde veya alt anterior bölgede en fazla dört üyeli tam köprülerde kullanımı önerilmektedir.

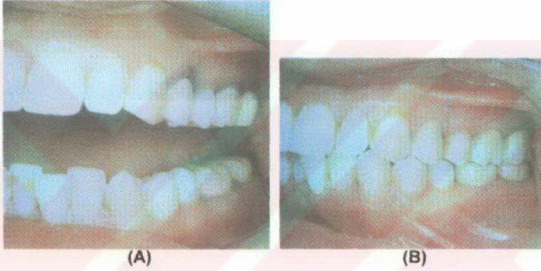
In-Ceram sisteminde ince taneli alumina çekirdek malzeme kullanılır. Özel gözenekli yalancı kök alçısı üzerinde şekillendirilir ve pişirilir. Sinterleme sonucu bir miktar büzülme olur. Dayanımı arttırmak için, elde edilen gözenekli çekirdek içine özel bir cam aşılır (Kedici, 2002).

### **D. Enjeksiyon Tam Seramik Tekniği**

Günümüzün en sık uygulanan seramiklerinden sıcaklık ve basınç altında enjekte edilebilen "IPS Empress 2" seramikleri (Vivadent-Ivoclar, Schaan Liechtenstein), yüksek direnci ayrıca

ışık geçirgenliği ve ışık yansıtmasının doğal dişe çok yakın olması nedeniyle kesici ve küçük azı bölgelerinde; anterior üç üyeli köprülerin, kuronların, seramik dolgu ve fasetlerin uygulanması gibi her tür seramik restorasyonun gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Seramik blokların yüksek sıcaklıkta preslenmesiyle IPS Empress seramik restorasyonlar elde edilir (1100°C). Bu teknikte, geleneksel kaybolan mum tekniği ile elde edilmiş kalıp içine ısıyla yumuşatılmış seramik blok yavaş yavaş preslenir. IPS Empress seramiğinde cam matris içine dağılmış lüsit kristalleri vardır. Cam ve seramiğin ara yüzeyinde restorasyonun direncini arttıran sıkıştırıcı gerilimlere yol açar. Sistem kuron, inley, onley ve lamina venerlerin yapımında kullanılır (Mormann vd., 1990; Pamuk, 2000; Kedici, 2002).



Şekil 3.25 (a) Metal destekli restorasyonlarına karşı allerjik doku reaksiyonu gösteren bir olgu  
(b) Olguda In-ceram tam metal desteksiz restorasyonların uygulanmasından sonra doku uyumunun sağlanması (Kedici, 2002).



## 4. KOMPOZİT YAPIŞTIRICILAR

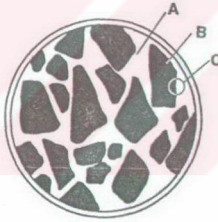
### 4.1 Kompozit Reçinelerin Yapısı

Genel anlamda “kompozit” kelimesi, iki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi sonucu makroskobik ölçülerde malzeme üretilmesini ifade etmektedir.

Kompozitler, organik bir reçine faz ve bunun özelliklerini arttıran dolgu maddesinden meydana gelir. Kompozit reçineler veya dolduruculu reçine restoratif malzemeler organik bir faz içerisinde inorganik kısım (doldurucular), bağlantı ara fazı, çözüldürücüler, reaksiyonu başlatıcılar ve hızlandırıcılar ile pigmentleri içeren estetik malzemelerdir (Yılmaz, 1992; Uygun, 1993).

Diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan kompozit reçineler üç ayrı fazdan oluşur. Bunlar :

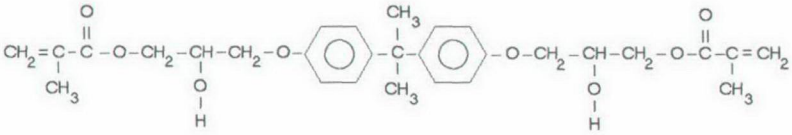
- Organik polimer matris faz
- İnorganik faz
- Ara faz



Şekil 4.1 Kompozit reçinelerin yapısı. A : Organik polimer matris faz, B : İnorganik faz, C : Ara faz.(Alexandre ve Sinforeti, 2001)

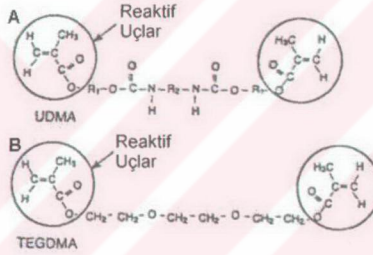
Diş hekimliğinde kullanılan kompozit yapıştırıcıların organik polimer fazını oluşturan genellikle BIS-GMA (bisfenil-A glisidil dimetakrilat) veya diğer metakrilatların türevleridir (Şekil 4.2). Son yıllarda UDMA (üretan dimetakrilat) daha iyi adezyon ve renk değişimine karşı direnç gösterdiği için polimer matris olarak kullanılmaktadır. TEG-DMA (triötilen glisidil dimetakrilat) viskoziteyi azaltmak için BIS-GMA ve UDMA organik fazlarına ilave edilmektedir (Şekil 4.3).





Şekil 4.2 Bis – GMA (Nayır, 1982)

Organik polimer matris faz, bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bisglisidil metakrilattır (BIS-GMA). Son yıllarda iyi adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA) polimer matris olarak kullanılmıştır. Hem BIS-GMA hem de UDMA oligomerleri aşırı derecede akışkandır. Bu nedenle trietilen glykol dimetakrilat (TEGDMA) viskoziteyi azaltmak için matrise ilave edilmiştir.



Şekil 4.3 A : Üretan dimetakrilat (UDMA) B : Trietilen glykol dimetakrilat (TEGDMA)'nın açık kimyasal formülleri (Alexandre ve Sinhoreti, 2001)

İnorganik faz ise matris içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuvarz, borosilikat cam, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur. Bunlar kompozit reçinelere bazı nitelikler kazandırır. Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium reçineye radyoopasite sağlar. Silika partikülleri karışımın mekanik niteliklerini güçlendirir, ışığı geçirir ve yayar. Böylece kompozit reçine mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazandırır. Saf silika, kristalin ve kristalin olmayan formlarında bulunur. Kristalin formları serttir ancak kompozit reçinenin bitirme ve polisaj işlemini güçlendirir. Bu nedenle kompozit reçineler günümüzde silikanın kristalin olmayan formu kullanılarak üretilmektedir.

Kompozit reçinelerde organik polimer matris fazı ile inorganik faz arasında sıkı bir bağlanmaya gereksinim vardır. Bu bağlanma ara faz ile sağlanır. Ara faz, organik silisyum

bileşdiği olan silanlardan oluşur. Modern kompozit reçinelerde silika partiküllerinin yüzeyi silan bağlama ara fazı ile önceden kaplanmış ve silika partikülleri yüzeyinde tek molekülle ve çift fonksiyonlu çok ince bir katman oluşturulmuştur. Bu katmandaki moleküllerin bir ucu silika partiküllerinin yüzeyinde var olan hidroksil grupları, diğer ucu organik matristeki polimer ile bağlanmıştır. Silan, reçinenin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği gibi reçine ve partikül arayüzü boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, reçinenin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır. Silan inorganik fazın özellikle silika partiküllerinde olumlu sonuçlar vermiş, bu nedenle kompozit reçinelerin büyük bir çoğunluğunda silika içerikli inorganik doldurucular kullanılmıştır. Doldurucu partiküller ile organik matris karışımının akıcılığını, monomer akıcılığı, doldurucu partikül miktarı ve partikül büyüklüğünü belirler. Monomer ve doldurucu partikül yüzeyi arasındaki sürtünme, akıcılığı kontrol eden ana etkidir. Doldurucuların yüzey alanı arttıkça karışımın akıcılığı azalır. Doldurucuların partikül büyüklüğü, akıcılık kadar diğer özellikleri de önemli ölçüde etkiler. Partikül büyüklüğü kompozit reçinenin aşındırma, bitirme ve polisaj işlemlerinden sonraki yüzey pürüzlülük düzeyini belirler. Kompozit reçinelerde partikül büyüklüğü genel olarak 0,04 - 50 µm arasında değişir. Partikül büyüklüğü 0,01 - 1 µm arasında değişen küçük partiküllü reçinelerde polisaj işlemi ile iyi sonuç alınır. Partikül büyüklüğü 10 µm'den fazla ise yüzeyin pürüzlü olduğu görülür. Doldurucu partiküllerin sertliği, polimer matristen çok daha fazladır. Bu nedenle bitirme işlemleri sırasında yüzeydeki bazı partiküller yerlerinden çıkabilir ve geriye boşluklar kalabilir. Yerlerinden çıkan partiküller çok küçük ise yüzey pürüzlülüğü az olur, büyük ise yüzey pürüzlülüğü artar.

Organik polimer matris içerisine çeşitli oranlarda dağılmış olan inorganik doldurucu partiküllerin ağırlık veya hacim olarak yüzdesi doldurucu partiküllerin büyüklüğü ile ilgilidir. Eşit büyüklükteki partiküllerin matris içinde dağılımı ile matriste birtakım boşluklar oluşur. Bu nedenle farklı büyüklükteki partiküllerin matris içinde harmanlanması gerekir.

Partiküllerin büyüklüğü, şekli, miktarı reçinelerin fiziksel özelliklerini belirler. Partikül miktarı arttıkça organik matris oranı düşer, ısıl genleşme katsayısı, polimerizasyon büzülmesi, su absorpsiyonu azalır, dayanıklılık artar. Dolayısıyla reçinenin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenir. O halde reçinenin dayanıklılık, suda çözünürlük, polimerizasyon büzülmesi gibi bazı özellikleri organik matris miktarı ile ilgilidir. Organik matris iyi bir ısı yalıtkanındır. Bu nedenle matris oranı fazla olan reçinenin ısı iletkenliği de az olmaktadır (Nayır, 1982; Yücel, 1991; Mitchell vd., 1999; Alexandre ve Sinhoreti, 2001; Canay vd., 2001).

## 4.2 Kompozit Reçinelerin Özellikleri

Restoratif maddelerin doğru seçimi başarının ön koşulları arasındadır. Son yıllarda yapılan adeziv diş hekimliği ile ilgili çok sayıda araştırma ve elde edilen olumlu gelişmeler hekimin doğru madde ve yöntemi seçebilmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Olumsuzlukları en aza indirebilmek için restoratif maddelerin fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir.

- Isıl Genleşme Katsayısı :

Kompozit reçinelerin ısı genleşme katsayıları, organik matris ve inorganik doldurucuların kendi ısı genleşme katsayıları ortalamasından daha düşüktür. O halde doldurucuların hacimce %50 oranında eklenmesi kompozitlerin ısısal genleşme katsayısını beklenenden çok daha fazla düşürmektedir.

Kompozitlerin ısı genleşme katsayıları ( $30-75 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) mine ve dentinin ısı genleşme katsayılarına ( $8,3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ,  $11,4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) akrilik reçinelerden ( $92 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) daha yakın olup, mine ve dentin değerlerinden üç kat fazladır.

Kompozit reçinenin ve diş dokularının ısı genleşme katsayıları arasındaki farklılık, kompozitin mine ve dentin ile yapmış olduğu bağlanmayı olumsuz yönde etkiler. Kompozit reçinenin ısı genleşme katsayısı mine dokusuna ne kadar yakın ise diş - kompozit arayüzeyinde oluşabilecek sorunlara o kadar az rastlanır. Soğuk gıdalar alındığında kompozit reçine restorasyonlu bir dişte kompozit, mine ve dentinden daha fazla büzülür, kompozit ile kavite duvarı arasında oluşan boşluğa ağız sıvıları sızar. Diş, vücut sıcaklığına ulaştığında ya da sıcak gıdalar alındığında bu boşluk küçülür ve ağız sıvıları dışarıya itilir. Ağız içindeki sıcaklık değişimleri birbirini izler nitelikte olduğu için kompozit reçinede tam bir ısı dengelenme görülemez ve diş - kompozit arayüzünde gerilimler oluşur. Soğuk ve sıcak uyarıların ardarda devam etmesi yorgunluğa neden olur ve reçinenin diş dokuları ile yaptığı bağlanma başarısızlıkla sonuçlanabilir.

- Su Absorbsiyonu :

Kompozit reçinelerde doldurucu partiküllerden dolayı polimer miktarı azalmıştır. Ayrıca polimerin (BIS-GMA veya UDMA) molekül ağırlığı yüksektir ve organik bağlanma ara fazının varlığında doldurucular ile çok iyi bir bağlanma gösterir. Kompozit reçinelerin su absorpsiyonu  $0,3 - 0,9 \text{ mg/cm}^2$  dir.



- Çözünürlük :

Kompozit reçinelerin sudaki çözünürlükleri önemsenmeyecek kadar azdır. Polimerizasyonları ışık ile başlatılan kompozit reçinelerde tam polimerizasyon için ışığın doğru ve yeterli uygulanması gerekir. Hatalı polimerizasyon, kompozit reçinenin su absorpsiyonu ve çözünürlüğünü artırır, aşınma direncinde azalma ve erken renk değişimleri ortaya çıkar.

- Mekanik Özellikleri :

Kompozit reçinelerin basma dayanımları ( $2140 - 3670 \text{ kg/cm}^2$ ), akrilik reçinelerden ( $845 \text{ kg/cm}^2$ ) ortalama 3,5; gerilme dayanımları ise ( $305 - 715 \text{ kg/cm}^2$ ) akrilik reçinelerden ( $214 \text{ kg/cm}^2$ ) ortalama 2,5 kat daha fazladır. Bunun nedeni yüklemelerin partiküllere transfer edilmesidir.

Kompozit reçinelerin elastiklik modülü değerleri türler arasında farklılıklar gösterir. Bu değer makrofil, midofil ve hibrid kompozitler için  $71500 - 163000 \text{ kg/cm}^2$ , mikrofil kompozitler için  $35700 - 61000 \text{ kg/cm}^2$  dir. Akrilik reçinelerin elastiklik modülleri ( $24500 \text{ kg/cm}^2$ ) kompozit reçinelerden ortalama 5 kat daha düşüktür.

Kompozit ve akrilik reçinelerin gerilim ve gerinim eğrileri incelendiğinde kırılma dayanımlarının ve kırılmayı engellemeye çalışan enerjilerinin akrilik reçinelerden daha düşük olduğu görülür. Bu farklılık kompozit reçineleri, akrilik reçinelerle oranla daha kırılğan yapar.

Mine (KHN,  $343 \text{ kg/mm}^2$ ) dentin (KHN,  $68 \text{ kg/mm}^2$ ) ve amalgamın (KHN,  $110 \text{ kg/mm}^2$ ) sertlikleri göz önünde bulundurulursa kompozitlerin fonksiyonel kuvvetlerle oluşan yüklemelere karşı göçmeden dayanabilme yeteneklerinin orta düzeyde olduğu görülür.

Kompozit reçinelerin aşınmaya karşı gösterdiği direnç, ortamın ısısı, yetersiz polimerizasyon, iç porozite, su absorpsiyonu ve reçine türlerinden etkilenir. Işıklı polimerize olan kompozitler karıştırma işlemi yapılmadığı, dolayısıyla iç porozite oluşmadığı için aşınmaya karşı daha dirençlidir.

İnorganik doldurucu olarak silikanın kuartz ve kristobalit formlarını içeren kompozit reçineler de aşınmaya karşı oldukça dirençlidir. Yapılan çalışmalar, silan ara fazının kompozit reçinelerin aşınmaya karşı dirençlerinde önemli rol oynadığını ve silan kullanılmadığında direncin yarı yarıya düştüğünü göstermiştir.

- Radyopaklık :

Kompozit reçinelerin inorganik fazında bulunan kuartz, lityum-aluminyum cam ve silika gibi partiküller radyopak değildirler. Bu nedenle baryum, stronsiyum ve yitriyum gibi

yüksek atom numaralı elementler eklenerek radyoopak kompozit reçineler üretilmiştir. Radyoopak partiküller kompozit reçinede ısıl genleşmeyi arttırdıkları, silan ara fazlarını hidrolize ettikleri ve opaklık sağladıkları için inorganik faza oldukça sınırlı miktarda eklenirler.

- Optik Özellikler

Restoratif maddelerin estetik görünüşleri renk, şeffaflık ve düzgünlük gibi optik özelliklerden etkilenir. Restorasyonlar renk açısından doğal dişlerle uyumlu olmalıdır. Bir dişin rengi, mine kalınlığı ve dentin rengiyle belirlenir. Mine renksizdir, dentin rengini ve diğer renkleri yansıtır. Ayrıca kullanılan ilaçlar, yaş, aşınma, genetik gibi etkenler dişlerin renk yoğunluklarında farklılıklar oluşturur.

Rengi tanımlamak için önerilen renk sistemlerinden en yaygın olanı Munsel Renk Sistemi'dir. Bu sisteme göre rengin ton, parlaklık, doygunluk olmak üzere üç farklı boyutu vardır. Dentin dokusu tarafından belirlenen rengin tonu rengin ilk boyutudur. Renk doyuma miktarı yani rengin yoğunluğu dişin kalınlığına bağlı olarak değişir. Genç ve yaşlılarda farklı olan rengin parlaklığını ise mine dokusu belirler.

Mine ve tüm estetik dolgu maddeleri bir ölçüde şeffaftır. Şeffaflık yüzeyi, diş ya da restorasyonun ışığı dışarı yansıtma öncesindeki ışık penetrasyon derinliğine bağlıdır.

Restorasyon yüzeylerinin düzgün olması da restorasyona estetik açıdan başka bir yön kazandırır. Pürüzlü olmayan parlak bir yüzey, restorasyon düzgünlüğünü etkileyecektir.

- Renk Seçimi

Rengin algılanmasında ışık kaynağının etkisi fazladır. Cisimlerin gelen ışığa karşı gösterdiği tepki, seçici olarak belli dalga boyunu absorblayıp belli dalga boylarını yansıtmak şeklindedir. Beyaz bir cisim tüm dalga boylarını yansıtırken siyah cisim hepsini absorbe eder. Bir cisimden yansıyan veya sapan ışık, gözün retina tabakasında odaklanır ve sinir tepkisi haline dönüşerek beyine aktarılır. Rengin ayırt edilmesi retinadaki koni şeklinde hücrelerin uyarılması sonucu oluşur.

Kompozit reçinelerin renkleri renk skalası ile belirlenmiştir. Her ürünün kendine özgü bir renk skalası vardır. Skala kalınlığının (3-4,5 mm) doğal dişlerden daha fazla olduğu unutulmamalı ve renk seçimi ona göre yapılmalıdır.

Renk skalasında koyu renkten açık renge geçiş uyum içinde olmalı ve renkler birbirinden kolayca ayırt edilebilmelidir. Bazı renklendiricilerin (Tint) kullanımı ile birtakım etkiler



verilebilir. Ancak opak pigmentlerin aşırı kullanımında ışık penetrasyonuna bağlı olarak estetik canlılıkta kayıp oluşabileceği unutulmamalıdır (Tylka ve Stewart, 1994; Dayargaç, 2000; Alexandre ve Sinhoreti, 2001).

#### 4.3 Kompozit Reçinelerin Sınıflandırılması

Reçinelerin özelliklerine dayanarak, üç tür sınıflama yapılmıştır :

I. Reçinenin ısısal davranışına göre :

- Termoplastik reçineler : Isı ve basınçla reçine şekillendirilebilir ve bu işlemlerde kimyasal yapısı değişime uğramaz.
- Termoset reçineler : Isı ve basınçla şekillendirme işlemleri sonucu reçine farklı bir kimyasal yapı kazanır.

II. Reçinenin polimerizasyon şekline göre :

- Kondenzasyon polimerizasyonu : Yüksek polimerli moleküller elde etmek güçtür. Bağlanma sırasında kimyasal reaksiyonlar oluşarak su, halojen, amonyak gibi yan ürünler açığa çıkar. Bu yöntemle elde edilen ürünler ağız ortamında oksitlenirler ve diş hekimliğinde pek kullanılmazlar.
- İlave polimerizasyon : Reçinenin molekül yapısı değişmez ve yan ürünler oluşmaz. Polimerizasyon hızlı ilerler ve moleküller meydana gelir.

III. Polimer yapısı şekline göre :

- Lineer polimer : Polimerizasyon zincir şeklinde ve tek hat üzerinde olur.
- Dallara ayrılmış polimer : Polimer uzantıları dallara ayrılmış zincirler doğrultusunda meydana gelir.
- Çapraz bağlantılı polimer : Polimer yapı ağ biçimindedir. Monomerler yalnız kendi zincirlerindeki değil, diğer zincirlerdeki veya dallardaki monomerlerle de bağlantılı duruma geçerler (bident, vident akrilitler, vb.) (Nayır, 1982; Görker, 1984; Öztürk vd., 2000).

Kompozit reçinenin inorganik fazı içersinde cam, kuvarz, silikat seramik ve/veya silika partiküllerinden oluşur. İnorganik doldurucu miktarı %20-75 arasında değişir. Matris içinde dağılmış olan bu partiküller çeşitli şekil ve büyüklüktedir. Doldurucu partiküllerin büyüklüğü, şekli ve miktarı reçinelerin fiziksel özelliklerini belirler.

Kompozit reçinelerde ara faz (silan), matris ile doldurucular arasında sıkı bir bağlanma sağlar. Bu ara faz organik silisyum bileşiği olan uzun molek  ll  silanlardan oluşur. Silan bileşikleri iki fonksiyonlu molek  llerdir. Bir taraftan doymamış metakrilat grupları ile kovalent bağlantı yaparken diğer taraftan cam ve kuvarz partik  llerinin yüzeyindeki su ve hidroksil (-OH) iyon gruplarını absorbe ederek esterleşirler. Bu şekilde inorganik ve organik fazlar birbirlerine çok kuvvetle bağlanarak suya dirençli bir kompozit malzeme meydana gelir.

Kompozit reçine yapıştırma simanları polimerizasyon şekillerine göre üç grupta toplanır :

1. Kimyasal olarak polimerize olan simanlar : Bu tür reçineler çift pat sisteminde toz-likit şeklinde üretilmiştir. Toz-likit sisteminde, toz iyi dövülmüş borosilikat veya silika-cam ile polimer toz ve organik peroksit başlatıcılardan oluşur. Likit ise amin hızlandırıcı içeren BIS-GMA veya diğer dimetakrilat monomerlerden oluşur. Pat sistemlerinde patlardan her biri yarı yarıya organik monomer ve doldurucular içerir. Patlardan birinde polimerizasyonu başlatan benzol peroksit, diğerinde ise polimerizasyonu hızlandıran tersiyer amin vardır.

Bu simanlar metal destekli protezlerin, adeziv köprülerin, postların, ışık penetrasyonuna izin vermeyen kore yapısına sahip seramik kuronların, diş-siman ara yüzeyine yeterli ışık geçişini engelleyen koyu renkli kuronların yapıştırılması için uygundur.

2. Işık ile polimerize olan reçine simanlar : Bu tür reçineler tek pat sisteminde üretilmiştir. Tek pat halindeki bu simanlarda ışık emici olarak kanforkinon ve hızlandırıcı olarak alifatik amin bulunur. Bunlar t p içinde birlikte bulunmalarına rağmen ışık uygulanmadıkça polimerizasyon reaksiyonu başlamaz. Polimerizasyonu başlatan görünür mavi ışık ortalama 420-450 nm. dalga boydadır.

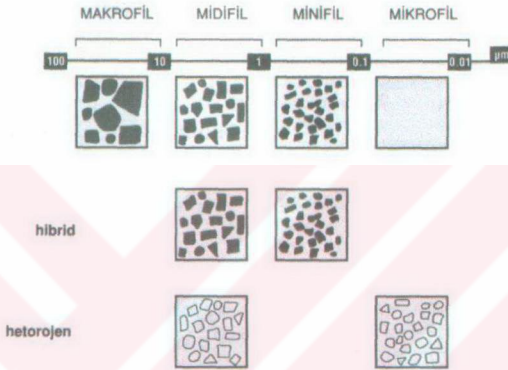
Bu reçine simanların kalınlığı 1,5-2 mm.'den az olan ve yarı şeffaf yapıdaki seramik veya kompozit venerlerin yapıştırılmasında kullanılır.

3. Hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan reçine simanlar : Bu tür reçineler iki pat veya toz-likit şeklinde bulunurlar. İki şekilde sertleşen simanın baz kısmında diketon gibi ışığa hassas polimerizasyon sistemleri, katalist kısmında ise kimyasal polimerizasyon sistemleri vardır. Diketon bir fotobaşlatıcı, peroksit/amin ise kimyasal aktivatör bileşenleri olarak faaliyet gösterirler.

Bu simanlar; seramik inley ve onley restorasyonları ve seramik kuronların yapıştırılmasında kullanılmaktadır.

Restorasyonun ağıza tatbiki ister kompozit ister seramik olsun reçine simanlar ile gerçekleştirilir. Kullanılan simanın gerektirdiği prosedüre uyarak simantasyon işlemi gerçekleştirilir (Uygun, 1993; El-Mowafy vd., 1999; Mitchell vd., 1999; Gladwin ve Bayby, 2000; Öztürk vd., 2000; Tarçın, 2000; Alexandre ve Sinhoreti, 2001; Koray, 2002).

Dış hekimliğinde kullanılan kompozit reçineler, daha çok organik matris yapısındaki dolgu parçacıklarının çapı esas alınarak sınıflandırılmaktadır :



Şekil 4.4 Kompozitlerin doldurucu partikül özelliklerin göre sınıflandırılması (Koray, 2002)

- Geleneksel kompozitler ağırlıklı olarak %75-80 inorganik partiküllerden oluşur. Partiküllerin ortalama büyüklükleri 5-100 µm arasında değişmektedir. Partikülleri aşırı sert ve büyük olup matris ve partikül bağlanmasını olumsuz etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğü ve cilalanma istenilen düzeyde değildir.
- Mikrofil kompozitlerde, geleneksel partiküller yerine ortalama büyüklükleri 0,07-0,04 µm arasında değişen kolloidal silika partikülleri kullanılmıştır. Bu partiküller %35-60 arasında olabilir.
- Hibrid kompozitler iki farklı çapta partikülleri yapısında bulunduran kompozit reçinelerdir. Geleneksel kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile mikrofil kompozitlerin cilalanabilirlik özelliğini yapısında içermesi için hibrid kompozitler üretilmişlerdir. Bu malzemelerde ağırlıklı olarak %85-90 geleneksel partiküller ve %10-15 silika partiküller bulunmaktadır. Partiküllerin ortalama büyüklükleri 0,4-2 µm dir.

Matris içindeki doldurucu oranı miktarı; partikül şekli, dağılımı, kırılma indeksi, radyoopaklığı ve sertliği kompozit malzemenin estetik ve mekanik özelliklerini önemli oranda

etkilemektedir. Partikül büyüklüğü arttıkça organik matris oranı düşer, ısı genleşme katsayısı, polimerizasyon büzülmesi, su emilimi azalır ve dayanıklılık artar. Reçinenin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenir. Silika partikülleri karışımın mekanik niteliklerini güçlendirir, ışığı geçirir ve yayar. Bu doldurucular sayesinde kompozit reçinenin basma dayanımı ve aşınma dayanımı artarken çözünürlüğü azalır (Kasapoğlu, 1999; Mitchell vd., 1999; Sali, 1999; Öztürk vd., 2000; Alexandre ve Sinhoreti, 2001; Koray, 2002).

#### 4.4 Yapıştırma Simanları

Yapıştırma simanları, sabit protez ve hazırlanan destek diş arasındaki bağlantıyı gerçekleştirir. Çözünürlük ve adhezyon eksikliği gibi simandaki mevcut olumsuzlukları gidermek için reçine kompozit simanları geliştirilmiştir.

Yapıştırıcı simanların, biyouyumluluğuna dikkat etmek gerekir çünkü ideal bir yapıştırmanın dokular ve vücut sıvılarıyla minimum etkileşim göstermesi, toksik olmaması ve düşük alerjik potansiyel göstermesi gerekir. İdeal bir yapıştırma simanının dış-restorasyon arayüzeyinde çürüğe aktif olarak engel olması istenir. Mikrosızıntı dental restorasyonların ömrünün azalmasına etki edeceğinden istenmeyen bir özelliktir. Simanların mikrosızıntıyı minimuma indirmesi beklenir.

Yapıştırıcı simanlarda mekanik özelliklere de dikkat etmek gerekir çünkü bir restorasyonun kırılmaya ve yorulma gerilmelerine karşı dirençli olması istenir. Yapıştırma simanları zamana bağlı deformasyon gösterme özelliklerine göre de değerlendirilmektedir. Ayrıca düşük çözünürlük göstermesi amaçlanır. Su absorpsiyonu reçinenin mekanik özelliklerini olumsuz etkiler. Simanlarda iyi bir adeziv özellik de amaç edinilmiştir. Diş-siman ara yüzeyinde çekilme boşlukları oluşmaması gerekmektedir.

Yapıştırma simanlarında, renk sabitliği ve radyopaklık gibi estetik özellikler dikkate alınması gereken etkenlerdir. Siman renginin kontrol altına alınması iyi bir görünüm için amaçlanır. Siman altında sonradan oluşacak çürüklerin ve taşkın simanların tespit edilebilmesi için simanın radyopak özellikte olması istenir.



Çizelge 4.1 Restorasyon tipine göre tavsiye edilen yapıştırma simanları (Mitchell vd., 1999)

| RESTORASYON TİPİ                                                        | YAPIŞTIRMA SİMANI                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metal destekli porselen kuron-köprü, döküm kuron                        | Çinko fosfat, Polikarboksilat, Cam iyonomer, Reçine modifiye cam iyonomer                                                     |
| Zayıf tutuculuğa sahip metal destekli porselen kuron-köprü, döküm kuron | Kimyasal sertleşen reçine kompozit, Kimyasal ve ışık yöntemleri kullanılarak sertleşen reçine kompozit                        |
| Aşırı dentin hassasiyeti özelliği olan döküm kuron                      | Polikarboksilat, Bağlantı arafazı ile birlikte fosfat siman                                                                   |
| Preslenmiş, yüksek lösit içerikli porselen kuron                        | Kimyasal ve ışık yöntemleri kullanılarak sertleşen reçine kompozit                                                            |
| Alumina partiküllü şerit döküm (slip-cast aluminus) kuron               | Cam iyonomer, Kimyasal ve ışık yöntemleri kullanılarak sertleşen reçine kompozit, Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit |
| Kompozit inley                                                          | Kimyasal ve ışık yöntemleri kullanılarak sertleşen reçine kompozit                                                            |
| Porselen inley                                                          | Kimyasal ve ışık yöntemleri kullanılarak sertleşen reçine kompozit, Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit               |
| Metal inley                                                             | Çinko fosfat, Polikarboksilat, Cam iyonomer, Reçine modifiye cam iyonomer, Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit        |
| Porselen lamina vener                                                   | Işıklı sertleşen reçine kompozit                                                                                              |
| Reçine bağlantılı köprü                                                 | Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit                                                                                   |
| Döküm post-kor                                                          | Çinko fosfat, Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit                                                                     |
| Fabrikasyon post                                                        | Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit, Çinko fosfat                                                                     |
| İmplant üstü kuron-köprü                                                | Kimyasal yöntemle sertleşen reçine kompozit, Çinko fosfat                                                                     |

Restorasyonun tipi ve hastanın klinik özellikleri dikkate alınarak yapıştırma simanları tercih edilir. Amalgam, bilinen en eski dolgu malzemesidir. Günümüzde kullanılan amalgam alaşımı %40-70 gümüş, %12-30 kalay ve %12-30 bakırdan oluşmaktadır. Ayrıca alaşımlar %0-4 indiyum, %0,5 potasyum ve %1'e kadar çinko da içerebilmektedir. Bu alaşım çinko ile karıştırıldığında amalgam oluşur. Bu dolgu malzemesinin estetik olmayan rengi, ısı ve elektriği iletmesi, korozyona ve çiğneme yüklemelerine karşı dayanıksız olması, insan sağlığını ve çevreyi etkileyen toksik civa içermesi gibi nedenler araştırmacıları alternatif malzemeler bulmaya yöneltmiştir.

McLean ve Wilson tarafından ilk defa 1970'lerde cam iyonomer simanları geliştirilerek 1972 yılında diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanmıştır. Cam iyonomer (cam polialkenoat)



simanlar, camla güçlendirilmiş doldurucu partiküllerden oluşur ve çapraz bağlı iyon-polimer matris bu partikülleri çevrelemektedir.

1994 yılında McLean ve arkadaşları bu malzemeleri üç sınıfa ayırmışlardır :

1. Geleneksel cam iyonomer simanlar : Yapısında cam ve asidik polimer bulunmaktadır. Cam ince toz haline getirilerek asitle parçalanmaktadır. Asidik çözeltide  $Ca^{+2}$ ,  $Al^{+3}$  vb. iyonlar salmaktadır. Asidik polimer polikarboksilik asitten oluşur.
2. Reçine modifiye cam iyonomer simanlar : Geleneksel cam iyonomer simanlardaki poliakrilik asit zincir üzerine metakrilat grupları yerleştirilerek reçine modifiye cam iyonomer simanları elde edilir. Sonuçta geleneksel cam iyonomer simanları ışıkla sertleştirilebilir. Modifiye simanlar, geleneksel yapıdakilere göre suda daha az çözünür. Bu olumsuzluğu iyileştirmek için malzemenin yapısına hidrofilik yapıdaki HEMA (ko-solvent) ilave edilir.

Reçine modifiye cam iyonomer simanlarda sertleşme iki reaksiyon ile gerçekleşir. Birinci reaksiyon, kompozit reçinelerde olduğu gibi görünür ışıkla başlatılan polimerizasyondur. İkinci reaksiyon ise ışıkla polimerizasyondan hemen sonra asit-baz reaksiyonudur. Sertleşme işleminden sonra iki tip matris oluşur :

- Metal poliakrilat tuzlarının oluşturduğu matris : Kalsiyum alumina silikat cam (baz) + Poliakrilik asit (PAA)  $\rightarrow$  Kalsiyum ve Alüminyum poliakrilat tuz + Hidrojen
  - Polimer matris : HEMA + Fotokimyasal Aktivatör  $\rightarrow$  Poli-HEMA matris
3. Poliasit modifiye kompozit reçineler : Poliasit modifiye kompozit reçineler, cam iyonomer simanlarla kompozit reçineler arasında yer alır ve yapısal özellikleri kompozit reçinelere daha yakın malzemelerdir.

Bu reçineler, ağız içinde asit-baz reaksiyonunun başlaması için önce ışıkla sertleştirilmelidir. Daha sonra ağız sıvılarından alınan su ile başlayan asit-baz reaksiyonunun ağız içi ortamda etkisi, derinliği, hızı ve dolgunun sertleşme sonrasındaki fiziksel özellikleri üzerinde etkisi tam bilinmemektedir (Dong vd., 1992; El-Mowafy vd., 1999; Mitchell vd., 1999; Sali, 1999; Öztürk vd., 2000; Gladwin ve Bayby, 2000; Alexandre ve Sinhoreti, 2001; Akaltan, 2002; Çehrelî, 2002; Ersöz, 2002; İnan, 2002).

#### 4.4.1 Kompozit Reçine Yapıştırma Simanlarının Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları :

- Çok çeşitli yüzeylere yapışabilme özellikleri vardır.
- Yüksek dayanıklılığa sahiptir.
- Ağız ortamında düşük çözünürlük gösterirler.
- Farklı renk ve opaklık seçeneklerine sahiptirler.
- Bazı reçine simanların flor salma özelliği vardır.
- Seramiklerin altında kullanıldıklarında seramiğin kırılma direncini artırırlar.

Dezavantajları

- Çok dikkatli ve hassas bir çalışma gerektirirler.
- İyi bir bağlantı dayanıklılığı elde etmek ve mikrosızıntıyı önlemek için diş yüzeyinin kontaminasyonuna engel olmak gerekir.
- Geleneksel simanlara göre film kalınlığı fazladır.
- Simantasyon sırasında taşan simanın temizlenmesi zordur.
- Mikrosızıntı yapma özelliği vardır.
- Oksijen varlığında polimerize olamazlar (Diaz-Arnold vd., 1999; Öztürk vd., 2000).

#### 4.4.2 Adezyon

Adezyon, kısacası temas halindeki iki yüzeyin molekülleri arasındaki çekme kuvveti şeklinde tanımlanır.

Adeziv, malzemelerin bir araya gelmesini sağlayan likit özellikte bir yapıyı tanımlar.

Aderent, adeziv malzeme vasıtası ile bağlanan yüzeyi tanımlar.

Adezyon, kullanılan bir adeziv yardımı ile iki yüzey arasında meydana gelen fiziksel kuvvet sonucu oluşan tutunmadır.

Adezyon üç sınıfa ayrılır :

- **Fiziksel adezyon** : Vander Waals kuvvetleri ile sağlanır.
- **Kimyasal adezyon** : Primer bağlar (iyonik, kovalent ve metalik bağlar) ve sekonder bağlar (hidrojen bağlı dipol etkileşimleri, Vander Waals bağları) etkisiyle oluşur.
- **Mekanik adezyon** : Diş hekimliğinde, diş yapısına bağlı olan mikromekanik kilitlenme ile gerçekleşir. Pürüzlü ve düzensiz yüzeyler arasında mekanik kilitlenme oluşur.

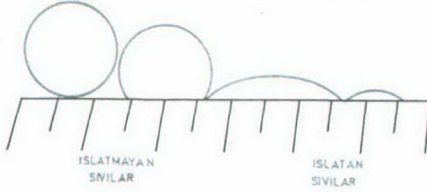
Yüksek bir adezyon sağlamak için adezivin bağlanacağı yüzeyi ıslatması ve sıvı halden katı hale geçerken minimum boyutsal değişime uğraması gerekir. Bir yüzeyin ıslanması, temas açısına ve yüzey gerilimine bağlıdır. Ayrıca yüzeylerin temiz olması gerekir. Vander Waals kuvvetlerinin oluşabilmesi için adeziv ile aderent birbirlerine 3-4 A° kadar yaklaşmalıdır. Herhangi bir artık tabakanın varlığı, bu yaklaşmayı engeller ve adezyon olumsuz yönde etkilenir. Islanabilirlik de adezyonda önemli rol oynar. Adeziv aderent yüzeyine ne kadar iyi akar ve yüzeyi ne kadar iyi ıslatırsa o kadar güçlü bir adezyon oluşur. Islanabilirlik, değim açısı ile ölçülür. Değim açısı  $\theta$ , aderent yüzeyine damlatılan adezivin oluşturduğu küre parçasına her iki maddenin birleştiği yerden çizilen teğet ile aderent yüzeyi arasında oluşan açıdır. İdeal olarak ıslanmanın tam yani değışim açısının sıfır dereceye yakın olması gerekir. Bu durumda adeziv ile aderent molekülleri arasındaki kuvvetli çekim, adeziv yüzeye akararak çok küçük bir açı oluşturmaya neden olur. Adeziv ile aderent molekülleri arasındaki çekim kuvveti azaldıkça adeziv yüzeye yayılmayıp küre biçiminde toplanır ve daha büyük bir değim açısı oluşur.

Adezivin yüzey gerilim değeri, aderentin kritik yüzey gerilim değeriyle eşit ya da daha az olmalıdır. Dış dokusunun kritik yüzey gerilimi, kalıtım, hijyen, beslenme gibi etkenlerle bireysel olarak 30-40 din/cm arasında değışir. Bu durumda adezivlerin yüzey gerilim değeri de yaklaşık 20-30 din/cm arasında olmalıdır. Adezivin yüzey gerilimi ne kadar düşükse değim açısı da o kadar azalacak ve daha güçlü bir adezyon oluşacaktır.

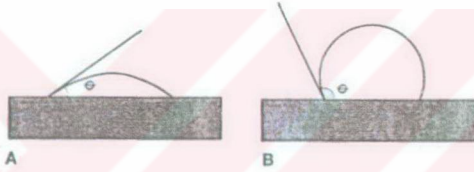
Adeziv dolgu maddelerinin gelişmesi ile ön plana çıkan adezyon dış hekimliğinin bir çok alanını ilgilendirir. Bu olgu ağız içinde her zaman görülür. Dış yüzeyine plak, dış taşı, tükürük, kan, enzimatik bileşikler ve yiyecek artıkları gibi eklentilerin bulunması, kurutma işleminde kullanılan havada nem ve yağ partiküllerinin varlığı, dış dokusunun kritik yüzey gerilim değerini düşürerek adezyonu olumsuz yönde etkiler.

Dış yüzeyinde doğal olarak bulunan morfolojik düzensizlikler ve kavite hazırlanırken kullanılan aletlerin oluşturduğu girinti ve çıkıntılar değim açısını değıştirip adezyonda olumlu rol oynar ve adeziv ile temas eden yüzeyin alanını artırarak mekanik adezyonu gerçekleştirir. Bununla beraber çiğneme kuvvetleri ile oluşan gerilimler girinti ve çıkıntılarda yoğunlaşır, gerilim birikimine neden olur ve bu kez adezyon olumsuz yönde etkilenir. Isı değışimleri de girinti ve çıkıntılarda gerilim birikimlerine neden olur. Bu olgu adeziv ile aderentin ısısal genleşme katsayılarının farklı olmasından kaynaklanır. Kavite duvarlarının yüzeyinde çok ince bir nem tabakası her zaman vardır ve kavitenin tam olarak kurutulması olanaksızdır. Bu

ince nem tabakası dişin yüzey gerilimini azaltır, adezivin ıslatma yeteneğini sınırlar. (Şekil 4.5) (Nayır, 1982; Stangel vd., 1987; Yücel, 1991; Shahverdi vd., 1998; Öztürk vd., 2000).



Şekil 4.5 İslatma (Nayır, 1982)



Şekil 4.6 Değim açısı. A : Değim açısının küçük olması B : Değim açısının büyük olması (Alexandre ve Sinforeti, 2001)

#### 4.5 Yapıştırma Sistemleri

Yapıştırma sistemleri ile sağlanan bağlanmanın güçlü ve sürekli olması hastanın alışkanlıklarına, yaşına, uygulanan reçinenin yapısına, viskozitesine, polimerizasyon bütülmesine, yüzey gerilim değeri ve su absorpsiyonuna bağlıdır. Mine, dentin ve amalgam yapıştırma sistemleri, adeziv bağlanmayı gerçekleştirmek amacıyla üretilmişlerdir.

Yapıştırma malzemelerinde olması gereken özellikler :

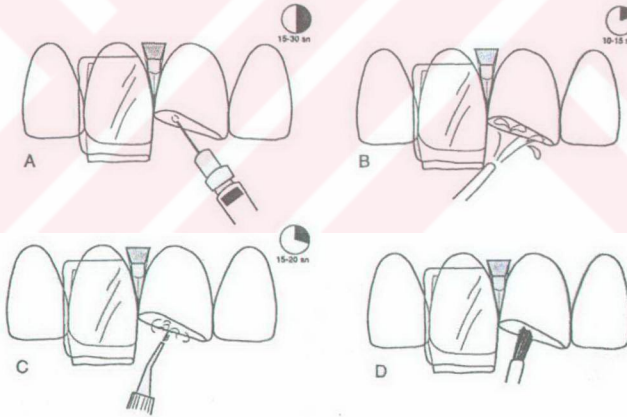
- Yapıştırma malzemesi mine ve dentine mikromekanik ve kimyasal yolla bağlanmalıdır
- Mine ve dentin dışında metal ve porselene de bağlanabilmelidir.
- Nemli yüzeylere kolayca uygulanabilmelidir.
- Mikrosızıntı ve ikincil çürükleri önlemelidir.
- Polimerizasyon bütülmesi sonucu oluşan gerilimlere karşı koyabilmelidir.
- Biyolojik olarak kabul edilebilir olmalıdır.
- Kolay uygulanabilmelidir.



- Dentin kanallarının tümünü ya da bir bölümünü kapatarak operasyon sonrası duyarlılıkları önlemelidir.
- Kalınlığı 20  $\mu\text{m}$ 'den az olmalıdır (Stangel vd., 1987; Shahverdi vd., 1998; Alexandre ve Sinhoreti, 2001).

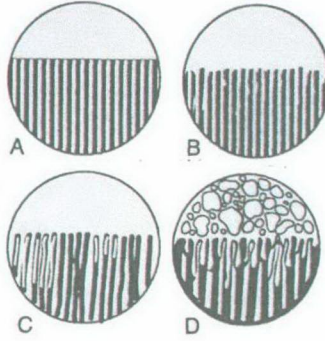
#### 4.5.1 Mine Yapıştırma Sistemleri

Mine yapıştırıcıları asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyini kolayca ıslatır, girintilere sızarak pürüzlü yüzeyi 1-5  $\mu\text{m}$  kalınlığında kaplar ve polimerize olur. Yapıştırıcıların mine içersine uzanan mikroskobik çıkıntılara reçine saçığı (resin tag) adı verilir. Mine yapıştırıcıları, 15-30 sn. asitle pürüzlendirilen, 10-15 sn. yıkanan ve 15-20 sn. kurutulan mine yüzeyine fırça ile sürülür. Yapıştırıcılar bir yandan mine yüzeyine saçıklar aracılığıyla tutunurken diğer yandan kompozitin polimer matrisine güçlü bir biçimde kimyasal yolla bağlanırlar. Mine yapıştırıcılarının uygulanması ile 20 MPa bağlanma dayanıklılığı elde edilir. Polimerizasyon bütünlmesi sonucu kenarlarda oluşan açıklık azalır (Alexandre ve Sinhoreti, 2001).



Şekil 4.7 Mine yapıştırıcı arafazlarının kompozit yüzeyine bağlanması. A : Pürüzlendirilmemiş mine yüzeyi B : Pürüzlendirilmiş mine yüzeyi C : Yapıştırıcı arafazı uygulanmış mine yüzeyi D : Kompozit reçine uygulanmış yüzey (Alexandre ve Sinhoreti, 2001)





Şekil 4.8 Mine yapıştırıcı arafazların uygulama aşamaları. A : Mine dokusunun asitle pürüzlendirilmesi (15-30 sn.) B : Yıkama (10-15 sn.) C : Hafifçe kurutma (15-20 sn.) D : Mine yapıştırıcı arafazının uygulanması (Alexandre ve Sinhoreti, 2001)

#### 4.5.2 Dentin Yapıştırma Sistemleri

Dentin dokusu; ağırlıkça %70 inorganik, %20 organik, %10 su ve diğer maddelerden oluşur. İnorganik yapısının büyük bir bölümünü hidroksiapatit kristalleri oluşturur. Organik yapısı ise başlıca kollojenden ibarettir. Hidroksiapatit kristalleri minede düzenli, dentinde ise organik matris içersinde rasgele dağılmıştır. Ayrıca minedeki kristallere oranla daha küçük olup daha az kalsiyum ve karbonat içerirler. Buna bağlı olarak dentinin mineralizasyonu mineden az, sement ve kemikten daha fazladır. Dentin içersinde içi sıvı dolu çok sayıda kanalcık bulunur. Bunlar pulpadan başlayıp dentin içersinden geçerek mine-dentin sınırına ulaşırlar. Dentinin protein oranı yüksektir ve bu nedenle yüzey enerjisi düşüktür. Yüzey enerjisinin düşük olması ise ıslanabilirliği azaltır, bağlanmayı güçleştirir.

Dentin adezyonunda rol oynayan başlıca etkenler dentin içeriği, dentin kalınlığı ve yapısı, smear tabakası ve yaştır. Bu etkenler dentin geçirgenliğinde bölgesel farklılıklar oluşturur. Dentin yapıştırma sistemleri genel olarak üç aşamada uygulanır. Bunlar : Adezyonu güçlendiren primerlerin (primerler su, atenol, aseton gibi çözücülerde çözülmüş adezyon geliştirici maddelerdir) kullanılması, bağlayıcı arafazının demineralize dentin yüzeyine nüfuz etmesi ve bağlayıcı arafazının demineralize dentin yüzeyine nüfuz etmesidir.

Yüzey koşulları düzenleyici kullanılarak değiştirilmiş ve primer uygulanmış dentin yüzeyine hem dentin hem de reçine bağlanabilen bağlayıcı arafazlar uygulanır. Bağlayıcı arafazlar BIS-

GMA ve TEDG-GMA gibi düşük viskoziteli hidrofobik monomerlerden oluşur. Bağlayıcı arafazların yüzeyi iyi ıslatabilmesi uygun primer seçimine bağlıdır. Primer uygulandıktan sonra oluşan hibrid tabaka, bağlayıcı ile birlikte polimerize olur. Bu nedenle bağlayıcı arafazı, hibrid tabakanın polimerizasyonunu sağlayacak yeterli kalınlıkta olmalıdır. Her kompozit reçinenin kendine özgü bir bağlayıcı arafazı vardır. Bunların bir kısmı kimyasal olarak, ışıqla ya da hem kimyasal hem de ışıqla polimerize olur. Primer uygulandıktan sonra bağlayıcı arafazı yüzeye fırça ile sürülür, hafifçe hava sıkılarak ince bir tabaka oluşturulur ve kullanılan bağlayıcı arafazının polimerizasyon türüne göre polimerize edilir. Polimerizasyondan sonra bağlayıcının yüzeyinde yapışkan, ince bir tabaka oluşur. Bu tabaka, bağlayıcı arafazı ile reçine arasındaki bağlanmayı olumlu yönde etkiler.

Günümüzde dentin yapıştırma sistemleri çok hızlı bir biçimde gelişmektedir. Sonuçta da diş hekimine asitle pürüzlendirme işleminden sonra primer ve adezivi tek aşamada uygulama olanağı sağlanmıştır (Berry vd., 1999; Alexandre ve Sinforeti, 2001).

#### **4.5.3 Amalgam Yapıştırma Sistemleri**

Amalgam yapıştırma sistemleri amalgamın amalgamla, amalgamın mine-dentinle ve amalgamın metallerle bağ oluşturabilmesi amacıyla geliştirilmiştir.

Amalgam yapıştırma sistemleri mine ve dentinin yüzey koşullarını değiştirerek iyi bir ıslatma sağlar ve amalgam ile mine-dentin arasındaki mekanik tutunmayı güçlendirir. Kavite duvarı ile amalgam arasında yer alan yapıştırıcı arafazı, mine-dentin ile amalgama oranla daha güçlü bir bağ oluşturur. Amalgam yapıştırıcılarının en önemli işlevi dentin yüzeyini bağ oluşturarak örtmeleridir. Amalgam yapıştırıcıları oldukça kalın bir tabaka (10-20  $\mu\text{m}$ ) oluşturur. Bu tabaka yoğunlaşma sırasında amalgamın mikro yapısında var olan kilitleme özelliğinin gerçekleşmesine izin verir ve amalgam ile kavite duvarı arasındaki bağlanmayı güçlendirir (Aida vd., 1995; Alexandre ve Sinforeti, 2001).

#### **4.6 Diş Hekimliğinde Kullanılan Biyomalzemelere Uygulanan Test Yöntemlerinden Bazı Örnek Çalışmalar**

Diş hekimliğinde hasarlı veya eksik dişlerin tedavisinde ve estetik sağlamak için seramik ve metal destekli seramik restorasyonlar kullanılmaktadır. Seramik malzemeler kolayca kırılabilir. Bu olay travma veya yorulma kaynaklı olabilmektedir. Kırılan porselen dişleri onarmak için diş hekimleri çeşitli yapıştırıcılar ve kompozit reçineler kullanmaktadır.

Porselen ve reçine arasındaki bağ dayanımına etki eden faktörlere açıklık getirmek için bir takım deneyler uygulanmaktadır. Bu yapılmış deneysel çalışmaların bazılarını incelemekte yarar vardır.

#### 4.6.1 Bir Porselen Yüze Uygulanan Değişik Asit Muamelelerinin Etkisi

Ş. Canay (Canay vd., 2001) ve arkadaşlarının bu deneysel çalışmasında; işlem görmüş porselen yüzeylerini, tarama elektron mikroskobu (SEM) ile tanımlamak ve dağlama zamanı, silan arafazının tatbiki ve ultrasonik temizlemenin yüzeylere etkisini, enerji yayan spektroskopisi (EDS) ile incelenmesi konu edinilmiştir.

Araştırmacılar deneyde, bir feldspatik porselen (Ceramco II) kullanmıştır. Porselen numuneler, iç çapı 7 mm ve yüksekliği 3 mm olan paslanmaz çelik kalıplara dökülmüştür. Numuneler, ön programlı tamamen otomatik bilgisayar destekli dental porselen fırınında pişirilmiştir.

Sinterleme işleminden sonra porselen disk yüzeylerinde boşluk kontrolü yapılmıştır. Seçilen 24 adet numune 600 no'lu SiC<sub>2</sub> kağıdı ile zımpara ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. Daha sonra numuneler 37 °C su altında 24 saat bekletilmiştir.

Porselen numuneler üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup %1,23 seyreltik fosfat florid jel kullanılarak 10 dakika, ikinci grup %9,5 hidroflorik solüsyon ile 1 dakika ve üçüncü grup %9,5 hidroflorik asit ile 4 dakika dağlanmıştır. Her gruptaki numunelerin dördü bir dakika duru su ile, ardından diğer 4 numune 1 dakika ultrasonik yöntem kullanılarak temizlenmiştir. Sonra her gruptaki 4 numuneden 2 tanesi Scotchprime markalı silan arafazı ile muamele edilmiştir. Silan küçük sünger kullanılarak porselen yüzeylere tatbik edilip 10 sn. açık havada kurutulmuştur.

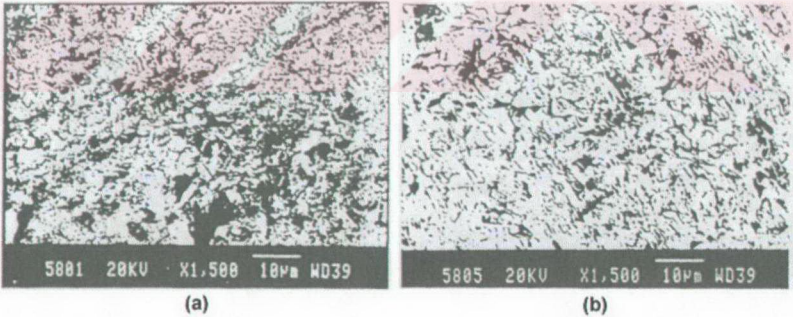
Deney çalışmasının ilk kısmında hidroflorik asit (HF) ve seyreltik fosfat florid (PF) kullanılarak elde edilen dağlanmış numunelerin fotomikrografları incelenmiştir. SEM vasıtası ile porselen yüzey yapısı gözlemlenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında EDS kullanılmıştır. X ışınli analiz yapılarak numuneler içindeki elemental dağılım profillerindeki değişimler saptanmıştır. Florinin miktarı analiz edilmiştir. Asidik tortuların uzaklaştırılmasında duru su ve ultrasonik yöntem ile temizlemenin etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca porselen yüzeylere uygulanan silan arafazının etkisi araştırılmıştır.



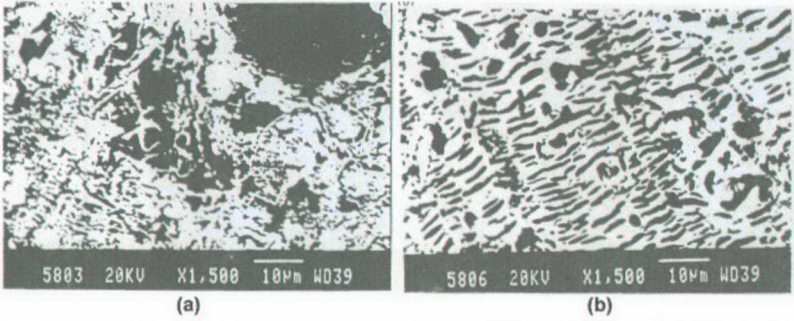
Çizelge 4.2 Porselen yüzey işlemleri (Canay vd., 2001)

| GRUP | İŞLEMLER                                                       |
|------|----------------------------------------------------------------|
| 1    | 10 dk. seyreltik fosfat + duru su                              |
| 2    | 10 dk. seyreltik fosfat + duru su + silan arafazı              |
| 3    | 10 dk. seyreltik fosfat + ultrasonik temizleme                 |
| 4    | 10 dk. seyreltik fosfat + ultrasonik temizleme + silan arafazı |
| 5    | 1 dk. hidroflorik asit + duru su                               |
| 6    | 1 dk. hidroflorik asit + duru su + silan arafazı               |
| 7    | 1 dk. hidroflorik asit + ultrasonik temizleme                  |
| 8    | 1 dk. hidroflorik asit + ultrasonik temizleme + silan arafazı  |
| 9    | 4 dk. hidroflorik asit + duru su                               |
| 10   | 4 dk. hidroflorik asit + duru su + silan arafazı               |
| 11   | 4 dk. hidroflorik asit + ultrasonik temizleme                  |
| 12   | 4 dk. hidroflorik asit + ultrasonik temizleme + silan arafazı  |

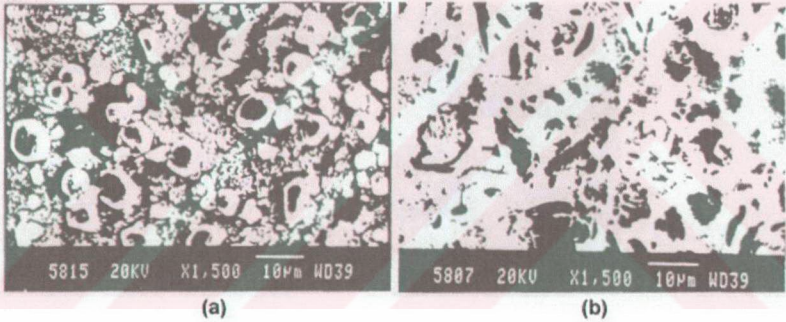
Araştırmacılar SEM ile inceleme sonucu, yüzeylerde asit etkisi ile oluşan düzensizliklerin, kompozit reçinenin porselen yüzeye adezyonunu arttıracaklarını saptamışlardır. Numune yüzeyinin 4 dk. süresince HF asit ile dağlanması, 1 dk. HF asit ve 10 dk. seyreltik PF jel ile dağlamaya oranla daha etkili olduğu görülmüştür. 4 dk. süresince HF asit ile dağlama sonucu seramik yüzeylerde daha geniş ve derin boşluklar ve kanallar gözlenmiştir. Numunelerin duru su yerine ultrasonik yöntemle temizlenmesinin daha etkin olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.9 Porselen yüzeyler %1,23 seyreltik PF asit jel ile dağlanmıştır : (a) Duru su ile temizlendikten sonra (grup1); (b) Ultrasonik yöntemle temizlendikten sonra (grup 3) (Canay vd., 2001)



Şekil 4.10 Porselen yüzeyler %95 HF asit jel ile 1 dk. dağlanmış : (a) Yüzeyler duru su ile temizlendikten sonra, HF ile dağlama sonucu sığ şekiller oluşur (grup 5); (b) Ultrasonik temizlemeden sonra (grup 7) yüzeydeki kalıntılar kolayca uzaklaşmıştır. (Canay vd., 2001)

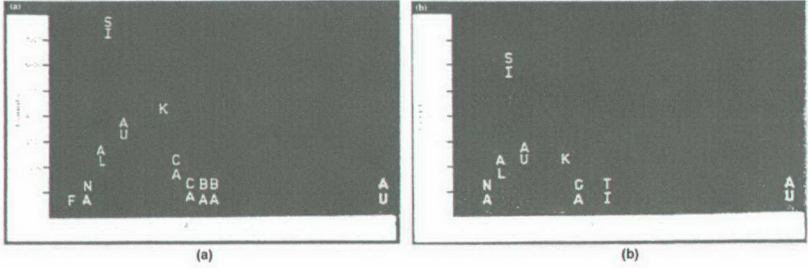


Şekil 4.11 Porselen yüzeyler HF asit jel ile 4 dk. dağlanmış : (a) Duru su ile temizlenen yüzeylerde (grup 9), reaksiyon ürünleri şekilleri karartmıştır. (b) Yüzeyler ultrasonik temizlemeden sonra (grup 11) derin kanallı ve gözenekli açık yapı kazanmıştır. (Canay vd., 2001)

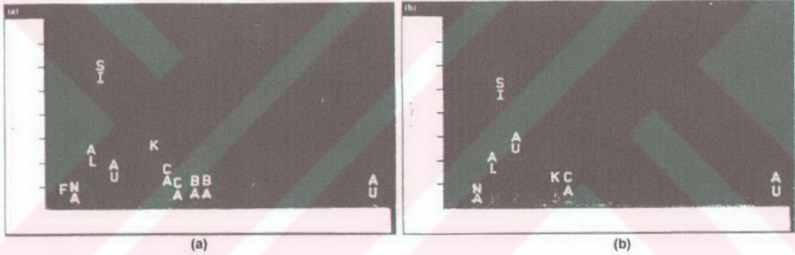
Araştırmacılar EDS analizi sonucu, seyreltik PF asit jeli ile işlem gören numunelerin profilinde belirgin bir fark elde edilmediğini saptamışlardır. 1 dk. ve 4 dk. sürelerde HF asit ile dağlanana numuneler ardından duru su ve ultrasonik temizlemelere tabi tutulmuştur. Şekil 4.12 (a) ve (b)'de EDS analizi sonucuna göre dağlanmış kısımlarda Si, Al, Ca ve Na elementlerinin konsantrasyonunda düşüş tespit edilmiştir. Şekil 4.13 (a) ve (b)'de bu düşüş daha belirgindir. Şekillerde, duru su ile temizlenmiş numunelerin yapısal profillerinde flor pikleri mevcuttur. Ultrasonik yöntemle temizleme işlemi sonucu flor pikleri kaybolmuştur. 4 dk. HF asit ile dağlanmış numunelerde flor pikleri, 1 dk. HF ile dağlamaya kıyasla daha



artmıştır. Fakat Si, Al, K, Ca ve Na piklerinde belirgin düşüş tespit edilmiştir (Canay vd., 2001).



Şekil 4.12 1 dk. HF asit ile dağlanmış porselen yüzeylerin EDS analizi. (a) Yüzeyler duru su ile temizlenmiştir (grup 5), Si, Al, K, Ca, Na, Ba ve F elementleri saptanmıştır. (b) Ultrasonik temizleme (gup 7), F piki yoktur. (Canay vd., 2001)



Şekil 4.13 4 dk. HF asit ile dağlanmış porselen yüzeylerin EDS analizi. (a) Duru su ile temizleme (grup 9), şekil 4.12a tayfindaki aynı elementler mevcuttur fakat dağlama zamanı daha uzun olduğu için farklı orandadırlar. F piki bulunmaktadır. (b) Ultrasonik temizleme (grup 11), yüzeyden F uzaklaştırılmıştır. (Canay vd., 2001)

Tüm asitlerin cam ve porseleni dağlayabileceği saptanmıştır. Dağlayıcı türü, dağlayıcı konsantrasyonu ve zamanı bağ dayanımını etkilemektedir.

Dış porseleninin ana kristal bileşeni lösit'tir ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ ). HF asit içersinde lösitin çözülmesi, camdan çok daha hızlıdır. Porselen içersinde lösitin bulunduğu kısımlarda mikrotutucu kanallar meydana gelmektedir. Bu düzensiz kısımların miktarı ve boyutu bağ dayanımının artmasında etkindir (Stangel vd., 1987).

HF asit ile dağlanan camda, çözünmeyen silis-florid tuzları oluşarak cam yüzeyde birirmektedir. Silan arafazının dağlanan yüzeye uygulanması tuzların ayrışmasını

sağlayabilmektedir. Bu işlem silan arafazının seramik yüzeye hidrolizi ve absorpsiyonu sonucu sağlanmaktadır. Silan porselen yüzeyde ıslatmayı ve reçine akışını olumlu etkileyerek bağ dayanımını kuvvetlendirir (Canay vd., 2001).

Su içerisinde muhafaza ve ısı-çevrim, silan arafazlarıyla oluşturulan bağın sürekliliğini azaltmaktadır.

Numune yüzeyler HF asitle dağlandıktan sonra silan arafazının kullanımı kompozit ve porselen arayüzeyindeki yapıştırmayı iyileştirmektedir. Porselen yüzeyde oluşan porozite bağ tutuculuğunu artırıcı etki yapmaktadır (Shahverdi vd., 1998).

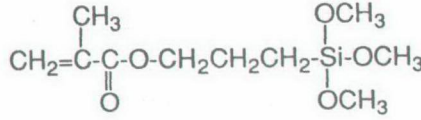
Seramik-kompozit arayüzeyindeki bağ dayanımının artırılması için seramik uygun bir silan ile kaplanmalıdır. Silan ile muamele, seramik yüzey ve kompozit arasındaki kovalent bağ oluşumunu sağlamaktadır (Berry vd., 1999).

Bir çok yeni tür silan yapıştırıcı sistem 2 veya 3 solüsyondan ibarettir; genelde biri silan bağlayıcı diğeri de solüsyonun asit bileşenidir. Aida, Hayakawa ve Mizuka adlı araştırmacılar, ticari geçerliliği olan iki bileşenli bir silan bağlayıcıyı incelemişlerdir. Sonuçta silan sisteminin asidik bileşeninin siloksilan bağ oluşumunu artırarak kompozit reçine ile porselen arasındaki adezyonu kolaylaştırdığını bulmuşlardır. Siloksilan bağlar, silan sisteminde metoksilan ( $\text{SiOCH}_3$ ) ve porselen yüzeydeki OH grubun asit katalizi sonucu meydana gelirler (Aida vd., 1995).

#### **4.6.2 Farklı Yüzey İşlemleri ile Muamele Edilmiş Porselene Kompozit Reçinenin Adezyonu**

Aida M. (Aida vd., 1995) ve arkadaşlarının bu deneysel çalışmasında, silan arafazlarının uygulandığı 5 çeşit porselen yüzeydeki kompozit reçine ile porselen arasındaki bağ dayanımı değerlerinin karşılaştırılması konu edinilmiştir. Yüzey koşulları SEM ile değerlendirilip kızıl altı (infrared) ışınli spektroskopi ile silan arafazlarının bileşenleri analiz edilmiştir.

Araştırmacıların kullandıkları ticari silan arafazları “Porcelain Liner M” ve “Tokuso Ceramic Primer”dır. Bu ticari geçerliliği olan silan arafazlarının bileşenlerinden birisi  $\gamma$ -metakriloksipropil tri-metoksilan ( $\gamma$ -MPTS) ve diğeri de karboksilik asittir. Çizelge 4.3’de bu çalışmada kullanılan malzemeler yer almaktadır.



Şekil 4.14  $\gamma$ -MPTS yapısı.

Çizelge 4.3 Kullanılan malzemeler (Aida vd., 1995)

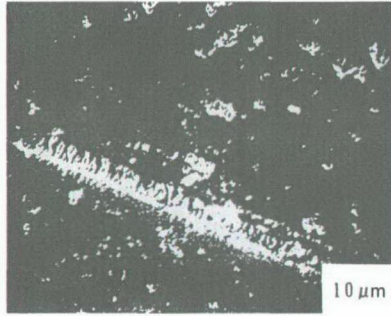
| Materyal      | İsim                                                                      | Kısaltma                          | Üretici                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Porselen      | Laminabond Porcelain Masking<br>Dental Porcelain (LMA3)                   |                                   | Shofu Inc., Kyoto, Japan                                                    |
| Dağlayıcı     | K dağılayıcı<br>Hidroflorik asit jel                                      | K<br>HF                           | Kuraray Co., Osaka, Japan<br>GC Co., Tokyo, Japan                           |
| Silan Arafazı | %2 $\gamma$ -MPTS / etanol<br>Porcelain Linear M<br>Tokuso Ceramic Primer | $\gamma$ -MPTS EtOH<br>PLM<br>TCP | Original<br>Sunmedical Co., Kyoto, Japan<br>Tokuyama Soda Co., Tokyo, Japan |
| Kompozit      | Laminabond Composite Paste<br>Universal                                   |                                   | Shofu Inc.                                                                  |

Araştırmacılar, bir porselen pişirme fırınında dentin porselen kullanarak 10 mm. çapında ve 2 mm. kalınlığında porselen diskler üretmişlerdir. Diskler kimyasal yolla sertleştirilen akrilik kompozit reçineler içersine gömülmüştür.

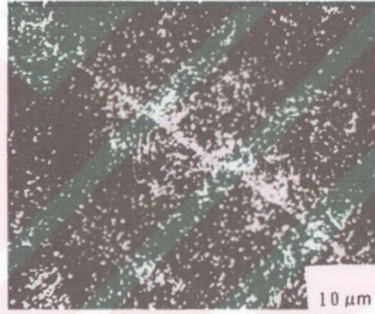
Porselen numunelerin yüzeyleri 5 değişik yöntemden biri kullanılarak önceden işleme tabi tutulmuştur. Araştırmacılar bu işlemleri sırası ile aşağıda şu şekilde özetlemişlerdir :

- 1) Parlatma Grubu : Porselen yüzeyler No. 1000 Si<sub>2</sub>C kağıdı ile parlatılmıştır.
- 2) K Dağlama Grubu : Parlatma işleminden sonra porselen yüzey fosforik asit jel ile (K-dağlayıcı) 60 sn. dağlanıp 10 sn. boyunca suyla durulanmıştır.
- 3) K Dağlama + Ultrasonik Temizleme Grubu : Parlatma işleminden sonra porselen yüzey 60 sn. fosforik jel ile dağlanıp 10 sn. boyunca su ile çalkalanıp 20 dk. süresince ultrasonik yöntemle temizlenmiştir.
- 4) HF Dağlama Grubu : Parlatma işleminden sonra porselen yüzey HF asit jel ile 60 sn. dağlanıp 10 sn. süresince suda temizlenmiştir.
- 5) HF + Ultrasonik Temizleme Grubu : Parlatma işleminden sonra porselen yüzey 60 sn. HF asit jel ile dağlanmıştır. Ardından 10 sn. suda durulanıp 20 dk. süresince ultrasonik yöntemle temizlenmiştir.

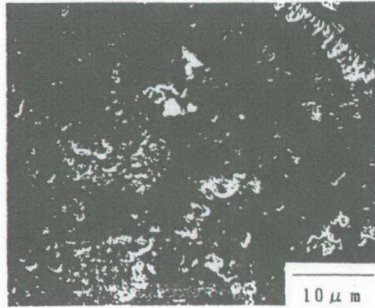
Araştırmacılar her alt gruptaki porselen yüzeyi, işlem görmüş porselen numunelere kompozit reçine uygulanmadan önce SEM ile incelemişlerdir.



Şekil 4.15 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış porselen yüzey (SEM) (Aida vd., 1995)



Şekil 4.16 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış ve fosforik asit ile dağlanmış porselen yüzey (SEM) (Aida vd., 1995)

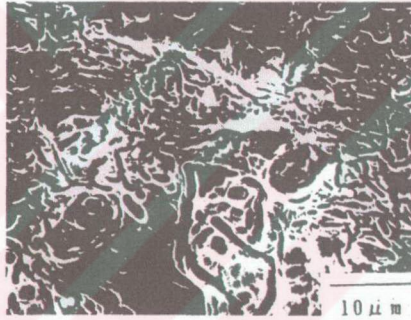


Şekil 4.17 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, fosforik asit ile dağlanmış ve ultrasonik yöntemle temizlenmiş porselen yüzey (SEM) (Aida vd., 1995)





Şekil 4.18 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, HF asit ile dağlanmış porselen yüzey (SEM) (Aida vd., 1995)

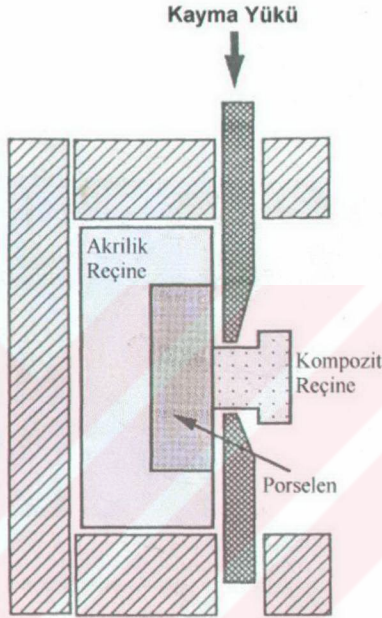


Şekil 4.19 1000 no'lu zımpara kağıt ile parlatılmış, HF asit ile dağlanmış ve ultrasonik yöntemle temizlenmiş porselen yüzey (SEM) (Aida vd., 1995)

Aida M (Aida vd., 1995) ve arkadaşları tarafından, her porselen numuneyi biri deneme ve diğerleri iki ticari silan arafazlarının kullanımı olmak üzere alt gruplara ayırmıştır. Deneme silan arafazı, %2  $\gamma$ -MPTS / EtOH solüsyonudur. Ticari silan arafazları ise PLM ve TCP'dir.

Araştırmacılar silan arafazını porselen yüzeye 10 sn. tatbik edip 10 sn. açık havada kurutarak, 3,2 mm. çapında ve 2 mm. kalınlığında bir silis halkayı silan kaplı porselen disk yüzeyine yerleştirmişlerdir. Silis halkanın içi ışıqla sertleşebilen kompozit reçine ile doldurulmuştur. Bir ışık yayıcı cihaz kullanılarak 60 sn. sertleştirme yapılmıştır. Daha sonra numuneler 37°C'lik su içinde bir gün boyunca bekletilmiştir. 2 mm/dk çapraz hıza sahip universal test cihazı kullanılarak numunelerin kayma dayanımı bulunmuştur.

Araştırmacılar tarafından her numunenin ortalama bağ dayanımı hesaplanmıştır. Veriler değişkenler analizi (ANOVA) ile incelendikten sonra Scheffe test yöntemi kullanılarak her porselen yüzey ve silan arafazının ortalama değeri çok yönlü karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.



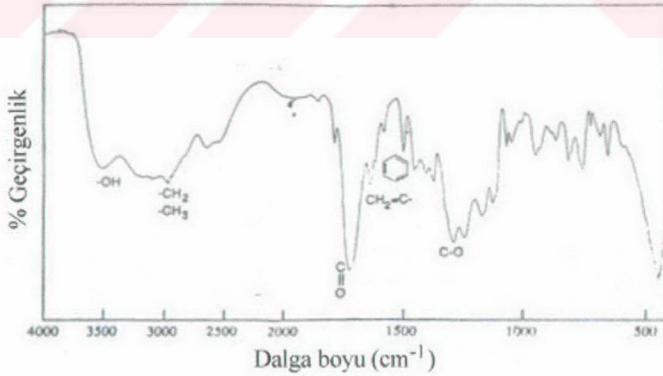
Şekil 4.20 Kayma bağ dayanımını saptamak için kullanılan düzenek (Aida vd., 1995).

Her silan arafazı solüsyonu bir NaCl tabaka üzerine damlatılıp kızıl altı ışınli spektroskopli ile analiz edilmiştir.

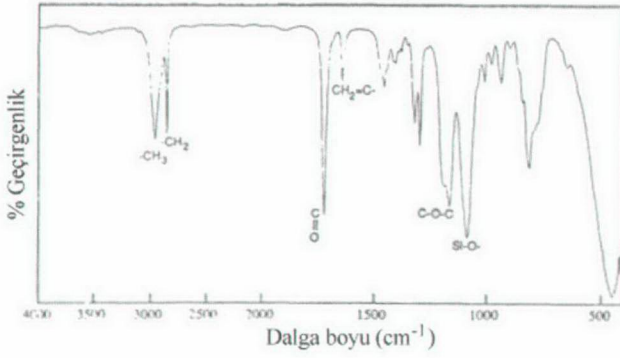
Kızıl altı ışınli tayfların ölçümü karboksil (COOH) veya Si-O gibi kimyasal bileşik ve gruplarının ölçümünü saptamak için yararlıdır. Ayrıca solüsyonların ana bileşeninin aromatik veya alifatik karboksilik asit olduğu tanımlanmıştır.

Çizelge 4.4 Farklı yüzey işlemlerine tabi tutulmuş porselen ve kompozit arasındaki bağ dayanımı (MPa) (Aida vd., 1995)

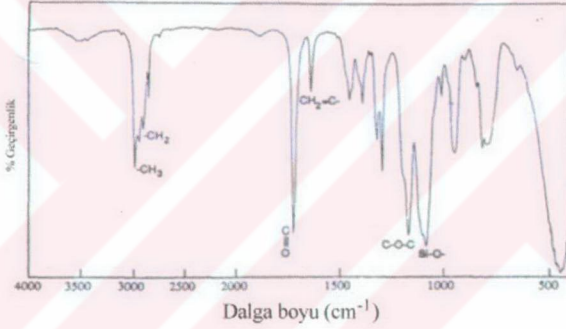
| Silan Bağlayıcıları      |                 | Polish    | K Etch   | K Etch +<br>Ultrasonic | HF Etch  | HF Etch +<br>Ultrasonic |
|--------------------------|-----------------|-----------|----------|------------------------|----------|-------------------------|
|                          |                 |           |          |                        |          |                         |
| $\gamma$ -MPTS<br>/ EtOH | Ortalama        | -         | 2,4      | 3,7                    | 9,8      | 11,4                    |
|                          | Standart        | -         | 1,0      | 1,7                    | 3,7      | 2,5                     |
|                          | Sapma           | -         |          |                        |          |                         |
|                          | Adezyon Aralığı | -         | 1,0-3,9  | 1,9-7,6                | 5,7-12,8 | 6,5-15,5                |
| PLM                      | Ortalama        | 14,6      | 11,0     | 12,8                   | 11,2     | 15,8                    |
|                          | Standart        | 3,5       | 2,1      | 3,8                    | 2,3      | 3,4                     |
|                          | Sapma           |           |          |                        |          |                         |
|                          | Adezyon Aralığı | 11,1-22,4 | 8,5-14,6 | 7,7-15,1               | 6,1-13,3 | 11,7-20,6               |
| TCP                      | Ortalama        | 11,0      | 11,2     | 14,0                   | 12,4     | 14,3                    |
|                          | Standart        | 2,4       | 1,7      | 3,7                    | 3,0      | 2,8                     |
|                          | Sapma           |           |          |                        |          |                         |
|                          | Adezyon Aralığı | 9,5-15,4  | 8,7-12,4 | 10,1-22,6              | 8,5-18,3 | 9,6-17,6                |



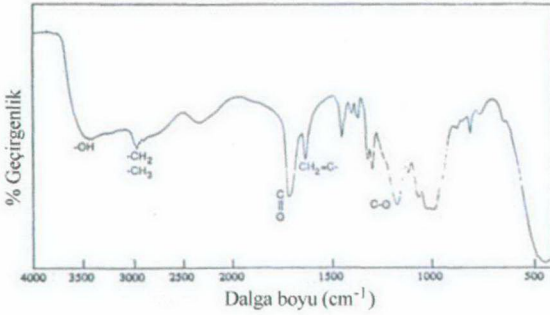
Şekil 4.21 PLM'nin A solüsyonunun kızılaltı tayfı (Aida vd., 1995)



Şekil 4.22 PLM'nin B solüsyonunun kızılaltı tayfı (Aida vd., 1995)



Şekil 4.23 TCP'nin A solüsyonunun kızılaltı tayfı (Aida vd., 1995)



Şekil 4.24 TCP'nin B solüsyonunun kızılaltı tayfı (Aida vd., 1995)



Araştırmacılar aromatik karboksil asidin piklerini Şekil 4.21'de gördüğü gibi elde etmişlerdir.  $3500\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda hidroksil grup (-OH),  $1750\text{--}1850\text{ cm}^{-1}$  arasında karbonil grup (C=O),  $1250\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$  arasında eter grup (C-O) ve  $1500\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda fenil grup gözlenmiştir. Yaklaşık  $3000\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik, metilen ( $\text{CH}_2$ ) ve metil ( $\text{CH}_3$ ) gruplarının varlığına işaret etmektedir.  $1640\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu pikte vinil ( $\text{CH}_2=\text{C}$ ) grubu bulunmuştur. Sonuçta PLM A solüsyonunun ana bileşenlerinin aromatik karboksil asit ve metakrilolil grup olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmacılar  $1100\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda siloksi grubu (Si-O) bulunması silan bağlayıcı arafazının varlığını saptamıştır (Şekil 4.22). Sırasıyla  $1160\text{--}1190\text{ cm}^{-1}$  ve  $1720\text{ cm}^{-1}$  dalga boylarında C=O ve C-O-C gruplarının varlığı, ester grubunun varlığını göstermiştir. Solüsyonun B tayfı  $\gamma$ -MPTS ile aynı çıkmıştır.

Şekil 4.23'de TCP A solüsyonunun tayfı bulunmaktadır. Bu tayf PLM-B solüsyonu ve  $\gamma$ -MPTS ile yaklaşık aynı çıkmıştır. Şekil 4.24'te ise TCP B solüsyonu tayfı vardır. OH grubu  $3500\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda, C=O grubu  $1700\text{ cm}^{-1}$  de ve C-O grubu  $1200\text{ cm}^{-1}$  dalga boylarında gözlenmiştir.

Deney sonunda mikrograflara dayanarak araştırmacılar, HF asit ile dağlama sonucu porselen yüzeyin en yüksek pürüzlülük elde ettiğini ortaya çıkarmışlardır. Kompozit reçine ve porselen arasında oluşan siloksan bağların adezyon için önemli olduğu saptanmıştır. Ortalama bağ dayanımı fosforik asit yerine HF asitle dağlandıktan sonra  $\gamma$ -MPTS uygulanan yüzeylerde belirgin şekilde artmıştır. PLM silan arafazının uygulanması, bulunan değerlerden farklılık göstermemiştir. HF asit dağlama + ultrasonik temizleme grubu ile parlatma grubunun ortalama bağ dayanımları yaklaşık aynı çıkmıştır. Bağ dayanımlarına, porselen yüzey işlemleri silan arafazı kullanılmadıysa da etki etmemiştir (Aida vd., 1995).

Dağlama prosedürleri, porselen ve reçine arasında bağlanmayı iyileştirmek için yapılır. Sonuçta porselen yüzeyde pürüzlülük oluşturulur. Bu pürüz reçine ve porselen arasında kalıcı bağ sağlayabilir. Silan bağlayıcı arafazları inorganik ve organik yüzeylerde kimyasal bağlar oluşturur (Shahverdi vd., 1998).

Gragory ve Moss'a (1990) göre onarım malzemesi ve restorasyon arasındaki bağ dayanımı kuvvetli olmalıdır, ancak bu şekilde fonksiyonel kuvvetlere karşı koyar. Reçinenin penetrasyonu, viskozite ve ıslatma özelliğine bağlıdır. Minimum ısıl genişleme katsayısı ve polimerizasyon çekilmesi istenen özellikleridir. Makro dolduruculu reçinenin oluşturduğu bağ dayanımı mikro doldurucular ve hibrid reçinelere tercih edilmektedir.

#### 4.6.3 Yüksek Doldurucu İçeren Dental Kompozitin Sürtünme Aşınma Mekanizması

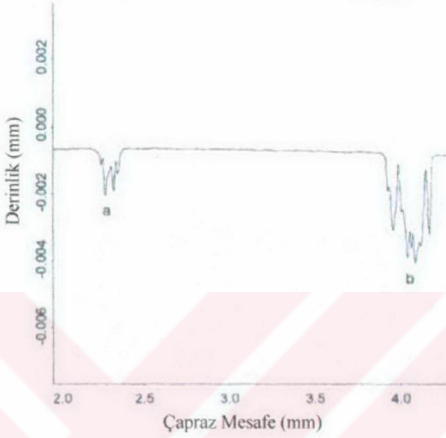
Nagaran V. S. (Nagarajan vd., 2000) ve arkadaşları bu deneydeki çalışmalarında, %92 silika-cam ve alumina dolgu partiküller içeren seramik kompozitin sürtünme aşınma davranışını ele almışlardır. Ağız içinde var olan sürtünme durumları ile bağlantılı deneyler yapılmıştır. Sürtünme deneyleri yağlayıcı olarak su kullanılan, plaka üzerine perçinlenmiş sürtünme ölçekli düzenek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan yükün bir fonksiyonu olan aşınma hacmi sonucu iki ayrı aşınma rejimi tespit edilmiştir. Yük 1 N'dan 5 N'a artırıldığında aşınma hacmi yavaş artmıştır. Yük 10 N kadar çıkarıldığında aşınma hacmi belirli ortalama değerde artış göstermiştir. 10 N üzerindeki yüklerde (maksimum 20 N'a kadar) aşınma hacminin uygulanan yükten bağımsız olduğu saptanmıştır. SEM ile incelenmiş aşınma izlerinde her yükleme sonucu bir yüzey filmin oluştuğu gözlenmiştir. Daha sonra bu filmler TEM ile incelendiğinde yüzey filmlerinin silis ve alumina hidratları olduğu bulunmuştur. Aşınma testinden sonra toplanan su örneklerinin kimyasal analizi yapıldığında dolgu partiküllerinin Al ve diğer elemental bileşenlerinin varlığı tespit edilmiştir.

Nagaran V. S. (Nagarajan vd., 2000) ve arkadaşları bu çalışmalarında dental hibrid seramik kompozit malzemenin(HC-ESTANIA,Kuraray Şirketi,Osaka,Japonya) sürtünme aşınmasını inceleyerek, aşınma işleminin mikrokırılma ile mi yoksa ortam kaynaklı kimyasal sürtünme ile mi oluştuğunu araştırmışlardır.

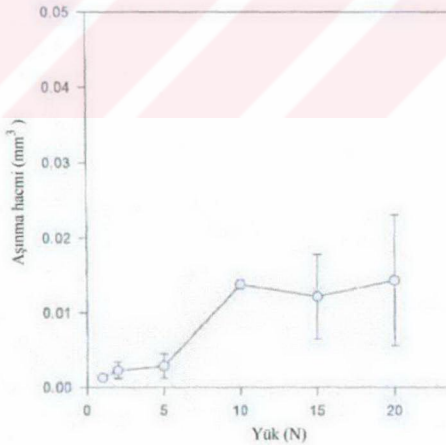
Araştırmacılar deneyde kullanılan numuneleri üreticiden 30mm çapında ve 7 mm kalınlığında diskler içersinde temin edip ışıqla sertleştirmişlerdir. İnsan ağız içersinde oluşan 10 gün süreli sürtünme aşınması taklit edilerek toplam kayma mesafesi ve sürtünme devirleri sayısı sonuçları bu deneyde dikkate alınmıştır. Aşınma testleri her yükleme için üç kez tekrarlanmıştır ve aşınma hacminde ortalama ve standart sapma hesaplanmıştır.

Araştırmacılar tarafından, sürtünme aşınma testleri için disk üzerine perçinlenmiş CSEM sürtünme ölçerli ve alüminyum topları olan düzenek kullanılmıştır. Yüksek saflıktaki Al topları 14.7 GPa sertlik, 12 mm. çap ve 0,1 µm yüzey pürüzlülük değerlerine sahiptir. Kompozit disklerin yüzey pürüzlülüğü de elmas parlatıcılar kullanılarak 0,1 µm (Ra) yapılmıştır. Deneylerden önce Al toplar ve kompozit diskler aseton ve duru suda temizlenmiştir. Görsel inceleme ile ve SEM kullanılarak temizlemeden kaynaklanan çatlak veya renk kaybetme numunelerde görülmemiştir. Deneyde 1-20 N arası normal yük uygulanmıştır. Top ve disk arasındaki temas noktasını sabit tutmak için disklerin devirsel hızı 2,5 mm/sn seçilmiştir. Yaklaşık 300 devirsel temas çevrim sağlayan toplam 3m. kayma

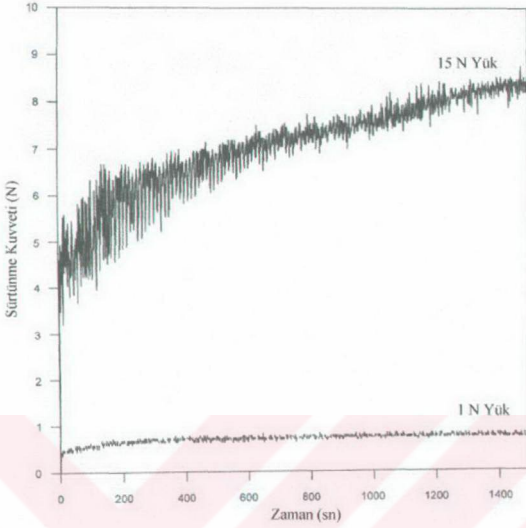
mesafesi kullanılmıştır. Deney süresince bir yük çevirici kullanılarak sürtünme kuvveti görüntülenmiş ve veri toplanmıştır. Ayrıca profilölçer yardımıyla disk üzerinde oluşan aşınma izleri kaydedilmiştir.



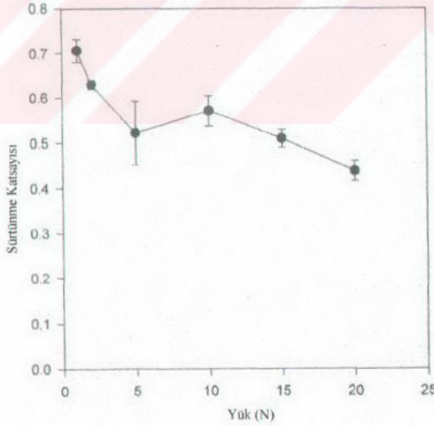
Şekil 4.25 Aşınma izinin tipik yüzey profilleri (a) : 1 N ve (b) : 15 N (Nagarajan vd., 2000)



Şekil 4.26 Yüklemenin bir fonksiyonu sonucu oluşan aşınma hacmi ve iki aşınma rejimi. Veri noktaları ortalama değerleri, belirsizlik çubukları standart sapmayı göstermektedir. (Nagarajan vd., 2000)



Şekil 4.27 Düşük 1N ve yüksek 15N yüklerde tipik sürtünme kuvveti izleri. (Nagarajan vd., 2000)

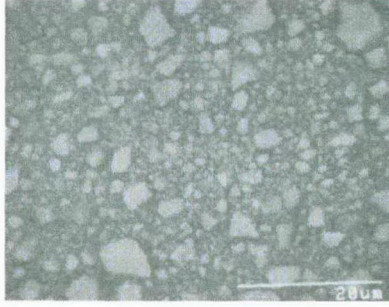


Şekil 4.28 Yüklemin fonksiyonu sonucu ortalama sürtünme katsayısı. (Nagarajan vd., 2000)

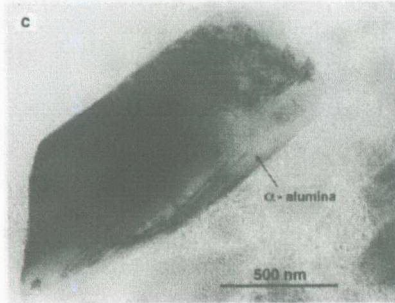
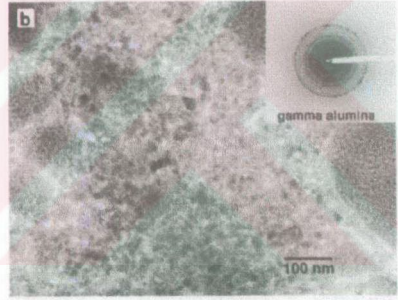
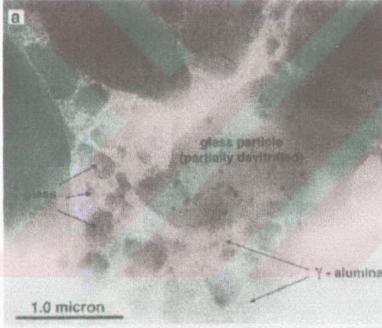
Aşınmış kompozit yüzeyler SEM, TEM ve EOS (elektron dağıtma ve enerji yayma x-ışınlı tayföölçer) ve mikro-FTIR (Fourier dönüşümlü kızıl altı spektroskopisi) kullanılarak



incelenmiştir. Sonuçta kimyasal kompozisyon ve faz yapısındaki muhtemel değişimler, dolgu partiküllerinin özellikler değerlendirilerek aşınma mekanizması hesaplanmıştır.

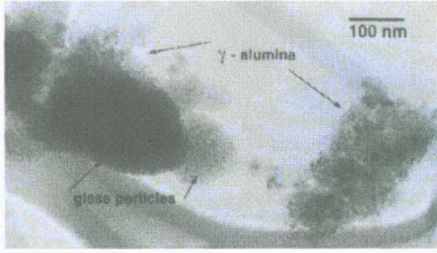


Şekil 4.29 Parlatılmış kompozit yüzeyde çeşitli boyutlarda dolgu partiküllerinin gösterimi (SEM) (Nagarajan vd., 2000)

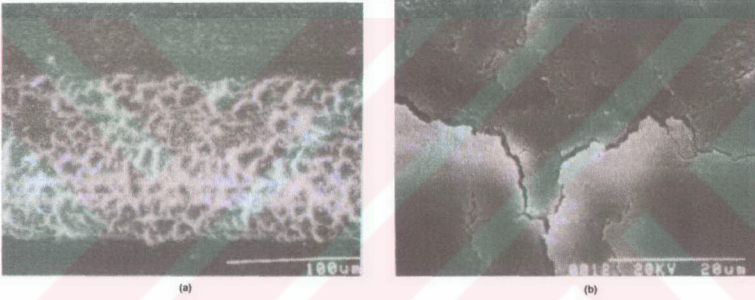


Şekil 4.30 TEM mikrografları : (a) iri cam partikülleri (b) ince (20nm) dolgu partikülleri (ek resim : elektron difraksiyon paterni gamma- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'yü gösterir) (c) iri alpha- $\text{Al}_2\text{O}_3$  partikülü. (Nagarajan vd., 2000)

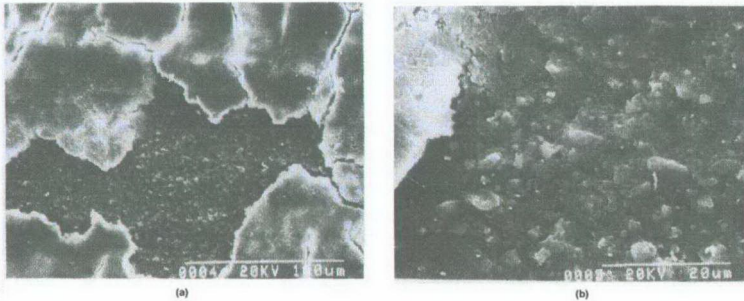




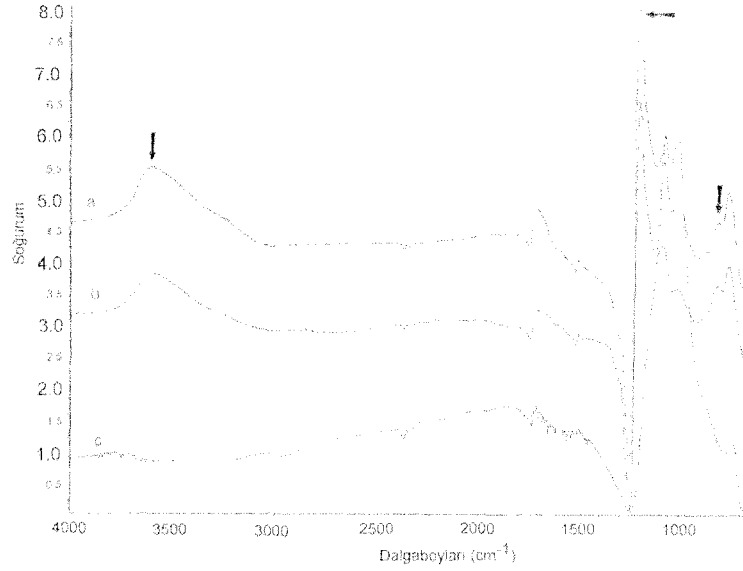
Şekil 4.31 Kompozitten kazılarak çıkarılan Şekil 4.30'dakine benzer nano ölçekli gamma- $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve cam partiküllerinin mikrograf görüntüsü (TEM). (Nagarajan vd., 2000)



Şekil 4.32 1N yük altındaki kompozit yüzeyde oluşan aşınma izinin tipik SEM mikrografı. (a) Düşük büyültmede bir yüzey filmi (b) Yüksek büyültmede görülen çatlaklar. (Nagarajan vd., 2000)



Şekil 4.33 15 N yük altında oluşmuş aşınma izinin SEM mikrografı. (a) yüzey filminin ayrışması (b) Kırılmış partiküller ve reçine matristen çıkan partiküller. (Nagarajan vd., 2000)



Şekil 4.34 FTIR tayfları. (a) 1N'luk, (b) ve 15N'luk yükleme sonucu oluşan yüzey filmleri (c) Aşınmamış yüzey. Oklar  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ve  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  bileşiklerini gösterir. (Nagarajan vd., 2000)

EDS ile büyük dolgu partiküllerinin lantan ve zirkonyum içeren alumina-silikat cam olduğu tanımlanmıştır. Şekil 4.34 (a) ve (b)'de 1N ve 15N yüklemeleri sonucu oluşan aşınma izlerinin yüzey filmleri ve Şekil 4.30 (c)'de aşınmamış kısmı FTIR ile elde edilerek gösterilmiştir. Bu tayf 700, 950, 1050 ve  $1680 \text{ cm}^{-1}$  'de ana pikleri göstermektedir. Yüzey filminde gözlemlenen pikler  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ( $764 \text{ cm}^{-1}$  ve  $3600 \text{ cm}^{-1}$ ) ve su katkılı silisi (hydrated silica,  $1180$  ve  $3600 \text{ cm}^{-1}$ ) işaret etmektedir.  $1250 \text{ cm}^{-1}$ 'deki pik kimyasal bağları göstermemektedir.

Araştırmacılar aşınma testlerinden sonra su örnekleri toplayarak ICP-MS (bir çeşit spektrometre) vasıtasıyla kimyasal analiz yapmışlardır. Muhtemel Al ve Si elementlerinin varlığı tanımlanmak istenmiştir. Su örnekleri cam kaplarda birkaç gün bekletilerek aşınmış parçacıkların çökmesi sağlanmıştır.

Çizelge 4.5 Su örnekleri içindeki elementlerin ICP-MS ile elde edilen konsantrasyonları (Nagarajan vd., 2000)

| Elementler | Statik daldırma sonrası konsantrasyon (ng/ml) | 2N yük altında aşınma testinden sonra konsantrasyon (ng/ml) | 15N yük altında aşınma testinden sonra konsantrasyon (ng/ml) |
|------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Li         | 2,8                                           | 8,2-8,6                                                     | 20-71                                                        |
| Al         | 0                                             | 9-12                                                        | 12-17                                                        |
| Ba         | 0,3                                           | 0,35-0,40                                                   | 0,08-0,75                                                    |
| La         | 0,3                                           | 0,88-0,89                                                   | 0,95-9,16                                                    |
| Ta         | 0                                             | 0,26-0,28                                                   | 0,28-0,93                                                    |
| Zr         | 0                                             | 0,78-0,88                                                   | 0,37-0,47                                                    |

Bu çalışma ile araştırmacılar hibrid seramik kompozit malzemede aşınma prosesinin test süresince uygulanan yüke bağlı olduğunu göstermiştir. Aşınma hacmi, düşük yüklerden yüksek yüklere doğru artmıştır. Yüksek yükler altında aşınmış yüzey filmleri süreksiz olup kısmen malzemeden uzaklaşmıştır.

SEM ve TEM analizleri sonucu kompozit malzemenin mikroyapısında alumina-silis cam partikülleri (1-10  $\mu\text{m}$ ), daha küçük cam ve  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  partikülleri, izole olmuş  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  partikülleri saptanmıştır. Ayrıca aşınmış yüzey filmlerinde nano-metre ölçekli  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  partikülleri gözlemlenmiştir. Bütün bu gözlemler ve FTIR sonuçları, aşınmış yüzey filmlerinde silis-cam ve alumina dolgu partiküllerinin su ile reaksiyonu sonucu hidroksitler ile silis ve alüminyum hidrat bileşikleri oluştuğunu belirlemiştir (Nagarajan vd., 2000).

Dental kompozitlerin mekanik özelliklerine dolgu konsantrasyonu, dolgu partikül boyutu ve reçine matrisin polimerizasyon çekilmesi etki etmektedir. Johnson ve arkadaşları kompozit reçinelerin kırılma tokluğu üzerine dolgu miktarının (ağırlıkça %0-40 arası) etkisini çalışmışlardır. Sonuçta dolgu miktarı artırıldığında sertlik artarken kırılma tokluğu düşmüştür (Nagarajan vd., 2000).

Kompozit reçineler ağız ortamında genel aşınma ve sürtünme aşınmasına maruz kalırlar. Dişlerde çiğneme süresince kompozit yüzey üzerinde yiyecek maddelerinin hareketi sonucu üç boyutlu aşınma olan genel aşınmanın olduğu varsayılır. Sürtünme aşınması, diştten restoratif malzemeye veya restoratif malzemeden restoratif malzemeye temas etmesi sonucu meydana gelir. Küçük dolgu partiküllerinin aksine büyük dolgu partiküllerinin reçine matrisin aşınmasını azaltmaktadır (Manhart vd., 2000).

Kompozitlerin mekanik özelliklerini arttırmak için kullanılan dolgu partiküllerinde 4 ana parametre önemli yer tutar. Bunlar dolguların dayanımı ve tokluğu, biçimi, dolgu ve matris arasındaki arayüzey, dolgu seviyesidir. Klinik düzeyde restoratif malzemelerin performansı, dişlerin çiğneme ve sıkıştırma işlevlerinden kaynaklanan esneklik ve baskı yüklemelerine karşı dirençlerine bağlanmaktadır. Basma ve çekme dayanımları, kırılma tokluğu, elastik modül ve sertlik özelliklerini araştırmak için birçok çalışma yapılmaktadır (Hockin vd., 2000).

#### **4.6.4 Yeni Kompozit Restoratif Malzemelerin Mekanik Özellikleri**

Manhart J ve arkadaşları (Manhart vd., 2000) bu çalışmalarında, sıkıştırılabilir kompozitlerin çekme dayanımı, elastiklik modülü, kırılma tokluğu, Vickers sertliği ve aşınma direncinin

hibrid ve iyon salan kompozitler ile karşılaştırılmasını konu edinmişlerdir. Deneyde kullanılan malzemeler Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Araştırmacılar çekme dayanımı ve elastiklik modülünü EN24049:1993 standardına göre hesaplamıştır. On adet dikdörtgen şeklindeki numune, bir pirinç kalıbı (25 x 2 x 2 mm) içine kompozit yerleştirilip hazırlanmıştır. 700 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğunda 3 adet ışık kaynağı kullanılarak 40 sn. süreyle kompozit sertleştirme işlemi yapılmıştır. Sonra 37°C'de fizyolojik sodyum klorid solüsyonu içinde numuneler 24 saat bekletilmiştir. Malzemelerin çekme dayanımı ve elastiklik modülünü hesaplamak için 0,5 mm/dk çapraz hıza sahip (QTS 2000) test makinesi kullanılmıştır. Numuneler NIST No. 4877 tüzüğüne uygun üç noktalı eğme test cihazına yerleştirilmiştir. Test süresince numuneler klinik koşulların sağlanması için 37°C'lik sodyum klorid solüsyonu içinde tutulmuştur. Her malzemenin elastiklik modülü EN24049:1993 standardına göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 Kullanılan malzemeler (Manhart vd., 2000)

| Sınıflandırma             | Ürün İsmi    | Renk Tonu  | Takım No | Dolgu Hacmi | Dolgu Ağırlığı | Ort. Dolgu Boyutu | Reçine Matris                    | Üretici Firma            |
|---------------------------|--------------|------------|----------|-------------|----------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Sıkıştırılabilir kompozit | Alert        | A2         | 8409.71  | %70         | %84            | 0,7 µm (*)        | BisGMA, UDMA, TEGDMA, THFMA      | Jeneric / Pentron, USA   |
|                           | Sure fil     | A2         | 980315   | %66         | %82            | 0,8 µm            | Üretan modifiyeli BisGMA         | Dentsply DeTrey, Almanya |
|                           | Solit aire   | A20        | 25       | %90         | %66            | 2,0-20 µm         | BisGA, PENTA, HPMA, ETMA         | Heraeus Kulzer, Almanya  |
|                           | Definite     | A2         | 060698   | %61         | %77            | 1,0 µm            | Ormocer matris (**)              | Degussa AG, Almanya      |
| Hibrid Kompozit           | Tetric ceram | A2         | 905431   | %60         | %78            | 0,7 µm            | BisGMA, UDMA, TEGDMA             | Vivadent, Liechtenstein. |
| İyon Yayan Kompozit       | Ariston pHc  | Univ ersal | A00004   | %59         | %79            | 1,3 µm (***)      | BisGMA, UDMA, hidrofilik monomer | Vivadent, Liechtenstein. |

(\*) : Cam fiberlerde : 60-80 µm

(\*\*) : Metaakrilat – polisiloksanlar

(\*\*\*) : Alkali cam : 1,6 µm.

Kırılma tokluğu ( $K_{IC}$ ) ASTM dizaynı E 399-83 referansına uygun bulunmuştur. Numuneler (16 x 2 x 2 mm) öncekiyle aynı şekilde hazırlanıp polimerize edilmiştir. Her numuneye bir elmas bıçkı ile 0,3 mm genişlik ve 1 mm derinlikte çentikler açılmıştır. Sonra numuneler 37°C’de fizyolojik sodyum klorid solüsyonu içinde 24 saat bekletilmiştir. 23°C oda sıcaklığında aynı test makinesi kullanılarak numuneler üzerine yük uygulanıp kırma işlemi yapılmıştır. Yük sapma eğrileri kaydedilip mikrometre kullanılarak numunelerin en, boy ve çentik derinliği ölçülmüştür.  $K_{IC}$  aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır :

$$K_{IC} = \frac{3(a/W)^{1/2} [1,99 - a/W(1 - a/W)(2,15 - 3,93a/W + 2,7(a/W)^2)]PS}{2(1 + 2a/W)(1 - a/W)^{3/2} BW^{3/2}}$$

a : Çentik derinliği

P : Uygulanan yük

B : Numune boyu

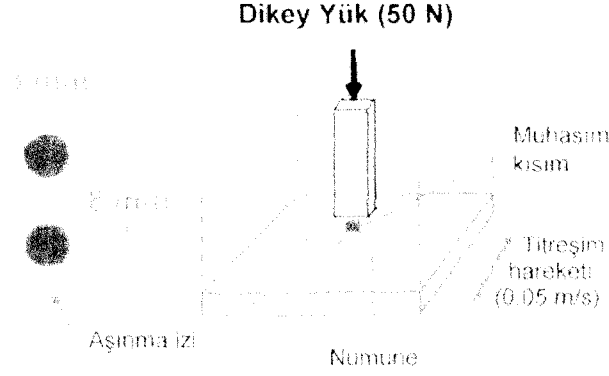
S : Test düzeneğinin destekleri arasındaki mesafe

W : Numune genişliği

Her malzemedan on numune araştırmacılar tarafından silindirik alüminyum kalıplar (9 mm çap, 2 mm derinlik) içine kompozit reçine koyularak hazırlanmıştır. Numune yüzeyleri polimerizasyondan önce şeffaf plastik şerit ile kaplanmıştır. Sonuçta numune yüzeylerinde oksidasyon tabakası oluşumu önlenmiştir. 40 sn. ışıqla sertleştirme işlemine tabi tutulan numuneler sonra 37°C’de fizyolojik sodyum klorid solüsyonu içinde 24 saat bekletilmiştir. Metalurjik yöntemle su altında numune yüzeyleri no. 1200’e kadar olan zımpara kağıtları kullanılarak parlatılmıştır. Her numunede on kez sertlik ölçülerek ortalaması alınmıştır. Sertlik deneyinde 40 sn. süresince 200 gramlık yük uygulayan Vickers ölçüm cihazı kullanılmıştır (HV 0,2/40).

Her numunenin aşınma direnci yorulma simülatörü kullanılarak hesaplanmıştır. Numuneler metal kalıplar (12 x 6 x 2 mm) içinde 180 sn. ışıqla polimerize edilmiştir (ışıqla kaynağı birimi : Dentacolor XS). Yüzeyler 1000 no.’lu SiC kağıdı ile zımparalanıp 37°C’lık fizyolojik sodyum klorid solüsyonu içinde 24 saat bekletilmiştir. Aşınma testi her malzemenin sekiz numunesi için şekil 4.35’te düzeneği verilen cihazda yapılmıştır. Tek yönlü Anova cihazı kullanılarak ortalama ve standart sapmalar analiz edilmiştir.

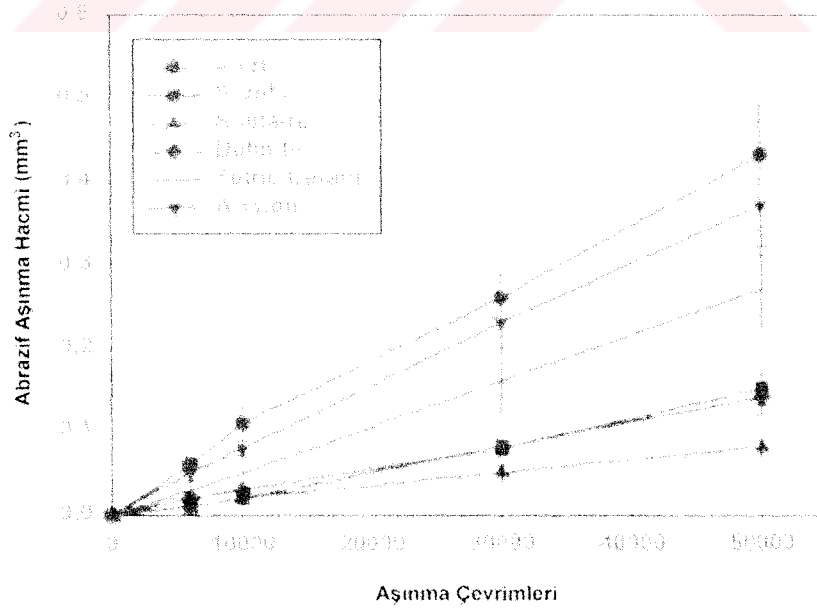




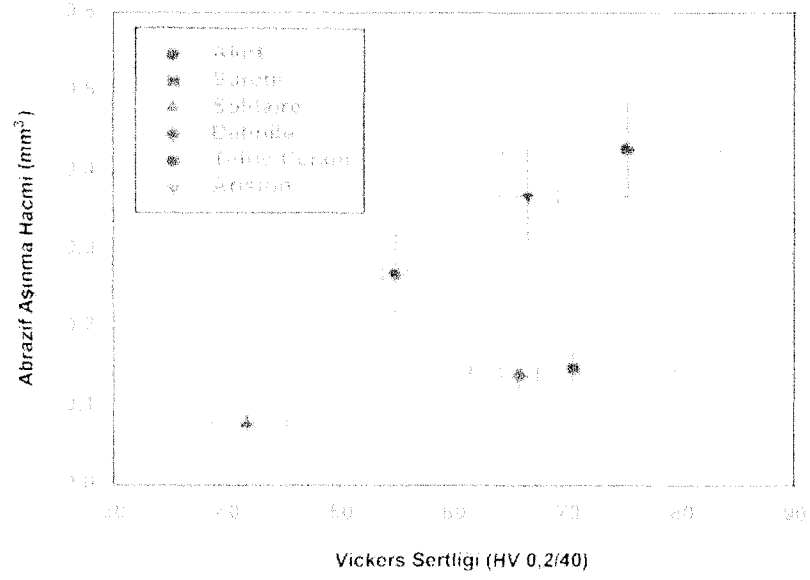
Şekil 4.35 Aşınma testinde kullanılan düzenek (Manhart vd., 2000)

Çizelge 4.7 Çekme dayanımı, elastiklik modülü, kurulma tokluğu, Vickers sertliği (HV 0.2/40) ve ortalama aşınma oranı (OAO). Standart sapma değerleri parantez içindedir (Manhart vd., 2000).

| Kompozit Malzemeler | Çekme Dayanımı (MPa) | Elastiklik Modülü (GPa) | $K_{IC}$ ( $MNm^{-3/2}$ ) | Vickers Sertliği (HV 0.2/40) | OAO $\mu m^3/devir$ |
|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| Alert               | 124,7 (22,1)         | 12,5 (2,1)              | 2,3 (0,2)                 | 75,2 (10,9)                  | 8275                |
| Surefil             | 132,0 (14,3)         | 9,3 (0,9)               | 2,0 (0,2)                 | 70,4 (9,0)                   | 3028                |
| Solitaire           | 81,6 (10,0)          | 4,4 (0,3)               | 1,4 (0,2)                 | 41,7 (3,5)                   | 1591                |
| Definite            | 103,0 (19,9)         | 6,3 (0,9)               | 1,6 (0,3)                 | 65,8 (1,6)                   | 2763                |
| Tetric ceram        | 107,6 (11,4)         | 6,8 (0,5)               | 2,0 (0,1)                 | 54,8 (1,1)                   | 5417                |
| Ariston pHc         | 118,1 (10,5)         | 7,3 (0,8)               | 1,9 (0,2)                 | 66,5 (2,6)                   | 7194                |

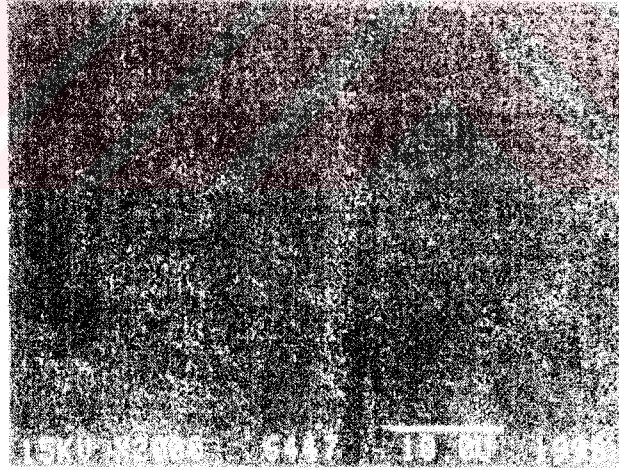


Şekil 4.36 Test edilen kompozit malzemelerin ortalama aşınma hacimleri ve standart sapmaları (Manhart vd., 2000).



Şekil 4.37 Test edilen kompozit malzemelerin Vickers sertlikleri ve 50000 yük çevrimi altındaki ortalama aşınma hacimleri (Manhart vd., 2000).

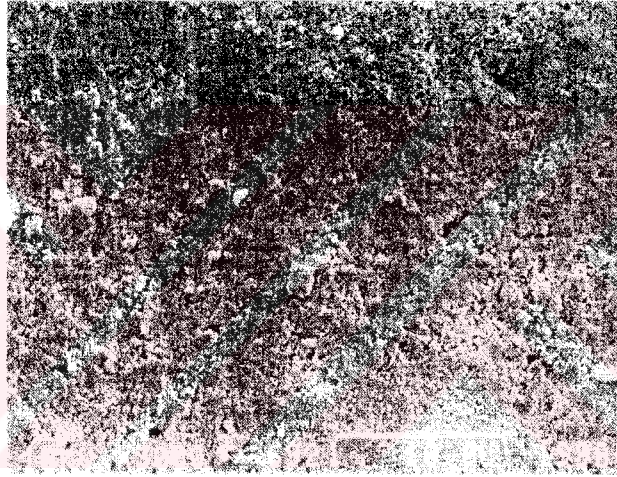
Araştırmacılar SEM cihazı kullanarak kompozit malzemelerdeki dolgu morfolojisi ve aşınma etkilerini ortaya çıkarmışlardır.



Şekil 4.38 Aşınma simulatöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Solitaire'in düzgün yüzey aşınma izleri (SEM) (Manhart vd., 2000).



Şekil 4.39 Aşınma simulatöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Surefil'in yüzeyinde küçük boyutlarda asılı dolgu partikülleri görülmekte (SEM) (Manhart vd., 2000).



Şekil 4.40 Aşınma simulatöründe 50000 yük çevrimine maruz kalmış Tetric ceram malzemenin yüzeyinde asılı dolgu partikülleri (SEM) (Manhart vd., 2000).

Işıkla sertleştirilen kompozit reçineler genellikle inorganik dolgu partikülleri, organik reçine matris ve organik silan bileşenlerinden meydana gelmektedir. İnorganik dolgu partikülleri ortalama  $0,7 - 1,5 \mu\text{m}$  büyüklüğündeki cam ve kuvarz partikülleridir. Yüksek molekül ağırlıklı dimetakrilatlar (Bis-GMA, UDMA) ve düşük viskoziteli dimetakrilatlar (TEGDMA) organik reçine matrisin bileşenleridir. Organik silan (3-metakriloloksi-propil-trimetoksilan) reçine matris ve inorganik partiküller arasında bağ oluşumunu sağlamak için kullanılmaktadır (Hickel vd., 1998). Dolgu miktarı, dolgu büyüklüğü ve dolgu partiküllerinin dağılımı kompozit reçinenin mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Kompozit reçinenin dolgu hacmi ve miktarı malzemenin dayanım, elastik modül ve kırılma tokluğu değerleri ile bağlantılıdır. Kırılma tokluğu, uygulanan bir yük altında çatlakların oluşumuna karşı kırılma malzemelerin direncini tanımlamaktadır. Kırılma tokluğu plastik deformasyonda harcanan

enerjiye orantılıdır ve çatlak oluşumuna karşı malzemenin direnç kabiliyetini sağlar. Restoratif malzemelerde dolgu partikülleri kırılma tokluğunu önemli derecede artırır (St. Germain vd., 1985).

#### 4.7 Porselen Yüzeye Dağlama İşleminin Etkisi

Tez çalışması kapsamında yapılan bu deneysel çalışmada, ince taneli ve düşük erime sıcaklığına sahip diş porseleni (Finesse™, Dentsply, USA), silan arafazı (Silane™, Pulpdent Corp., USA), iki çeşit kompozit reçine (AdmiraFlow™, Voco, Germany ve Tetric Flow™, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), iki çeşit yapıştırıcı arafaz (AdmiraBond™, Voco, Germany ve Excile™, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) ve asit (Finesse All-Ceramic™, Dentsply, USA) kullanıldı.

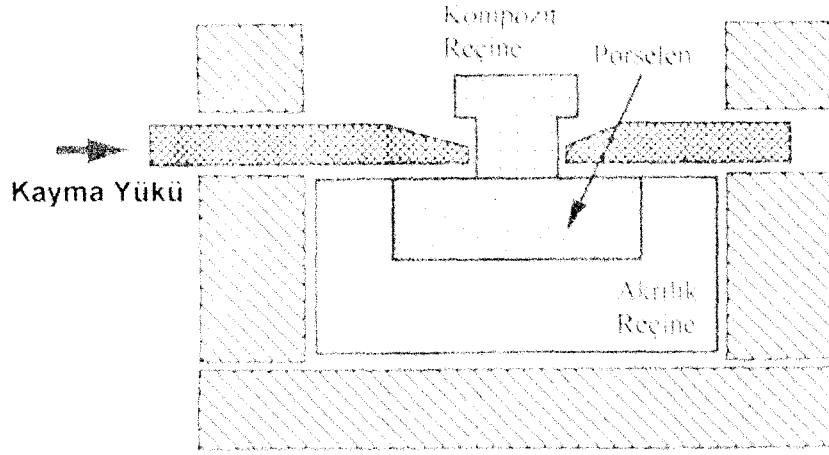
Porselen numuneler metalik kalıplar (10mm x 3mm) içinde porselen fırınında pişirildi. Kalıplardan çıkarılan porselen numuneler, akrilik reçine içersine gömüldü. Numune yüzeyleri, 600 No.'lu SiC<sub>2</sub> kağıt ile parlatma işlemine tabi tutuldu. Porselen numuneler kullanılan kompozit reçineye göre iki gruba ayrılmıştır. Porselen numuneler %9,6 HF asit ile 120 sn. dağlandı. Numuneler su ile 30 sn. temizlendikten sonra açık havada 20 sn. kurutuldu. 20 sn. süresince porselen yüzeylere fırça yardımıyla silan arafazı uygulandı ve ardından 10 sn. hava akımı ile kurutuldu. İki farklı gruptaki porselen numunelerin yüzeylerine, iki farklı yapıştırıcı arafaz (bonding agent) uygulandı (Çizelge 4.7)

Çizelge 4.7 Kullanılan kompozit reçineler ve yapıştırıcı arafazları

| Kompozit Reçine | Yapıştırıcı Arafaz | Silan Arafazı |
|-----------------|--------------------|---------------|
| AdmiraFlow™     | AdmiraBond™        | Silane™       |
| Tetric Flow™    | Excile™            | Silane™       |

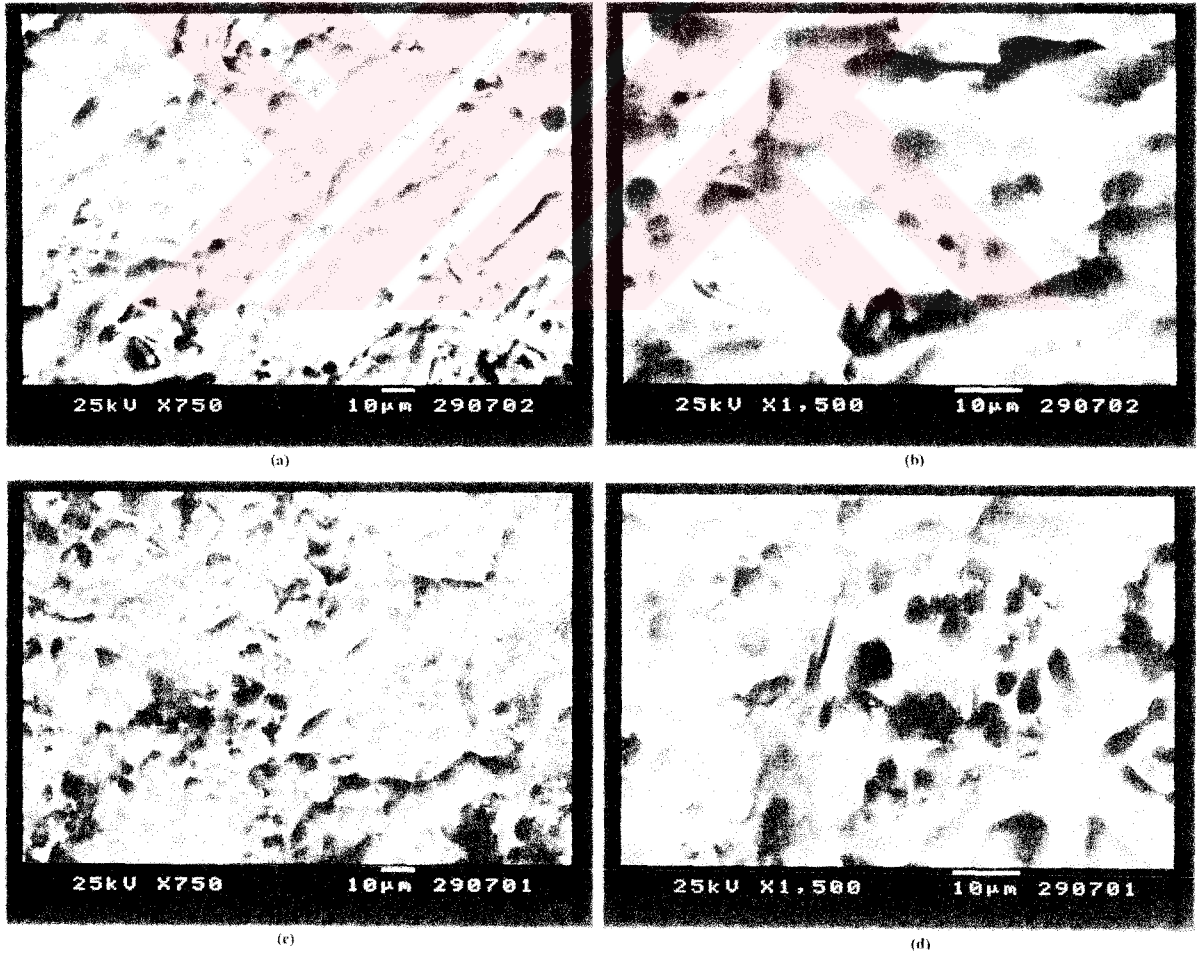
Porselen yüzeylere jelatin kapsül (3,2 mm x 2 mm) yerleştirilerek içersine kompozit reçineler ilave edilip 40 sn. ışıkla polimerize edildi (HiLux™, 650 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücü). Jelatin kapsüller polimerizasyon işleminden sonra porselen yüzeylerden kaldırıldı. Numuneler, kayma dayanımları hesaplanmadan önce bir gün süresince 37°C'de durgun su içinde muhafaza edildi. Kayma bağ dayanımı, 0,5 mm/dk çapraz hıza sahip cihaz (AMSLER™ 2 KN Tensometer, Alfred J Amsler & Co., Switzerland) kullanılarak saptandı (Şekil 4.41). SEM cihazı (JEOL™ JSM 5410 LV, 25 kV) ile porselen yüzeyleri görüntülendi.





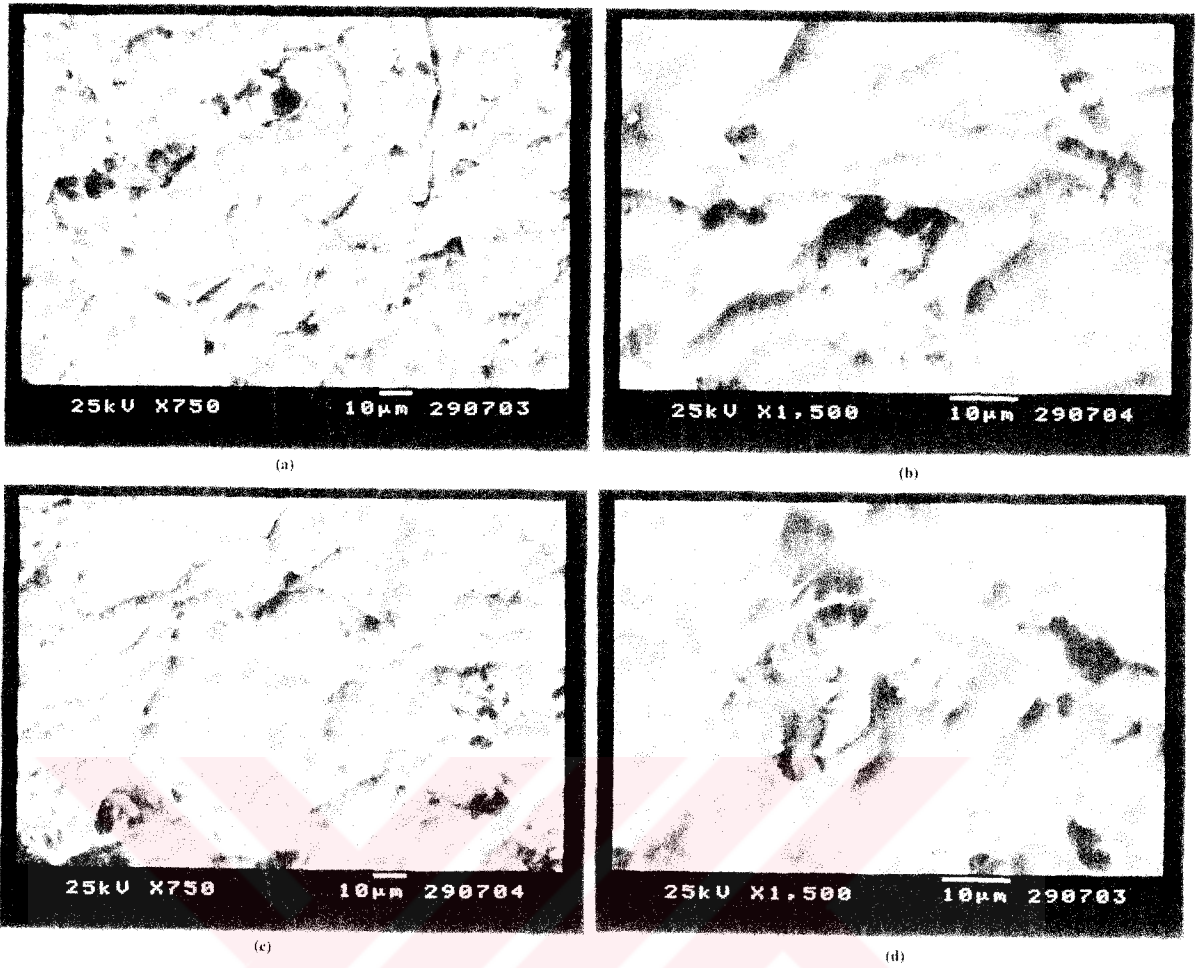
Şekil 4.41 Deneysel çalışmada kullanılan düzeneğin şekilsel gösterimi

Şekil 4.42’de HF asit ile dağlanmış porselen yüzeylere tetrik seran kompozit reçine uygulandıktan sonra kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrografları görülmektedir.



Şekil 4.42 Kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrografları (tetrik seran).





Şekil 4.43 Kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrografları (admira).

Şekil 4.43'te ise admira reçine uygulandıktan sonra kayma deneyi sonucunda elde edilen SEM mikrografları görülmektedir. Her iki şekilde de porselen yüzeyden kopmuş parçacıkların yerinde yer yer porozite boşluklar mevcuttur. Bazı kısımlarda kompozit reçine kalıntıları görülmektedir. Admira kompozit kullanılan porselen yüzeylerde porozite boşlukları daha sık görülmektedir. Buna rağmen SEM mikrografları benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.8 Asitle dağlanmış yüzeylerin kayma bağ dayanımı sonuçları

| Asitle<br>Dağlama | Admira                 |                                               |           | Tetrik Seram           |                                               |           |
|-------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------|
|                   | Kırılma<br>Yükü (kg/f) | Kırılma<br>Yükü x<br>yüzey (mm <sup>2</sup> ) | MPa       | Kırılma<br>Yükü (kg/f) | Kırılma<br>Yükü x<br>yüzey (mm <sup>2</sup> ) | MPa       |
|                   | 3,55±2,06              | 0,52±0,30                                     | 4,90±2,84 | 4,84±1,35              | 0,50±0,32                                     | 4,37±3,42 |
|                   | 3,57±2,09              | 0,54±0,33                                     | 4,92±2,86 | 4,86±1,38              | 0,53±0,34                                     | 4,99±3,45 |

Eldeki verilere göre yüzeyleri HF asit ile pürüzlendirilmiş porselen numunelerde her iki kompozit yapıştırıcı birbirine yakın kayma bağ dayanımı sağlamıştır.

Diğer çalışmalardan elde edilen bulgulara göre travma veya yorulma gibi değişik sebeplerden diş porselenleri hasar görmektedir. Diş restorasyonu ağız içinden çıkarılmadan porselenin kırık kısmı kompozit reçineler ile yapıştırıcı arafazları (bonding agent) kullanılarak onarılmaktadır. Porselen yüzeylerde pürüzlülük bir takım yöntemlerle sağlanır (zımparalama-parlatma, kum püskürtme, asitle dağlama, vb.). Silan arafazı ile yüzeyde daha iyi mekanik kilitlenme sağlanır. Silanizasyon işleminin seramik yüzey ve kompozit reçine arasında kovalent bağ oluşumuna katkıda bulunduğu düşünülmektedir. HF asit klinik uygulamalarda dikkatli kullanılmalıdır. Ultrasonik yöntemle temizlenmeyen porselen yüzeylerde artık asit kaldığı tespit edilmiştir.



## 5. SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda seramik malzemenin diş porseleni üretimi ve imalatında gerekli koşul ve yöntemlerine değinilmiştir. Yapıştırma simanları olarak kompozit yapıştırıcıların önemi vurgulanmıştır.

Tez çalışması sonucunda dental malzemelerin araştırılmasında kullanılan deneysel çalışmalar esas alınarak HF asit ile dağlanan diş porseleni yüzeyinde pürüzlülük elde edilmiştir. Yapıştırma sistemlerinde porselen yüzeyindeki pürüzlülüğün bağ dayanımını arttırdığı saptanmıştır.

Diş restorasyonlarında porselen estetik bir görünüm sağladığı için tercih edilmektedir. Porselen dişlerde kırılma, aşınma, çatlak gibi hasarlar zamanla oluşabilmektedir. Diş restorasyonunun tamamını ağız içinden çıkararak yenilemek yerine, porselen dişin madde kaybı olan kısımlarında kompozit reçineler dolgu malzemesi olarak kullanılır. Sonuçta tedavi masrafları azalmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Aida, M., vd., (1995), "Adhezion of Composite Porcelain with Various Surface Conditions", J. Prosthetic Dentistry, 73:464.
- Akaltan, F., (2002), "Yapıştırma Simanları", Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi, 71:58-62.
- Akın, E., (1983), Diş Hekimliğinde Porselen, İstanbul Ü. Diş Hekimliği F. Yayınları, İstanbul.
- Al-Edris, Al B., vd., (1990), "SEM Evaluation of Etch Patterns by Three Etchants on Three Porcelain", J. Prosthet. Dent., 64.
- Alexandre, M. ve Sinforeti, C., (2001), "Influence of Loading Types on the Shear Strength of the Dentin – Resin Interface Bonding", J. Materials Science, 12:39-44.
- Appeldoorn, R. E., vd., (1993), "Bond Strength of Composite Resin to Porcelain with Newer Generation Porcelain Repair Systems", J. Prosthet. Dent., 70.
- Barreiro M. M., vd., (1989), "Phase Identification in Dental Porcelains Ceramo-Metalic Restorations", Dent. Mat., 5:51.
- Berry, T., vd., (1999), "Effect of Water Storage on the Silanization in Porcelain Repair Strength", J. Oral Rehabilitation, 26:459-463.
- Burleson, M., (2001), The Ceramic Glaze Handbook, Lark Books, USA.
- Canay, Ş., vd., (2001), "Effect of different acid treatments on a porcelain surface", J. Oral Rehabilitation, 28:95-101.
- Claus, H., (1980), "The Structural Bases of Dental Porcelain", Dental Labour, 10:180.
- Craig, R. E. ve Ward, M. L., (1996), Restoratif Dental Materials, Dept. Biologic and Material Sciences, Univ. of Michigan School of Dentistry, Michigan.
- Craig, R. G. ve Payton, F. A., (1975), Restorative Dental Materials, C.V. Mosby Company, USA.
- Çehreli, Z. C., (2002), "Cam İyonomer Simanların Uygulama Yöntemleri", Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi, 71:56-57.
- Dayargaç, B., (2000), Kompozit Rezin Restorasyonlar, Hacettepe Ü. Diş Hekimliği F. Konservatif Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara.
- Diaz-Arnold A.M., vd., (1999), "Current Status of Luting Agents for Fixed Prosthodontics", J. Prosthetic Dentistry, 81:135-140.
- Dong J.K., vd., (1992), "Heat Pressed Ceramics Technology and Strength", Int. J. Prosthodont 5:9.
- DPT, (2001), 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu : Toprak Sanayii Hammaddeleri I, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Demak, (2001), Ceramco 3 Kullanma Klavuzu, Demak Diş Malzemeleri Şti., Ankara.



- El-Mowafy, vd., (1999), "Hardening of New Resin Cements Cured Through a Ceramic Inley", *Oper. Dent.*, 24:38-44.
- Ersöz, E., (2002), "Cam İyonomer Simanların Sınıflandırılması", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:52-54.
- Eskitaşoğlu, G., vd., (2002), "Metal Destekli Seramikler", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:64-67.
- Evans D. B., vd., (1990), "The Influence of Condensation Method on Porosity and Shade of Body Porcelain", *J. Prosthetic Dent.* 68:380.
- Gemalmaz, D., (2002), 4. Sınıf Protez Ders Notları, Marmara Ü. Sağlık Bil. Ens. Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Gladwin M. ve Bayby M., (2000), *Clinical Aspects of Dental Materials*, Walters Kluwer Co., Philadelphia.
- Görker, T., (1984), *Ağız Protezlerinde Laboratuvar*, İstanbul.
- Gragory W.A. ve Moss S.M., (1990), "Effects of Heterogeneous Layer of Composite and Time on Composite Repair of Porcelain", *Operative Dentistry*, 15:18.
- Hickel R., vd., (1998), "New Direct Restorative Materials", *Int. Dent. J.*, 48:3-16.
- Hockin H. K. Xu, vd., (2000), "Whisker-reinforced Dental Core Buildup Composites : Effect of Filler Level on Mechanical Properties", 52:812-818.
- Hondrum S.O., (1992), "A Review of the Strength Properties of Dental Ceramics", *J. Prosthetic Dentistry*, 67:859.
- İnan, A., (2002), "Günümüzde Amalgam", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:34-36.
- Jardel, V., vd., (1999), "Correlation of Topography to Bond Strength of Etched Ceramic", *Int. J. Prosthodont.*, 12.
- Kasapoğlu, Ç. Ç., (1999), Farklı Materyallerden Yapılmış Lamina Veneer Restorasyonların Marjinal Uyumunun Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Ü. Sağlık Bil. Ens. Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı (yayınlanmamış).
- Kato, H., vd., (1996), "Bond Strength and Durability of Porcelain Bonding Systems", *J. Prosthet. Dent.*, 75.
- Kedici, P. S., (2002), "Tam Seramikler", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:78-81.
- Koray, F., (2002), "Kompozitin Ön Dişlerde Kullanımı", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:16-23.
- Manhart, J., vd., (2000), "Mechanical Properties of New Composite Restorative Materials". *J Biomed. Mat. Res.* 53:353-361.
- Manhart J., Kunzelman K. H., Chen H. Y. ve Hickel, R., (2000), "Mechanical Properties and Wear Behaviour of Light Cured Packable Resins", *Dent. Mat.*, 16:33-40.
- McLean, J. W., (2001), "Evolution of Dental Ceramics in the Twentieth Century", *J. Prosthet Dent.*, 85:61-66

- Mitchell C. A., vd., (1999), "Fracture Toughness of Conventional Resin – Modified Glass – Ionomer and Composite Luting Cements", *Dent. Material*, 15:7-13.
- Mormann W.H., vd., (1990), "CAD-CAM Ceramic Inleys and Onleys : A Case Report After 8 Years in Place", *J. American Dent. Assoc.*, 120:517
- Nagarajan V.S., vd., (2000), "Contact Wear Mechanisms of a Dental Composite with High Filler Content", *J Material Science*, 35:487-496.
- Nayır, E. H., (1982), *Çeşitli Kompozitlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, İstanbul Ü. Diş Hekimliği F. Maddeler Bilgisi Birimi (yayımlanmamış).*
- Okamoto A., vd., (1993), "Direct Observation of In Vivo Wear of Composite Resins", *Dent. Mat. J.*, 12.
- Önal, B. , (2002), "Kompozit inleyler" *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71:28-30.
- Özkan, T. O., (1995), *Seramik ve Refrakter Malzeme ve Üretimi, Ders Notları, İstanbul Ü. Metalurji Müh. F., İstanbul.*
- Öztürk, Ö., vd., (2000), "Kompozit Resin Esaslı Yapıştırma Simanları ve Adeziv Simantasyon Tekniği", *Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi*, 71 : 32-39.
- Pamuk, S., (2000), *Sabit Protezler, Marmara Ü. Sağlık Bilimleri Ens. Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, İstanbul.*
- Rosenblum, M. A., vd., (1997), "A Review of All-Ceramic Restorations". *Jrnl. American Dental Association*, 128:297.
- Sali, S., (1999), *PMMA Dental Kaide Malzemesinin Cam Fiber Destekleri İle Mekanik Özelliklerindeki Artışların İncelenmesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).*
- Shahverdi, S., vd., (1998), "Effects of Different Surface Treatment Methods on the Bond Strength of Composite Resin to Porcelain". *J. Oral Rehabilitation*, 25:699-705.
- Sheth, J., Jensen M. ve Tolliver, D., (1988), "Effect of Etched Porcelain Bond Strength to Enamel", *Dent. Mater.*, 4.
- Singer, F. ve Singer, S. S., (1963) *Industrial ceramics, Chapman & Hall Ltd, London.*
- Stangel J., vd., (1987), "Shear Strength of the Composite Bond to Etched Porcelain", *J. Dental Research*, 66:1460.
- St Germain, H., vd., (1985), "Effect of Filler Content and Size on Properties of Composites", *J Dent Res*, 64:155-160.
- St. John, M. D., (1980), "The Structural Bases of Porcelain", *Dental Labor*, 10.
- Tarçın, B., (2000), *İnley ve Onley Restorasyonlar, Seminer Notları, Marmara Ü. Sağlık Bilimleri Ens. Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul.*
- Tylka D.F., Stewart G.P., (1994), "Comparison of Articulated Phosphate Fluoride Gel and Acid Etchants for Porcelain – Composite Repair", *J. Prosthetic Dentistry*, 72:121.

Üçtaşlı, S. vd., (2002), “Bölümlü Metal Desteksiz Seramikler : 1. İndirekt Veneer Restorasyonlar 2. İndirekt İnley/Onley Restorasyonlar”, Türk Diş Hekimleri Birliği Dergisi, 71:68-77.

Umut, M., (2001), Biyomalzemeler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).

Uygun, N. D., (1993), Porselen Lamina Veneerler ile Kompozit Resin Arasındaki Tutunmada Hidroflorik Asit Solüsyonu, Silan Bağlantı Ajanı ve Tükürüğün Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).

Ünal, A., (2002), Biyomedikal Malzemeler Ders Notları, YTÜ Kimya-Metalurji F. Metalurji ve Malzeme Müh., İstanbul.

Weigl, P., vd., (2000), “Advanced Biomaterials for a New Telescopic Retainer for Removable Dentures : Ceramic vs. Electroplated Gold Copings : Part II, Clinical Effects”, J Biomedical Material Research, 53:337-347.

Yılmaz, S., (1992), Alumina İçeren Seramik Kompozitlerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bil. Ens. (yayımlanmamış).

Yücel, T., (1991), Konservatif Diş Tedavisinde Kompozit Materyallerin Sınıflandırılması, Restoratif Diş Hekimliği Yayını, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

|               |            |                                                                                                              |
|---------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi  | 27.12.1973 |                                                                                                              |
| Doğum yeri    | İstanbul   |                                                                                                              |
| Lise          | 1990-1992  | Şehit Mehmet Gönenç Lisesi                                                                                   |
| Lisans        | 1993-1997  | İstanbul Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Bölümü                                                          |
| Yüksek Lisans | 2001-2003  | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, Malzeme Programı |

## Çalıştığı kurumlar

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 1998 | Dökme Demir Sanayi A.Ş. |
|------|-------------------------|

