



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FARKLI YÜZEY ÖZELLİKLERİNE SAHİP ZİRKONYUM
OKSİT VE FARKLI FABRİKASYON YÖNTEMLERİ İLE
ÜRETİLEN VENEER SERAMİKLERİ ARASINDAKİ
BAĞLANTI DİRENCİNİN FİZİK YETERLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ece YÜKSEL

**PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali ZAIMOĞLU

2011 – ANKARA

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI YÜZEY ÖZELLİKLERİNE SAHİP ZİRKONYUM
OKSİT VE FARKLI FABRİKASYON YÖNTEMLERİ İLE
ÜRETİLEN VENEER SERAMİKLERİ ARASINDAKİ
BAĞLANTI DİRENCİNİN FİZİK YETERLİLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ece YÜKSEL

**PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali ZAIMOĞLU

**Bu tez Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından
09B3334005 proje numarası ile desteklenmiştir.**

2011 – ANKARA

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde
yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 03/08/2011

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Ali ZAIMOĞLU

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri

Prof. Dr. Bengül YURDUKORU

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri

Prof. Dr. Erdal ŞAHİN

Hacettepe Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri

Prof. Dr. Ufuk HASANREİSOĞLU

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri

Prof. Dr. Yavuz BURGAZ

Gazi Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
İçindekiler	iii
Önsöz	vii
Simgeler ve Kısaltmalar	viii
Şekiller	x
Çizelgeler	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tam Seramiklerin Tarihsel Gelişimi	2
1.2. Tam Seramiklerin Sınıflandırılması	3
1.2.1. Cam seramikler (Predominantly glass)	5
1.2.2. Doldurucu içeren cam seramikler (Particle-filled glass)	6
1.2.3. Polikristalin seramikler (Polycrystalline)	6
1.3. Zirkonyum Oksit (ZrO_2)	7
1.4. Zirkonyum Oksitin Mikroyapısal Özellikleri	8
1.5. Tetragonal Fazın Stabilizasyonu	9
1.5.1. Yitrium Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali (Y-TZP)	10
1.5.2. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alumina (ZTA)	11
1.5.3. Magnezyum İlave Edilmiş Kısmen Stabilize Zirkonya (Mg-PSZ)	12
1.6. Dönüşüm Sertleşmesi	13
1.7. Zirkonyum Oksitin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	14
1.8. Zirkonyum Oksitin Yaşlanması ve Düşük Sıcaklık Bozulması	15
1.9. Renkli Zirkonyum Oksit	17
1.10. Zirkonyum Oksit Altyapılar Üzerine Uygulanan Veneer Seramikleri	18

1.11.	Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantı Mekanizması	20
1.11.1.	Termal Uyumsuzluklar	21
1.11.2.	Rezidüel stresler	22
1.11.3.	Nem Varlığı	22
1.11.4.	Veneer Seramiğin Direnci	23
1.11.5.	Zirkonya Altyapısının Anatomik Olarak Yetersiz Şekillendirilmesi	24
1.11.6.	Kimyasal Bağlantı	24
1.11.7.	Mekanik Kilitlenme	25
1.11.8.	Yapısal Kusurlar	25
1.11.9.	Faz Dönüşümü	26
1.12.	Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikler Arasındaki Bağlantı Direncini Arttırmaya Yönelik Uygulanan Yüzey İşlemleri	27
1.12.1.	Kumlama	27
1.12.2.	Tribokimyasal Silika Kaplama	28
1.13.	Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantı Direncinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Test Yöntemleri	30
1.13.1.	Mikrogerilim Bağlantı Testi	30
1.13.2.	Makaslama Bağlantı Testi	31
1.14.	Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Kırık Yüzeyini Analiz Yöntemleri	32
1.14.1.	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscobe, SEM)	32
1.14.2.	X Işını Floresan Spektroskopisi (X Ray Fluorescence Spectroscopy, XRF)	33
2.	GEREÇ VE YÖNTEM	34
2.1.	Araştırmada Kullanılan Materyaller	34
2.2.	Makaslama Bağlantı Test Örneklerinin Hazırlanması	36

2.2.1.	Beyaz Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması	36
2.2.2.	Renkli Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması	38
2.2.3.	Mekanik Retansiyonu Arttırıcı Yüzey İşlemleri	38
2.2.3.1.	Kumlama	39
2.2.3.2.	Tribokimyasal Silika Kaplama	39
2.2.4.	Zirkonyum Oksit Altyapıların Veneer Porselenleri ile Kaplanması	40
2.2.4.1.	Tabakalama Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması	41
2.2.4.2.	Presleme Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması	42
2.2.5.	Makaslama Bağlantı Testinin Uygulanması	45
2.3.	Mikrogerilim Bağlantı Test Örneklerinin Hazırlanması	47
2.3.1.	Beyaz Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması	47
2.3.2.	Renkli Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması	47
2.3.3.	Mekanik Retansiyonu Arttırıcı Yüzey İşlemleri	47
2.3.4.	Zirkonyum Oksit Altyapıların Veneer Porselenleri ile Kaplanması	48
2.3.4.1.	Tabakalama Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması	49
2.3.4.2.	Presleme Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması	49
2.3.5.	Mikrogerilim Bağlantı Testinin Uygulanması	50
2.4.	Örneklerin Kopma Yüzeylerinin İncelenmesi	52
2.5.	İstatistiksel Analiz	53
3.	BULGULAR	55
3.1.	Makaslama Test Bulguları	55
3.1.1.	Makaslama Test Örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve X Işını Floresan Spektroskopisi (XRF) Analizleri	60
3.2.	Mikrogerilim Bağlantı Test Bulguları	69

3.2.1.	Mikrogerilim Bağlantı Test Örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve X Işını Floresan Spektroskopi (XRF) Analizleri	76
4.	TARTIŞMA	85
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	111
	ÖZET	114
	SUMMARY	115
	KAYNAKLAR	116
	ÖZGEÇMİŞ	124

ÖNSÖZ

Protetik diş tedavisinde günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahip olan zirkonya altyapılar ve estetik veneer seramikleri arasındaki bağlantı mekanizmasına ışık tutmak ve bu bağlantıyı güçlendirmek amacıyla gerçekleştirmiş olduğum tez çalışmamın her aşamasında katkılarını esirgemeyen, doktora eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini sabırla bana aktaran ve bugünlere gelmemi sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ali Zaimoğlu'na,

Doktora eğitimim süresince mesleki birikimlerinden yararlandığım anabilim dalımızdaki tüm değerli hocalarıma,

Birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum sevgili asistan arkadaşlarıma,

Tez projemin gerçekleşmesi için maddi destek sağlayan Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'ne

Doktora eğitimim boyunca bana maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na,

Tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen, sabırlı ve anlayışlı annem, babam ve ablama,

Canım arkadaşım Bertan Kıran'a,

Doktora eğitimim boyunca sevgisi, sabrı ve desteği ile yanımda olan nişanlım Ata Devrim Çağlayan'a,

SONSUZ TEŞEKKÜRLER...

SİMGELER VE KISALTMALAR

Al_2O_3	Aluminyum oksit
ANOVA	Varyans analizi (Analyses of variance)
$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Mullit
BiO	Bizmut oksit
c	Kübik faz
$^{\circ} C$	Santigrat derece
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CaO	Kalsiyum oksit
Ca-PSZ	Kalsiyum katyonu ilave edilmiş kısmen stabilize zirkonya
CeO	Seryum oksit
CeO_2	Seryum oksit
cm	Santimetre
dak	Dakika
FeO	Demir oksit
GPa	Elastik modülüs
gr	Gram
g/cm^3	Yoğunluk
HV	Vickers sertliği
K	Termal genleşme katsayısı
$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	Potasyum alumina silikat
La_2O_3	Lantanyum oksit
m	monoklinik faz
μ	Mikron
MgO	Magnezyum oksit
Mg-PSZ	Magnezyum katyonu ilave edilmiş kısmen stabilize zirkonya
μm	Mikrometre

mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
MPa	Megapaskal
MPa m ^{1/2}	Kırılma dayanımı
nm	Nanometre
O ₂	Oksijen
-OH	Hidroksil
S	Saniye
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
sd	Serbestlik derecesi
SiO ₂	Silisyum oksit
t	Tetragonal faz
ThO ₂	Toryum oksit
t-m	Tetragonal-monoklinik faz transformasyonu
W m K ⁻¹	Termal iletkenlik
wt	Weigth
XRF	X ışını floresan spektroskopisi
Y ⁺³	Yitriyum katyonu
Y ₂ O ₃	Yitriyum oksit
Y(OH) ₃	Yitriyum hidroksit
Y-PSZ	Yitriyum katyonu ilave edilmiş kısmen stabilize zirkonya
Y-TZP	Yitriyum katyonu ilave edilmiş tetragonal zirkonyum polikristalleri
Zr	Zirkonyum
Zr ⁺⁴	Zirkonyum katyonu
ZrO ₂	Zirkonyum oksit
ZrO ⁺²	Zirkonil tuzu
ZrO ₃	Zirkonat
ZrSiO ₄	Zirkonyum silikat
ZTA	Zirkonya ile güçlendirilmiş alumina
ZTM	Zirkonya ile güçlendirilmiş mullit

ŞEKİLLER

Şekil 1.1.	Üretim tekniklerine göre tam seramik sistemlerde kullanılan seramik türleri ve bu seramiklerin kristalin içerikleri	4
Şekil 1.2.	Tribokimyasal silika kaplama işlemi	29
Şekil 2.1.	Vita In-Ceram YZ disk	36
Şekil 2.2.	Hassas kesim cihazının yerleştirilmiş zirkonyum oksit disk	37
Şekil 2.3.	Elde edilen dikdörtgen şeklinde örnekler	37
Şekil 2.4.	MIHM-VOGT sinterleme fırını	37
Şekil 2.5.	YZ Coloring Liquid renklendirme solüsyonu	38
Şekil 2.6.	Beyaz ve renklendirilmiş örnekler	38
Şekil 2.7.	Combilabor CL-FSG3 Kuşlama Cihazı	39
Şekil 2.8.	Rocatec Pre aşındırma materyali	39
Şekil 2.9.	Rocatec Junior Silika Kaplama Modülü	40
Şekil 2.10.	Rocatec Plus aşındırıcı kaplama materyali	40
Şekil 2.11.	Örnek hazırlamada kullanılan metal kalıp	41
Şekil 2.12.	Fırınlanmamış örnekler	42
Şekil 2.13.	Fırınlanmış örnekler	42
Şekil 2.14.	Modelajı tamamlanmış ve tijlenmiş örnekler	43
Şekil 2.15.	Manşet içerisine sabitlenen örnekler	43
Şekil 2.16.	Manşet içerisine revetman dökümü	43
Şekil 2.17.	Ön ısıtma fırınında bulunan revetmanlar	44
Şekil 2.18.	Multimat Touch & Press presleme fırını	44
Şekil 2.19.	Fırın içerisine yerleştirilmiş revetman manşet	44
Şekil 2.20.	Presleme işlemi sonrası örnekler	45
Şekil 2.21.	Çelik plakaya sabitlenmiş örnekler	46
Şekil 2.22.	Makaslama bağlantı test cihazına sabitlenen örnekler	46
Şekil 2.23.	Makaslama bağlantı testinin uygulandığı örnekler	46
Şekil 2.24.	Kare şeklinde hazırlanan örnekler	47
Şekil 2.25.	Tabaka seramiği uygulanmış örnek	49
Şekil 2.26.	Mum modelajı yapılmış örnek	50

Şekil 2.27.	Preslenen seramik uygulanmış örnek	50
Şekil 2.28.	Akrilik rezin blok içerisine gömülmüş örnekler	50
Şekil 2.30.	Hassas kesim cihazına sabitlenmiş örnek	50
Şekil 2.30.	Mikrobarlara ayrılan örnek	51
Şekil 2.31.	Elde edilen mikrobar örneği	51
Şekil 2.32.	Mikrogerilim test cihazı	52
Şekil 2.33.	Tablaya sabitlenmiş mikrobar	52
Şekil 2.34.	Taramalı Elektron Mikroskobu	53
Şekil 2.35.	Altınla kaplanmış örnekler	53
Şekil 3.1.	Makaslama bağlantı kuvvet değerlerinin şeması	57
Şekil 3.2.	Zirkonyum oksit altyapıların renginin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi	58
Şekil 3.3.	Yüzey işlemlerinin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi	59
Şekil 3.4.	Veneer seramiği uygulama yöntemlerinin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi	60
Şekil 3.5	1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	61
Şekil 3.6.	1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	61
Şekil 3.7.	2. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	62
Şekil 3.8.	2. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	62
Şekil 3.9.	3. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	63
Şekil 3.10.	3. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	63
Şekil 3.11.	4. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	64
Şekil 3.12.	4. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	64
Şekil 3.13.	Şekil 3.12'de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	65
Şekil 3.14.	5. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	66
Şekil 3.15.	5. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	66
Şekil 3.16.	6. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	66
Şekil 3.17.	6. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	66
Şekil 3.18.	7. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	67
Şekil 3.19.	7. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	67
Şekil 3.20.	8. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüleri	68

Şekil 3.21.	8. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüleri	68
Şekil 3.22.	Şekil 3.21'de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	69
Şekil 3.23.	Mikrogerilim bağlantı kuvvet değerlerinin şeması	74
Şekil 3.24.	Zirkonyum oksit altyapıların renginin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi	74
Şekil 3.25.	Yüzey işlemlerinin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi	75
Şekil 3.26.	Veneer seramiği uygulama yöntemlerinin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi	76
Şekil 3.27.	1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	77
Şekil 3.28.	1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	77
Şekil 3.29.	2.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	78
Şekil 3.30.	2.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	78
Şekil 3.31.	Şekil 3.30'da 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	78
Şekil 3.32.	Şekil 3.30'da 2 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	79
Şekil 3.33.	3.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü ve açığa çıkan zirkonyum oksit yüzeyi	79
Şekil 3.34.	3.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü ve açığa çıkan zirkonyum oksit yüzeyi	79
Şekil 3.35.	4.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	80
Şekil 3.36.	Şekil 3.35'te 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	81
Şekil 3.37.	5.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	82
Şekil 3.38.	5.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	82
Şekil 3.39.	Şekil 3.38'de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	82
Şekil 3.40.	Şekil 3.38'de 2 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi	82
Şekil 3.41.	6.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	83
Şekil 3.42.	6.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	83
Şekil 3.43.	7.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	84
Şekil 3.44.	7.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	84
Şekil 3.45.	8.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	84
Şekil 3.46.	8.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü	84

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. Kimyasal kompozisyonlarına dental seramikler	5
Çizelge 1.2. Polikristalin seramiklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini	14
Çizelge 2.1. Araştırmada kullanılan materyal ve cihazlar	35
Çizelge 2.2. Deney gruplarında kullanılan zirkonya çeşitleri, yüzey işlemleri ve veneer porselenleri	36
Çizelge 2.3. Zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri	39
Çizelge 2.4. Örnek sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer seramikleri	41
Çizelge 2.5. Vita VM9 Base Dentine için pişirme ısıları ve süreleri	42
Çizelge 2.6. Vita PM9 için pişirme ısıları, basınç ve süreleri	
Çizelge 2.7. Zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri	48
Çizelge 2.8. Örnekler sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer seramikleri	48
Çizelge 3.1. Beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçları	55
Çizelge 3.2. Renkli zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçları	56
Çizelge 3.3. Renkli ve beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçlarının genel toplamı	56
Çizelge 3.4. Makaslama Testi Sonuçları Üzerinde Çok Yönlü Varyans Analizine Göre Varyasyon Kaynaklarının Etkileri	58
Çizelge 3.5. Beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim bağlantı testi sonuçları	70
Çizelge 3.6. Renkli zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim	71

bağlantı testi sonuçları	
Çizelge 3.7. Renkli ve beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim bağlantı testi sonuçlarının genel toplamı	73

1. GİRİŞ

Dental seramikler, temel olarak bir ya da daha fazla metalik veya yarı metalik elementin (alumina, kalsiyum, lityum, magnezyum, fosfor, potasyum, silikon, sodyum, titanyum ve zirkonyum) oksijen ile bileşiminden oluşan, ametalik ve inorganik yapılardır (Anusavice, 2003). Daha kısıtlayıcı bir terim olan porselen ise kaolin, kuartz ve feldsparın ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) karıştırılıp yüksek ısıda fırınlanması ile oluşturulan özel bir seramik türüdür. Dental seramikler, bu formüle bağlı kalınarak üretilen materyaller olduğu için 'dental porselen' tanımı da diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Powers ve Sakaguchi, 2006).

Geleneksel feldspatik porselenler, füzyon ısıları diğer bir tabir ile sinterleme ısılarına göre; $1288^\circ - 1371^\circ C$ yüksek füzyon, $1093^\circ - 1260^\circ C$ orta füzyon ve $871^\circ - 1066^\circ C$ düşük füzyon olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Yüksek füzyon porselenleri tam protez dişlerinin üretiminde, orta füzyon porselenleri porselen jaket kron ve bazı tam seramik restorasyonların üretiminde ve düşük füzyon porselenleri ise metal destekli seramik restorasyonlar ile tam seramik restorasyonların üretiminde kullanılmaktadır.

Kırılgan yapılarına rağmen, aşınma ve korozyona karşı gösterdikleri yüksek direnç ve translusent özellikleri sayesinde geleneksel porselenler ile oldukça estetik protetik restorasyonlar elde edilmektedir. Tarihsel sıralamaya göre ilk olarak tam protez dişlerinin yapımında kullanılan porselen, 1900'lerin başında ön grup dişler için porselen jaket kronların üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Ağız içi kuvvetlere karşı dayanıksız olan dental porselenler, diş hekimliğinde sahip olduğu önemi esas olarak 1960'larda metal destekli seramik restorasyonların gelişim ile kazanmıştır (Powers ve Wataha, 2008).

Metal desteğin seramiğe kazandırdığı yüksek direnç, metal destekli seramik restorasyonları protetik tedavinin temel uygulamaları haline getirmiştir. Ancak metalin sahip olduğu avantajların yanı sıra bir takım dezavantajları da mevcuttur. Son yıllarda, bu dezavantajlar dikkate alınarak, metal destekli porselen restorasyonlara alternatif, çok daha estetik ve biyouyumlu, güçlendirilmiş tam seramik restorasyonlar geliştirilmiştir. Öncüsü olan feldspatik porselen jaket kronlardan daha dayanıklı olan tam seramik restorasyonlar, yapılan araştırmalar doğrultusunda eksikleri tamamlanarak çok daha yaygın kullanım alanı bulmuştur (O'Brien, 2002).

1.1. Tam Seramiklerin Tarihsel Gelişimi

Tam seramik sistemlerin gelişimi 1984'te camın kontrollü kristalizasyonu ile başlamıştır. Cam yapının eritilerek refraktör kalıp içerisine dökülmesinin ardından kristalizasyonunun sağlandığı, cam matris içerisinde tetrasilisik flormika kristalleri bulunan 'Dicor cam seramik sistemleri' geliştirilmiştir. Bir sonraki adım 'Dicor MGC' ismiyle, bünyesinde %70 oranında tetrasilisik flormika kristali içeren ve makine ile işlenebilen cam seramikler olmuştur.

1990'ların başında basınçla dökülen, hacminin %34'ü lösitten oluşan, direnci ve marjinal adaptasyonu Dicor cam seramiklere benzeyen; fakat özel kristalizasyon aşaması bulunmayan bir cam seramik sistemi olan 'IPS Empress' kullanıma sunulmuştur. Ancak bu sistemlerin hiç birinin çok üyeli sabit restorasyonların üretimine uygun olmaması, 1990'ların sonlarına doğru hacminin %70'i lityum disilikat kristallerinden oluşan, ikinci premolara kadar uzanan 3 üyeli köprülerin üretimine imkan veren ve yüksek kırılma direncine sahip 'IPS Empress 2'nin geliştirilmesini sağlamıştır.

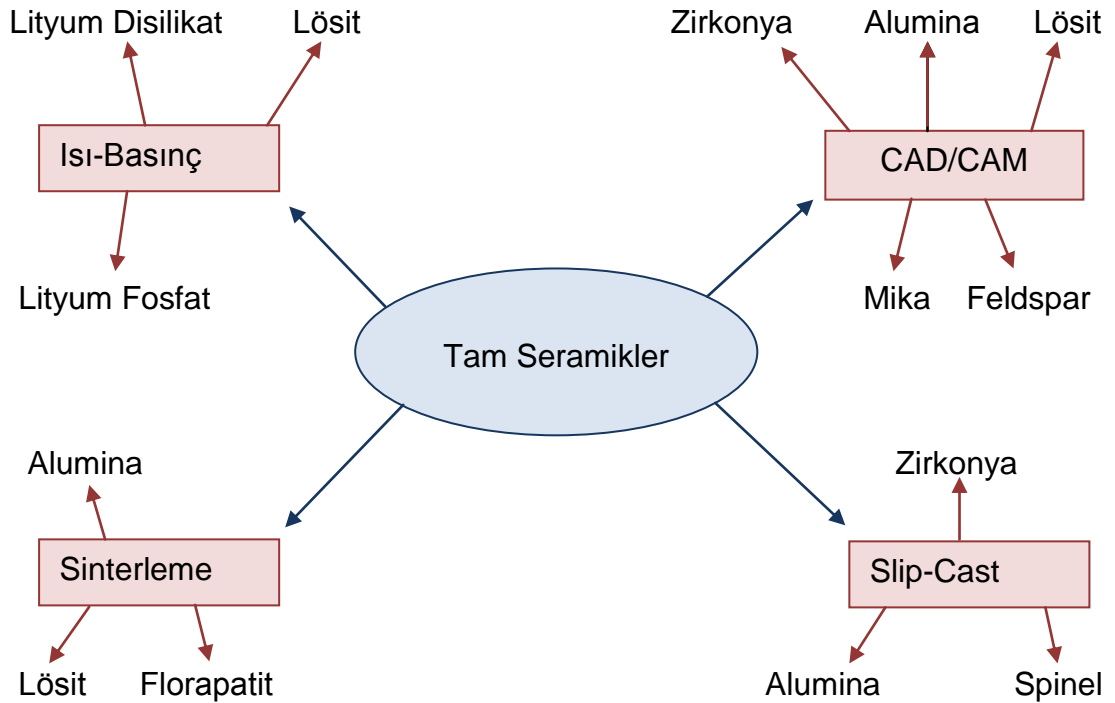
Bunun ardından sinterlenerek, millenerek ve basınç ile dökülerek alumina altyapı seramiklerin üretildiği 'Procera AllCeram', cam-infiltrate alumina altyapı seramiği olan 'In-ceram Alumina', cam-infiltrate zirkonya-alumina altyapı

seramiği olan 'In-ceram Zirconia', kısmen ya da tamamen sinterlenmiş zirkonya ingotların CAD/CAM cihazları ile işlenmesi sonucu üretim yapan 'Lava', sinterlenmemiş zirkonya seramiklerin millenerek şekillendirildiği 'Cercon' ve preparasyonu tamamlanan dişin sanal görüntüsü elde edilerek, buna göre protezin milleme işlemi ile üretildiği 'Cerec' sistemleri geliştirilmiş ve böylece 'IPS Empress 2'ye kıyasla çok daha sert, güçlü ve kırılmaya karşı dayanıklı dental seramikler kullanıma sunulmuştur (Anusavice, 2003).

1.2. Tam Seramiklerin Sınıflandırılması

Günümüzde, dental restorasyonların üretiminde farklı türlerde pek çok seramik kullanılmaktadır. Bunlar; altyapı seramikleri, liner seramikler, marjin seramiği, dentin seramiği, mine (insizal) seramiği, makyaj seramiği, glaze seramiği ve ilave seramiği olarak adlandırılmaktadır. Bu ürünleri; kullanım ya da endikasyonları, içerikleri, fırınlama sıcaklıkları, mikro yapıları, translusent özellikleri, kırılma dirençleri, aşındırıcı özellikleri ya da üretim tekniklerini dikkate alarak pek çok şekilde sınıflandırmak mümkündür (Anusavice, 2003).

Powers ve Wataha (2008), tam seramik sistemlerde kullanılan seramik türlerini üretim tekniklerine göre 4 gruba ayırmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Üretim tekniklerine göre tam seramik sistemlerde kullanılan seramik türleri ve bu seramiklerin kristalin içerikleri

Kelly (2008), dental seramikleri kimyasal kompozisyonlarına göre cam seramikler, doldurucu içeren cam seramikler ve polikristalin seramikler olmak üzere 3 temel gruba ayırmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Kimyasal kompozisyonlarına dental seramikler

Temel Yapı	Doldurucular
Cam Seramikler (aluminosilikat)	Yüksek erime noktasına sahip camlar (%40) Nefelin (%40) Albit (%40) Lösit (%40-%50)
Doldurucu İçeren Cam Seramikler (Lityum,Lantanyum)	Lityum disilikat (%70) Alumina (%70) Spinel (%70) Alumina/Zirkonya (%70)
Polikristalin Seramikler (Alumina, Zirkonya)	%3 Mg (stabilize edici) %3-5 Yitrium (stabilize edici) %3-5 Seryum (stabilize edici) %3-5 Alüminyum (stabilize edici)

1.2.1. Cam Seramikler (Predominantly Glass)

Cam seramikler, mine ve dentinin optik özelliklerini en iyi şekilde yansıtan dental seramik türüdür. Opalesans ve renk gibi optik özellikleri kontrol edebilmek amacıyla çok az miktarda doldurucu partikül içermektedir. Temel yapısı sentetik ya da feldspatik aluminosilikattan oluşan cam seramiklerde, doldurucu olarak yaklaşık %40 oranında yüksek erime noktasına sahip camlar, nefelin, albit veya lösit kullanılmaktadır. Üretimin sinterleme, ısı-basınç ya da CAD/CAM ile gerçekleştirilebildiği cam seramikler ile onley, 3/4 kron, anterior tam kron elde edilebilmektedir. Vitablocs Mark II, IPS Empress CAD, IPS Empress Esthetic, Cerinate ve Fortress cam seramikler ile üretim yapan sistemlere verilebilecek örneklerdir (Conrad ve ark., 2007; Kelly, 2008).

1.2.2. Doldurucu İçeren Cam Seramikler (Particle-Filled Glass)

Doldurucu içeren cam seramiklerde, temel yapıyı yüksek lityum ya da lantanyum cam içeriğinin meydana getirdiğiy seramiğey, mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kristalin ya da yüksek erime sıcaklığınaya sahip cam partiküllerinden oluşan doldurucular ilave edilmektedir. Bu amaçla %70 oranında lityum disilikat, alumina, spinel ya da alumina/zirkonya kullanılmaktadır. Üretim ısı-basınç, cam infiltrasyonu ya da CAD/CAM ile gerekleştirilebildiğiy doldurucu içeren cam seramikler ile onley, 3/4 kron, tam kron ve anterior köprü elde edilebilmektedir. IPS e.max CAD, IPS e.max Press, In-Ceram Alumina, In-Ceram Spinell ve In-Ceram Zirconia doldurucu içeren cam seramikler ile üretim yapan sistemlere verilebilecek örneklerdir (Conrad ve ark., 2007; Kelly, 2008).

1.2.3. Polikristalin Seramikler (Polycrystalline)

Düzenli paketlenmiş kristalin dizilerinden oluşan ve cam içermeyen polikristalin seramikler, ağırlıklı olarak Al_2O_3 , MgO, ThO_2 ve ZrO_2 gibi kristal fazlardan oluşmaktadır. Alüminyum oksit (Al_2O_3) ve zirkonyum oksit (ZrO_2) yaygın olarak kullanılan polikristalin seramiklerdir (Anusavice, 2003; Beuer ve ark., 2008).

Polikristalin seramiklerin temelinde, yapıdaki kristalin miktarını arttırmak ve zayıf olan cam yapıyı azaltmak suretiye mikroçatlak oluşumuna karşı dirençli materyaller üretmek yatmaktadır. Çünkü mikroçatlaklar kristalin merkezinden geçememekte; ancak etrafından dolaşarak zayıf olan cam yapı içerisinde ilerleyebilmektedir (Gökçe ve Beydemir, 2002). Bu nedenle cam bazlı seramiklere kıyasla çok daha sert ve dayanıklı olan polikristalin seramiklerin şekillendirilebilmesi için kullanılmakta olan yöntem CAD/CAM teknolojisidir (Kelly, 2008). Onley, 3/4 kron, tam kron ve anterior köprülerin yanısıra posterior köprü ve implant üstü restorasyonların da retilbildiğiy polikristalin

seramiklerin kullanıldığı sistemlere örnek olarak; Vita AL Cubes, Procera All Ceram, Vita YZ Cubes, IPS e.max ZirCAD, Lava, Cercon, Dc-Zirkon ve Denzir sistemleri sayılabilmektedir (Conrad ve ark., 2007).

1.3. Zirkonyum Oksit (ZrO_2)

Arapça'da 'altın renginde' anlamına gelen 'zargon' kelimesinden adını alan zirkonyum, sembolü Zr, atom numarası 40, atom ağırlığı 91.22 g/mol, değerleri +2, +3, +4 olan ve periyodik cetvelin 5. periyodunda 4b grubunda yer alan bir geçiş elementidir. Gri-beyaz renkli bir metal olan zirkonyum, oda sıcaklığında heksagonal sıkı paketlenmiş kristal yapıda olup, doğada hiçbir zaman tek başına (serbest metal olarak) bulunmamaktadır. Hava ya da solüsyonlar ile temas etmesi halinde yüzeyinde hızla oksit tabakası oluşmakta ve oluşan oksit tabakası zirkonyumun korozyona karşı dirençli olmasını sağlamaktadır (Piconi ve Maccauro, 1999; Koçak ve Türker, 2006; Polat ve ark., 2008; Malkoç ve Sevimay, 2009).

Zirkonyumun bilinen mineralleri;

- Zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) yani zirkon (Malkoç ve Sevimay, 2009)
- Zirkonat (ZrO_3),
- Zirkonil tuzu (ZrO^{+2})
- Zirkonyum oksit (ZrO_2) 'tir. Zirkonyum oksit, zirkonyumun en önemli bileşimidir ve zirkonya, zirkonyum dioksit, baddeleyit olarak da adlandırılmaktadır (Koçak ve Türker, 2006).

Zirkonyum oksit (ZrO_2) 1789'da Alman kimyacı Martin Heinrich Klaproth tarafından tanımlanmıştır. Bazı kıymetli madenlerin ısıtılması sonucu reaksiyon ürünü olarak ortaya çıkmış olan zirkonyum oksit, uzun yıllar nadir toprak oksitleri ile harmanlanarak, seramik pigmenti olarak kullanılmıştır (Piconi ve Maccauro, 1999).

Sertliği, aşınma ve korozyon direnci, ani ısısıl değişimlere dayanıklılığı gibi özellikleri sayesinde endüstride kullanılmakta olan zirkonyum oksit, 60'ların sonunda, biyomateryal olarak sağlık alanında kullanılmaya başlanmıştır (Karakoca ve Yılmaz, 2006). Zirkonyum oksitin biyomedikal uygulamasının anlatıldığı ilk makale ise 1969'da Helmer ve Driskell tarafından yayınlanmıştır (Piconi ve Maccauro, 1999).

Zirkonyum oksit diş hekimliğinde; implant ara parçası olarak, ortodontik braket yapımında, protetik restorasyonlarda post-core materyali olarak, kron-köprülerde kuvvetlendirici altyapı olarak, kompozit reçine içine farklı oranlarda ilave edilerek kompozit materyalini güçlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Kosmac ve ark, 1999; Koçak ve Türker, 2006).

1.4. Zirkonyum Oksitin Mikroyapısal Özellikleri

Zirkonya; monoklinik (m), kübik (c) ve tetragonal (t) olmak üzere üç formu bulunan bir polimorftur (Guazzato ve ark., 2005). Saf zirkonya oda ısısında monoklinik fazda bulunmaktadır. 1170 °C'ye kadar stabil olan bu faz, sıcaklığın artmasıyla beraber tetragonal faza dönüşmekte, 2370°C'de ise tetragonal fazdan kübik yapıya dönüşüm başlamakta ve 2716 °C'de erime meydana gelmektedir (Curtis ve ark., 2006).

Fazlar arasında meydana gelen bu kafese benzer dönüşümler; yayılma göstermemekte ve atomların taşınması yerine, kafessi pozisyonlarda sadece sıralı kaymalar oluşmaktadır. Dönüşüm net bir sıcaklık değeri yerine belli bir sıcaklık aralığında ortaya çıkmakta ve şekil deformasyonu ile sonuçlanmaktadır.

Soğuma sırasında ise; sıcaklığın 1170°C'nin yaklaşık 100°C derece altına düşmesi ile birlikte, tetragonal fazdan monoklinik faza dönüşümün

gerçekleştiği, t-m transformasyonu meydana gelmektedir. Bu faz transformasyonu, %3-4 hacimsel artışı da beraberinde getirmektedir. Genleşmeden kaynaklanan stres, saf zirkonya içerisinde çatlakların oluşmasına neden olmakta ve soğuyan zirkonya toz kütleleri halinde ufalanmaktadır (Piconi ve Maccauro, 1999; Kelly ve Denry, 2008).

1.5. Tetragonal Fazın Stabilizasyonu

Zirkonyanın mekanik özellikleri sahip olduğu küçük grenli ve metastaz yapabilen mikroyapısına bağlıdır (Fischer ve ark., 2008a). Saf zirkonya, sinterizasyon işlemi sonrası büyük miktarda ısı düşüşü ve hacminde önemli değişiklikler göstermekte, bu durum kitleye stabil olmayan bir özellik kazandırmaktadır (Karakoca ve Yılmaz, 2006). Tetragonal zirkonya polikristal bileşenlerinin ömrü boyunca stabil halde kalması, biyomateryal olarak zirkonyadan beklenen performansın sağlanmasında anahtar noktadır (Fischer ve ark., 2008b).

Saf zirkonyayı, CaO, MgO, Y₂O₃ veya CeO₂ gibi stabilize edici oksitler ile alaşımlamak, tetragonal fazın oda sıcaklığında stabilize olmasını sağlamakta, böylece stres yükleyen tetragonal-monoklinik faz dönüşümü kontrol edilebilmektedir (Çömlekoğlu ve ark., 2008; Ersu ve ark., 2008). Bu sayede çatlak yayılması durdurulmakta ve yüksek dayanıklılık sağlanmaktadır (Denry ve Kelly, 2008).

Günümüz diş hekimliğinde, zirkonya seramiklerde tetragonal faz stabilizasyonu sağlamak için üç farklı sistem kullanılmaktadır. Bunlar; yitrium katyonu ilave edilmiş tetragonal zirkonya polikristalleri (Y-TZP), magnezyum katyonu ilave edilmiş kısmen stabilize zirkonya (Mg-PSZ) ve zirkonya ile güçlendirilmiş alumina'dır (ZTA) (Denry ve Kelly, 2008).

1.5.1. Yitriyum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali (Y-TZP)

Biomateryal olarak en çok kullanılan zirkonya çeşidi, yitriyum oksitin (Y_2O_3), saf zirkonyaya ağırlığının %3-5 oranında ilave edilmesiyle elde edilen yitriyum stabilize tetragonal zirkonya polikristali (Y-TZP)'dir. Y-TZP, cam faz içermeyen, çok küçük ($0.5 \mu m$) kristal partiküllerinden oluşmuş bir yapıya sahiptir (Karakoca ve Yılmaz, 2006).

Y-TZP'nin yüksek başlangıç dayanıklılığı ve kırılma direnci, kısmen stabilize edilmiş zirkonyanın fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Cam içerikli tam seramiklerde, tükürükteki su, cam ile reaksiyona girmekte ve camsı yapının bozulması sonucu çatlak oluşumuna neden olmakta ve seramiklerin uzun dönem stabilizasyonlarını etkilemektedir. Ancak Y-TZP'de cam fazın bulunmaması ve mikroyapısının polikristalin olması bu sorunu ortadan kaldırmakta ve uzun dönem stabilizasyonunu arttırmaktadır (Malkoç ve Sevimay, 2009).

Y-TZP seramikler; çapı $0.2-0.5 \mu m$ olan eşit eksenli ZrO_2 grenleri ve $1.75-3.5$ % mol ($3.5-8.7$ wt%) Y_2O_3 grenleri içermektedir. Stabilize edici Y^{3+} katyonları ve Zr^{4+} , katyonik alana doğru dağılırken, oksijen boşluklarının elde edilmesi ile elektriksel nötralizasyon sağlanmaktadır (Lorente ve ark., 2010). Bu sistemle birlikte, oda ısısında yalnızca tetragonal faz halinde bulunan ve tetragonal zirkonya polikristali olarak adlandırılan seramikler elde edilmektedir (Piconi ve Maccauro, 1999).

Oda ısısında tetragonal fazda bulunan zirkonyanın faz durumu; gren boyutlarına, yitriyum içeriğine, matriste yitriyumun kısıtlı kullanımına bağlı olarak değişmekte ve dolayısıyla bu parametreler Y-TZP'nin mekanik özelliklerini etkilemektedir. Yitriyum konsantrasyonuna bağlanmış halde bulunan zirkonyum oksitin gren boyutları kendiliğinden meydana gelen t-m dönüşümü üzerinde kritik önem taşımakta ve gren boyutu küçüldükçe kontrol

dışı gerçekleşen tetragonal-monoklinik faz dönüşümlerinin önüne geçilebilmektedir (Piconi ve Maccauro, 1999).

1.5.2. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alumina (ZTA)

ZrO₂ ile sertleştirilmiş alumina (Al₂O₃) veya ZrO₂ ile sertleştirilmiş mullit (3Al₂O₃.2SiO₂), ZTA ve ZTM olarak adlandırılmaktadır. Diğer zirkonyalardan farkı; tetragonal fazın oda sıcaklığında stabilizasyonu için temel olarak ilave iyonların kullanılması yerine durumun kontrolünün partikül boyutları, partikül morfolojisi ve lokasyonu (intra veya intergranüler) ile sağlanmasıdır. Bu gruba verilebilecek en yaygın örnek In-Ceram Zirconia (Vita Zahnfabrik)'dir. Bu malzeme, %30 cam ve hacimsel oranı 70:30 olan Al₂O₃:ZrO₂ den oluşan %70 polikristalin seramiğin içiçe geçmiş olduğu bir kompozittir (Kelly ve Denry, 2008).

Mikroyapısal olarak; büyük alumina grenleri (6 µm x 2 µm) ile kümeler halinde küçük zirkonya grenleri (<1µm) içermektedir. Slip-cast ya da yumuşak işleme ile elde edilen pöröz seramiğe daha sonra cam infiltre edilmektedir. Slip-cast işleminin bir avantajı büzülmenin oldukça sınırlı olmasıdır. Ancak pörözite miktarı, sinterlenmiş Y-TZP'den daha fazladır ve ürünün %8-11'ni ihtiva etmektedir. Bu durum In-Ceram Zirconia'nın Y-TZP'den düşük olan mekanik özelliklerini açıklamaktadır. Ancak termalsiklus ve yaşlandırma altında Y-TZP'den daha iyi termal stabilizasyon sergilemekte ve düşük sıcaklık bozulmasına karşı daha büyük direnç göstermektedir (Denry ve Kelly, 2008).

1.5.3. Magnezyum İlave Edilmiş Kısmen Stabilize Zirkonya (Mg-PSZ)

Stabilize kübik ZrO_2 matris içinde intragranüler tetragonal ZrO_2 çökeltilerinin mevcut olduğu yapıda stabilizasyon; CaO, MgO, La_2O_3 ve Y_2O_3 gibi ilave iyonların, kübik ZrO_2 'in tamamen stabil hale getirilmesi için gereken miktardan daha düşük konsantrasyonlarda eklenmesi ile sağlanmaktadır. Dolayısıyla bu seramik türünde tam anlamıyla bir stabilizasyon gerçekleşmemekte, bu nedenle 'kısmen stabilize zirkonya' tanımı kullanılmaktadır. Bu tanımın başına kullanılan ilave iyonun açıklaması getirilmektedir (Ca-PSZ, Mg-PSZ, Y-PSZ gibi). Mg-PSZ, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan seramik türüdür (Kelly ve Denry, 2008).

Pöröz bir yapıya ve büyük gren boyutuna (30-60 μm) sahip olması nedeniyle aşındırıcı özelliği yüksek olan bu seramik türünde, MgO miktarı % 8 ile 10 mol arasında değişmektedir (Denry ve Kelly, 2008; Thompson ve ark., 2011). Yüksek sinterleme sıcaklığının yanı sıra (1680 °C -1800 °C), soğuma döngüsü, özellikle yaşlanma fazı olan 1100 °C'de, dikkatle kontrol edilmesi gereken materyalin bu fazında dönüşebilen tetragonal faz çökeltileri meydana gelmektedir. Bu çökeltilerin hacimsel miktarı, malzemenin kırılma dayanıklılığını kontrol eden kritik faktördür. SiO_2 'den yoksun Mg-PSZ elde etmenin zorluğuna bağlı olarak magnezyum silikat, grenlerdeki magnezyum içeriğini düşürerek t-m transformasyonunu tetiklemektedir (Denry ve Kelly, 2008). Bu durum düşük mekanik özellikler ve daha az stabil malzeme ile sonuçlanmaktadır. Denzir-M, bu grupta bulunan seramiklere verilebilecek yaygın bir örnektir (Sundh ve Sjögren, 2006).

1.6. Dönüşüm Sertleşmesi

Zirkonya bazlı seramiklerin dayanıklılığı ve direnci söz konusu olduğunda sahip oldukları sertleşme mekanizması hesaba katılmalıdır. Sertleşme mekanizmaları; çatlak sapması (crack deflection), bölge korunması (zone shielding), temas korunması (contact shielding), ve çatlak köprülemesi (crack bridging) olarak sayılabilir (Chai ve ark., 2007).

En önemli sertleşme mekanizması, tetragonalden monoklinik faza dönüşümün aracılık ettiği temas korunması (contact shielding)'dır (Chai ve ark., 2007). Kafese benzer bir düzende bulunan tetragonal zirkonya polikristalleri; gerilim stresleri, aşındırma, sinterizasyon sonrası soğuma ve yüksek mekanik kuvvetler gibi dış streslerin sebep olduğu bir çatlak başlangıç aşamasında, tetragonal fazdan monoklinik faza dönüşmekte ve bu dönüşüm, hacminde %3-5'lik bir artışa yol açmaktadır. Hacim artışı, çatlak tepesinin yakınındaki sıkıştırıcı stresi arttırmakta, dolayısıyla çatlak ilerlemesini ve büyümesini önlemektedir (Luthardt ve ark, 2004; Karakoca ve Yılmaz, 2006). Böylece dış streslerin yıkıcı etkisi nötralize edilmekte ve tüm yapı güçlenmektedir. Bu fiziksel özellik 'transformasyon / dönüşüm sertleşmesi' olarak tanımlanmaktadır (White ve ark., 2005).

Dönüşüm sertleşmesine uğramış zirkonya seramiklerin ilgi çekici özelliği yüzeylerinde sıkıştırılmış tabakanın oluşmasıdır. Yüzeydeki tetragonal grenler matris tarafından kısıtlanmadığı için kendiliğinden monoklinik faza dönüşebilmekte ya da uygulanan yüzey işlemine bağlı olarak yüzeyin birkaç mikron altına kadar sıkıştırma streslerini başlatabilmektedir. Yüzeyde meydana gelen faz dönüşümünün ve bunu takip eden yüzey sertleşmesinin, zirkonyanın mekanik ve aşınma özelliklerinin geliştirilmesinde etkili rolü olduğu düşünülmektedir. Dönüşüme uğramış olan tabakanın kalınlığı ise bu durumu etkileyen sınırlayıcı faktörlerden biridir (Piconi ve Maccauro, 1999).

1.7. Zirkonyum Oksitin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Piconi ve Maccauro (1999), diş hekimliğinde kullanılmakta olan polikristalin yapıdaki seramiklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini aşağıda belirtildiği şekilde ortaya koymuştur (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Polikristalin seramiklerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellikler	Alumina	Mg-PSZ	TZP
Kimyasal Kompozisyon	% 99.9 Al ₂ O ₃ + MgO	ZrO ₂ + % 8÷10 mol MgO	ZrO ₂ + % 3 mol Y ₂ O ₃
Yoğunluk (g/cm³)	≥ 3.97	5.74-6	> 6
Pörözite (%)	< 0.1	-	<0.1
Bükülme Direnci (MPa)	> 500	450-700	900-1200
Baskı Direnci (MPa)	4100	2000	2000
Elastik Modülü (GPa)	380	200	210
Kırılma Dayanımı K_{IC} (MPa m^{1/2})	4	7-15	7-10
Termal Genleşme Katsayısı (K)	8×10 ⁻⁶	7-10×10 ⁻⁶	11×10 ⁻⁶
Termal İletkenlik (W m K⁻¹)	30	2	2
Sertlik (HV)	2200	1200	1200

Tabloda belirtilen değerlerin yanı sıra, zirkonyum oksitin faz dönüşümünden kaynaklanan hacimsel artış mekanizması ve sıkıştırıcı gerilim bölgelerinin çatlak yayılmasını önleyici yapısı sahip olduğu diğer gelişmiş mekanik özellikleridir (Dekler ve ark., 2007; Lorente ve ark., 2010).

Zirkonyum oksitin mekanik özellikleri, yapısını oluşturan gren boyutlarından etkilenmektedir (Zarone ve ark., 2011). Zirkonyum oksitin sahip olduğu gren boyutları 0.2-0.5 µm arasında değişmektedir (Lorente ve ark., 2010). Grenlerin kritik boyutun üzerinde olması durumunda; yapı daha az stabilizasyon sergilemekte ve spontan olarak gerçekleşen tetragonal-

monoklinik faz dönüşümüne karşı daha fazla yatkınlık göstermektedir. Gren boyutunun daha küçük olması ($<1 \mu\text{m}$) halinde ise; dönüşüm hızı düşmekte, belli bir gren boyutunun altında ($\approx 0.2 \mu\text{m}$) faz dönüşümü gerçekleşmemektedir. Ancak bu durum da azalmış kırılma sertliğine sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra, gren boyutları kadar sinterleme şartlarının da yapının mekanik özellikleri ve stabil hali üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Örneğin; büyük grenlerden meydana gelen zirkonyum oksit yapılar, yüksek sinterleme ısıları ve uzun sinterleme süreleri gerektirmektedir (Denry ve Kelly, 2008).

1.8. Zirkonyum Oksitin Yaşlanması ve Düşük Sıcaklık Bozulması

Zirkonyum oksitin yaşlanması; metastaza uğrayabilen tetragonal fazın kendiliğinden ve artarak monoklinik faza dönüşmesi nedeniyle mekanik özelliklerinin zayıflamasıdır (Piconi ve Maccauro, 1999). Yüzeydeki izole halde bulunan grenlerden başlayarak, daha sonra tüm yüzeye yayılan ve kütlenin içine doğru ilerleyen bir birleşme ve faz dönüşümünden kaynaklanan büyüme sürecidir (Kim ve ark., 2010). Kübik grenlerin yanı sıra, rezidüel streslerin, sıyrıkların ya da rezidüel porların varlığının da yaşlanma üzerinde etkisi bulunmaktadır (Chevalier ve ark., 2004). Bu davranış, 200°C 'in üzerinde ve su buharının varlığında sık gerçekleşmektedir (Piconi ve Maccauro, 1999). Nem ve ısı varlığında ortaya çıkan yaşlanma davranışına 'Düşük Sıcaklık Bozulması' adı verilmektedir. Bu yaşlanma sürecinin etkileri; gren kopmaları ile sonuçlanan yüzey bozulması, mikro çatlama, direnç kaybı, sertlik ve yoğunlukta azalmadır (Dekler ve ark., 2007; Kim ve ark., 2010; Tholey ve ark., 2010).

Düşük sıcaklık bozulması, 2001 yılında çok sayıda ortopedik kalça eklemi kırığına neden olmuş ve bu bozulmayı tetikleyen ortam şartlarının tanımlaması yapılmıştır; ancak zirkonyum oksitin dental biyo-seramik materyali olarak kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek başarısızlıklar ile

düşük sıcaklık bozulması arasında net bir ilişki henüz kurulamamıştır (Tholey ve ark., 2010).

Nem varlığının zirkonya bünyesinde düşük sıcaklık bozulmasına neden olabilecek olası mekanizmalar ise şu şekilde açıklanmaktadır:

- Ortamda bulunan su, Y_2O_3 ile reaksiyona girerek $Y(OH)_3$ 'den zengin kümeler oluşturmakta, bunun sonucunda zirkonya grenleri monoklinik faza kolayca dönüşebilir hale gelmektedir.
- Su buharı Zr-O bağlarını kırarak -OH iyonunun serbest kalmasına ve bunun sonucunda stres yoğunlaşmasına neden olmakta, bu değişim t-m dönüşümüne öncülük ederek yapısal kusurların oluşması ile sonuçlanmaktadır.
- Suyun ayrışması sonucu ortaya çıkan O_2 iyonlarının, destabilizasyon ve dolayısıyla düşük sıcaklık bozulmasından sorumlu olduğuna inanılan oksijen bağlarının ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir (Lughi ve Sergo, 2010).

Swab (1991), her tetragonal zirkonya polikristalin seramikte durumun birebir aynı olmaması ile birlikte Y-TZP'nin yaşlanmasındaki esas aşamaları şu şekilde özetlemiştir:

- 1- En kritik sıcaklık aralığı 200-300 °C'dir.
- 2- Yaşlanmanın etkisi; dayanıklılıkta, sertlikte ve yoğunlukta azalma, monoklinik faz içeriğinde artış şeklinde gözlenmektedir.
- 3- t-m transformasyonuna bağlı olarak mekanik özelliklerde zayıflama, materyalde mikro ve makro çatlaklarla sonuçlanmaktadır.
- 4- t-m transformasyonu yüzeyde başlamakta ve merkeze doğru ilerlemektedir.
- 5- Gren boyutlarının küçültülmesi ve/veya stabilize edici oksitlerin konsantrasyonunun arttırılması transformasyon hızını düşürmektedir.

6- t-m transformasyonu su ya da su buharı varlığında artmaktadır.

1.9. Renkli Zirkonyum Oksit

Metal altyapılara kıyasla çok daha estetik restorasyonların elde edilmesini sağlayan zirkonyum oksitin, pratik alanda hala çok beyaz ve opak olması, özellikle ön bölge diş grubunda estetik sorunlar doğurmaktadır. Yakın zamanda, zirkonyum oksitin sahip olduğu opak ve beyaz görünümü estetik normlara çekebilmek için renklendirici FeO, CeO ve BiO bileşiklerinin kullanıldığı renkli zirkonyum oksitler kullanıma sunulmuştur (Aboushelib ve ark., 2008b; Polat ve ark., 2008).

Zirkonyum oksiti renklendirmek için günümüzde farklı yöntemler kullanılmaktadır:

- Zirkonya tozları blok haline getirilmeden önce veya sonra içerisine metalik pigmentlerin eklenmesi,
- Şekillendirilmiş zirkonya altyapıların sinterlenmeden önce çözelti halindeki renklendirici ajan içerisine batırılması,
- Sinterlenen beyaz zirkonya altyapı üzerine liner uygulaması, malzemeyi renklendirmek için uygulanan yöntemlerdir (Aboushelib ve ark., 2008b).

Renk pigmentlerinin kullanımı zirkonyum oksitin kırılma direnci üzerinde herhangi bir değişikliğe yol açmamakla birlikte core ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direnci üzerinde zayıflatıcı bir etki göstermemektedir (Polat ve ark., 2008). Bunların yanı sıra renkli zirkonyum oksitin kullanımı; altyapının beyaz rengini maskelemek için uygulanan veneer seramiğin aşırı kalın kullanımını önlemekte, veneer seramiği uygulamadan önce altyapıyı liner malzemesi ile maskeleme ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Aboushelib ve ark., 2008).

Endüstriyel olarak standart bir önrenklendirme işlemi yapılmış olması nedeniyle homojen bir renk sağlanmakta, bitim işlemleri sırasında yüzeyden madde uzaklaştırılması durumunda altyapının rengi değişmemektedir. Marjinal sınırlarda beyaz zirkonyaya kıyasla doğal diş ile çok daha uyumlu bir geçişin sağlandığı renkli zirkonyanın kullanımı ile altyapı yüzeyinin el ile renklendirilmesine gerek kalmamakta böylece çalışma süresi de kısalmaktadır (3M Espe ürün katalogu, 2008; Vita In-Ceram YZ ürün katalogu, 2009).

1.10. Zirkonyum Oksit Altyapılar Üzerine Uygulanan Veneer Seramikleri

Tam seramik sistemlerin direncini arttırmak için uygulanan pek çok yöntemin temelinde cam matris içerisine gömülü kristalin altyapıyı oluşturmak yatmaktadır. Seramik içerisinde %35 ile %99 oranında bulunabilen kristal fazın yapısı, miktarı ve partikül büyüklüğü doğrudan materyalin mekanik ve optik özelliklerini etkilemektedir.

Zirkonyum oksit seramikler, yapısını oluşturan yoğun kristalin faz nedeniyle oldukça opak görünüme sahiptir ve günümüz teknolojileri ile bu seramiğe doğal dişe yakın bir translusentlik kazandırılması mümkün değildir. Bu nedenle diğer tam seramik sistemler gibi zirkonyum oksit destekli restorasyonlar da ideal estetiğin yakalanabilmesi için doğal diş görünümüne daha yakın olan veneer seramikler ile kaplanmaktadır (O'Brien, 2002; Anusavice, 2003; White ve ark., 2005; Powers ve Wataha, 2008).

Bu amaçla kullanılan veneer seramikleri, altyapılar üzerine geleneksel tabakalama tekniği ile uygulanabileceği gibi, yakın zamanda geliştirilmiş olan ve basınç altında döküm yöntemi kullanılarak uygulanan preslenen veneer seramikleri ile de altyapılar kaplanabilmektedir (Bonfante ve ark., 2010).

Preslenen veneer seramikleri uygulanmadan önce; gerekli görülen yüzey işlemlerinin ardından, artıkların tamamen uzaklaştırıldığı altyapı üzerine, sonuç restorasyon ile uyumlu mum modelajı yapılmakta, daha sonra tavsiye edilen işlem prosedürlerine uygun olarak altyapı üzerine veneer seramiğin basınç altında dökümü gerçekleştirilmektedir (Bonfante ve ark. 2010). Döküm işleminin ardından tijlerin uzaklaştırıldığı veneer seramik doğrudan cilalanabileceği gibi, makyaj yapılabilen veya üzerine tabakalama yöntemi ile ilave seramik uygulanabilmektedir (Cercon Ceram Press ürün kataloğu, 2006).

Zirkonya altyapılar üzerine, her hangi bir liner uygulamasına gerek kalmadan doğrudan uygulanan pres seramiklerin kullanım alanları; termal genleşme katsayısı uyumlu olan zirkonya altyapılar, anterior ve posterior zirkonya kron ve köprüler, inlay ve inlay destekli köprüler, implant üstü restorasyonlar ve parsiyel kronlardır. Bunların yanı sıra preslenen veneer seramikleri basamak porseleni olarak da kullanılabilir (Cercon Ceram Press ürün kataloğu, 2006; IPS eMax Zirpress ürün kataloğu, 2009).

Kayıp mum tekniğinin kullanılması nedeniyle, tabakalama yöntemine kıyasla çok daha rahat morfolojik şekillendirmenin yapıldığı preslenen veneer seramikleri; yüksek gerilim direncine ve zirkonya altyapılar ile yüksek bağlantı direncine sahiptir (Aboushelib ve ark., 2008a).

Bruksizm ve diğer parafonksiyonel alışkanlıkların varlığında, klinik kron boyutunun yetersiz olduğu vakalarda, zirkonya altyapısının bulunmadığı premolar ve molar kron- köprülerde, altyapı ile termal genleşme katsayılarının uyumsuzluk sergilediği durumlarda kullanımı tavsiye edilmeyen pres seramiklerin en büyük dezavantajı; tabaka seramiklere kıyasla sahip olduğu düşük estetik ve optik özelliklerdir. Bu seramiklerin monokromatik renge sahip olması, kullanım alanlarını kısıtlamaktadır (Cercon Ceram Press

ürün katoloğu, 2006; Aboushelib ve ark., 2008a; Vita VM9 ürün katoloğu, 2009).

1.11. Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantı Mekanizması

Seramik sistemlerde zirkonyum altyapı ile veneer seramiği arasındaki bağlantının araştırıldığı pek çok çalışma mevcuttur ve bu çalışmalar, zirkonyum bazlı tam seramik restorasyonlarda, altyapı üzerindeki veneer seramiğin delaminasyonunun veya ufalanmasının temel klinik başarısızlık nedenlerini oluşturduğunu göstermektedir (Dündar ve ark., 2007; Saito ve ark., 2010). Delaminasyon; veneer seramiğin altyapı üzerinden tabaka halinde ayrılmasıdır (Al-Dohan ve ark., 2004) ve genellikle zayıf veneer seramiği kullanılmasından ya da altyapı-veneer seramiği arasındaki zayıf bağlantıdan kaynaklanmaktadır (Aboushelib ve ark., 2006).

İki fazlı bir yapının stres dağılımı, homojen tek fazlı bir yapının stres dağılımından çok daha karmaşıktır ve iki farklı malzemedenden oluşan seramik yapıların direnci sahip oldukları en zayıf nokta ile orantılıdır. Tam seramik sistemlerde bu en zayıf nokta genellikle en yüksek gerilim streslerinin ve/veya en geniş yüzey kusurlarının bulunduğu altyapı ile veneer seramik arasındaki bağlantı yüzeyi ya da veneer seramiğin kendisidir (Aboushelib ve ark., 2005; Dündar ve ark., 2007; Aboushelib ve ark., 2008a). Dolayısıyla bu tip restorasyonların fonksiyonel kuvvetler altında yapısal bütünlüğünün korunması için ve veneer seramiğinin yüzeyden ayrılmasını önlemek için altyapı ile veneer seramiği arasındaki bağlantının belli bir minimal dirence sahip olması gerekmektedir (Aboushelib, 2008b).

Zirkonyum oksit ve veneer porselenleri arasındaki bağlantı mekanizması henüz tam olarak anlaşılammakla birlikte, bu malzemeler arasındaki

bağlantının içeriği bilimsel olarak belgelenmemiştir (Saito ve ark., 2010). Ancak, difüzyon süreci zamana bağlı olmakla birlikte, iki seramik yapı arasında kimyasal bir reaksiyonun da gerçekleşebileceği belirtilmektedir (Tholey ve ark., 2010).

Zirkonyum oksit altyapılar ile veneer seramikleri arasında bağlantı oluşumunu sağlayan ve bu bağlantının direncini etkileyen bir takım faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler;

1.11.1. Termal Uyumsuzluklar

Veneer seramiği ile zirkonya arasındaki bağlantı direncini etkileyen temel faktörlerden biri; iki malzeme arasındaki termal uyumsuzluktan kaynaklanan aşırı gerilim stresleridir (Fischer ve ark., 2008c). Bu gerilim stresleri; zirkonyum ve veneer porseleninin birlikte fırınlanması ve soğutulması esnasında iki tabaka arasında eşit olmayan termal büzülmenin meydana gelmesi sonucu ortaya çıkan termal ve mekanik streslerdir (Benetti ve ark., 2010).

Veneer seramiğin termal genişleme katsayısının zirkonyum oksit altyapıdan yüksek ya da düşük olduğu her iki durum da, veneer seramik üzerinde sıkışma ve gerilime neden olmaktadır. Gerilim kuvvetlerine karşı veneer seramikleri oldukça hassasken, sıkıştırıcı streslere karşı yüksek direnç gösterebilmektedir ve sıkışma stresinin artması, veneer seramiklere kırılmaya karşı direnç kazandırmaktadır. Ancak istenen düzeyde sıkışma stresi meydana gelebilmesi için seramiğin termal genişleme katsayısının zirkonya altyapıdan muhakkak az miktarda düşük olması gerekmektedir. Böylece, soğuma esnasında veneer seramikte hafif bir büzülme meydana gelmekte, bu da veneer seramiğin direncini arttırmaktadır (Guazzato ve ark., 2004; Fischer ve ark., 2008c).

1.11.2. Rezidüel stresler

Kırılğan materyallerde bulunan rezidüel stresler, iki ayrı tabakadan oluşan restorasyonlarda direncin ve kırılma sertliğinin geliştirilmesinde rol oynayan önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle rezidüel streslerin miktarını ve dağılımını belirlemek büyük önem taşımaktadır. Bu stresler hızlı soğuma ya da termal genişleme katsayıları farkından meydana gelmektedir ve iki ayrı malzemedan oluşan dental restorasyonlarda belli bir miktar rezidüel stres bulunmaktadır. Bu stresler özellikle veneer yüzeyinde kritik bir çatlak başlatıcı bölgenin oluşması durumunda, restorasyonun esneme direncini ve kırılma dayancını etkilemekte, veneer tabakasında bulunan sıkıştırıcı rezidüel stresler yapının esneme direncini büyük ölçüde arttırmaktadır. Ancak bu streslerin belli bir düzeyinde üzerine ulaşması, darbeler varlığında veneer tabakasında oluşan çatlama ve kırılmalara da neden olabilmektedir (Taşkonak ve ark., 2008).

Zirkonya bazlı restorasyonların dayanıklılığı rezidüel streslerinin karmaşık dağılımından etkilenmektedir (Aboushelib ve ark., 2006) ve rezidüel streslerin protez dizaynı sırasında hesaba katılmaması durumunda, bağlantı arayüzünde beklenmedik başarısızlıklar görülebilmektedir (Isgro ve ark., 2003). Dental seramikler kırılğan yapıları nedeniyle elastik enerjiyi kısıtlı ölçülerde abzorbe edebilmekte, bu nedenle istenmeyen gerilim stresleri varlığında düşük fonksiyonel yükler altında erken başarısızlıklar sergileyebilmektedir (Albakry ve ark., 2003).

1.11.3. Nem Varlığı

Ağız ortamında bulunan su, Si-O-Si bağlarının hidrolizine sebep olmakta ve seramik yapısal korozyona uğramaktadır. Bu durum, seramiğin mekanik özelliklerini etkilemekte, yavaş çatlak gelişimine ve sonuç olarak restorasyonda başarısızlıklara neden olmaktadır. Nemli ortamda metal

destekli seramik restorasyonlara kıyasla, zirkonya üzerine uygulanan veneer seramiklerin başarısızlık oranının daha yüksek olması, sahip olduğu farklı kimyasal kompozisyonların varlığından ve bunların hidrolitik ataklara karşı daha yüksek hassasiyet göstermesinden kaynaklanmaktadır (Aboushelib ve ark., 2006; Fischer ve ark., 2008b; Guess ve ark., 2008).

1.11.4. Veneer Seramiğın Direnci

Zirkonyum oksit altyapılar üzerine, ISO 6872 ve 9693 standartlarına uygun olarak minimum 50 MPa esneme direncine sahip veneer cam seramikleri uygulanmaktadır; ancak $35,1 \pm 13,8$ aylık hizmet süresince, veneer seramiğın ufalanması 15,2% oranı ile en sık gözlenen başarısızlık nedenlerini oluşturmaktadır (Fischer ve ark., 2008a; Beue ve ark., 2009). Meydana gelen kırığın ardından, zirkonya üzerinde ince bir tabaka halinde veneer seramiğın gözlenmesi, zirkonya ile veneer arasında güvenilir bir bağlantının oluştuğunu; ancak veneer seramiğının kendi bünyesinde zayıf kaldığını göstermektedir (Beuer ve ark., 2009).

Metal destekli seramik sistemlerde aşırı stresler, alaşımın termal hareketi sayesinde kompanze edilebilmektedir; ancak tam seramik sistemlerde seramik altyapının rijit olması nedeniyle stres karşısında bükülme gerçekleşmemekte ve bunun neticesinde veneer tabakasında çok daha yüksek miktarda yıkıcı stresler ortaya çıkmaktadır (Özkurt ve ark., 2010). Bu nedenle, zayıf dirence sahip veneer seramiklerinin kullanılması halinde, çok düşük yükler altında bile başarısızlıkların meydana gelebileceği tam seramik sistemlerde, yüksek mekanik dirence sahip veneer materyallerinin kullanılması gerekmektedir (White ve ark., 2005; Fischer ve ark., 2008a).

1.11.5. Zirkonya Altyapının Anatomik Olarak Yetersiz Şekillendirilmesi

Veneer seramiğin zirkonya altyapıdan ayrılmasının bir diğer nedeni, CAD/CAM prosedürlerinin sahip olduğu yetersiz şekillendirme nedeniyle, altyapıya anatomik formun kazandırılmaması ve dolayısıyla veneer seramiğini bu bölgelerde desteksiz kalmasıdır. Her noktası eşit kalınlıkta olan zirkonya altyapıların üretilmesi ve bar şeklinde konnektörlerin kullanılması, veneer seramiklerin estetik ve fonksiyonel ihtiyaçları karşılamak için tüberkül desteği olmaksızın oldukça kalın tabakalar halinde uygulanmasını gerektirmektedir (Sundh ve Sjögren, 2004). Yetersiz altyapı dizaynı, metal destekli seramik restorasyonlarda meydana gelebilecek başarısızlıkların temel sebeplerinden biri olarak belirtilmektedir, bu nedenle CAD/CAM sistemlerinin, olumlu klinik sonuçlar elde edebilmek için başarıyla şekillendirilmiş altyapılar üretmesi gerekmektedir (Dündar ve ark., 2007; Beuer ve ark., 2009).

1.11.6. Kimyasal Bağlantı

Zirkonya ile veneer seramikleri arasında kimyasal bağlantının gelişmesinin sağlıklı bir bağlanma yüzeyinin oluşturulmasında kritik önemi bulunmaktadır (Thompson ve ark., 2011). Laboratuvar çalışmaları, veneer seramiklerde meydana gelen başarısızlığın zirkonya-seramik bağlantı yüzeyine yakın bölgelerde ve bağlantı yüzeyinde seramik artığı kalacak şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. Seramiğin artık kalmadan blok halinde ayrılmamış olması, iki yapı arasında iyi bir kimyasal bağlantının oluştuğuna işaret etmektedir. Bu durum, veneer seramiğin koheziv direncinden daha yüksek bir bağlantı direncinin sağlandığının göstergesi olarak düşünülmektedir (Fischer ve ark., 2008a).

1.11.7. Mekanik Kilitlenme

Zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerinde, gerçekleşen mikromekanik kilitlenmenin büyük etkisi bulunmaktadır (Rocha ve ark., 2010). CAD/CAM işlemi sonrasında yüzeyde oluşan çizgisel izler, kumlama ile oluşturulan pürüzlü yüzeyler, düşük grenli frezlerin kullanımı ya da polisaj işlemleri zirkonyanın yüzey özelliklerini değiştirmektedir (Aboushelib ve ark., 2008b; Fischer ve ark., 2008a). Mekanik kilitlenmeyi sağlamak amacıyla yüzey pürüzlendirmesi sıklıkla uygulanan yöntemlerden biridir. Bu amaçla, aşındırıcı kağıtlar, çeşitli boyutlarda bulunan Al_2O_3 gibi partiküller ve elmas frezler kullanılabilir (Derand ve Derand, 2000).

Bu işlemler; ıslanabilirliği ve mekanik retansiyon alanını arttıran pürüzlü ve temiz yüzeyler oluşturulmasını amaçlamaktadır (Kern ve Wegner, 1998). Zirkonya üzerinde, bahsedilen yüzey işlemleri ile mikromekanik retansiyon bölgelerinin oluşturulması, zirkonya ile veneer seramiği arasında mekanik kilitlenme sağlamakta ve bağlantı direncini etkilemektedir (Aboushelib ve ark., 2005). Aynı zamanda veneer seramiği tarafından zirkonya yüzeyinin yeteri kadar ıslatılabilmesi de iki malzeme arasındaki mikromekanik restansiyonu etkileyen bir diğer faktördür (Choi ve ark., 2009).

Zirkonya yüzeyinde oluşturulan retansiyon bölgelerine, veneer seramiklerinin ulaşarak bu girintiler içerisinde iken fırınlanıp pişirilmesi ile iki yapı arasında oluşan mikromekanik kilitlenme sonucunda zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direncinin artırılması amaçlanmaktadır (Thompson ve ark., 2011).

1.11.8. Yapısal Kusurlar

Kırılgan bir materyal olan dental seramiklerde yapısal kusurların varlığı, streslerin bu bölgelerde yoğunlaşması ve kırık başlatıcı alanlar olarak

davranmasına sebep olmakta, dolayısıyla restorasyonun başarısını etkilemektedir (Scherrer ve ark., 1999). Yapısal kusurların pek çok nedeni ve türü bulunmaktadır. Bu kusurlar yüzeyde oluşabileceği gibi, materyalin içinde ya da altyapı ile veneer seramiğin bağlantı yüzeyinde meydana gelebilmektedir. Bağlantı yüzeyinde bulunan yapısal bozukluklar, eksiklikler, yüzey defektleri, yabancı maddeler, veneer seramiğin uygulaması sırasında bölgede oluşan hava kabarcıkları ya da kontaminasyonlar zirkonya ile seramik arasındaki bağlantı direncini etkilemekte ve erken başarısızlıkların meydana gelmesine neden olmaktadır (Aboushelib ve ark., 2005).

1.11.9. Faz Dönüşümü

Termal etkiler, stres yüklemesi ve zirkonyanın veneer seramiği ile çoklu fırınlanması, rezidüel streslerin gevşemesine ve altyapı ile veneer seramiğin bağlantı yüzeyinde bulunan tetragonal zirkonya kristallerinin monoklinik faza dönüşmesine neden olmaktadır (Aboushelib ve ark., 2006).

Tetragonal-monoklinik faz dönüşümünün meydana gelmesi, zirkonya altyapıda hacimsel genişlemeye ve altyapı bünyesinde iki farklı termal genişleme katsayısına sahip kristal fazın oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum yüzey gerilimleri ve lokalize stresler yaratarak, yalnızca altyapının mekanik direncini etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda veneer porseleni ile zirkonya arasındaki adezyonun zayıflamasına neden olarak bağlantı direncini de etkilemektedir (Ardlin ve ark., 2002; Tholey ve ark., 2010).

Zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerinde etkisi olan diğer faktörler; altyapının ıslanabilirliği, veneer seramiğinde meydana gelen hacimsel büzülme, oklüzal uyumsuzlukların varlığı, seramik tabakasının kalınlığı, uygulanan kuvvetin yönü, miktarı ve sıklığı, hastaya bağlı değişkenler ve yapıda meydana gelen yorulmadır (Aboushelib ve ark.,

2005; White ve ark., 2005; Aboushelib ve ark., 2006; Dündar ve ark., 2007; Fischer ve ark., 2008b).

Bu faktörlerin tümü zirkonyum oksit altyapı ile veneer seramik arasındaki bağlantı direncini ve restorasyonun klinik başarısını etkilemektedir (Aboushelib ve ark., 2005). Veneer seramiğin dikkatli seçimi, doğru uygulanması ve uygun yüzey hazırlığının yapılması altyapı ile veneer seramiği arasında başarılı bir bağlantının oluşturulmasını sağlamaktadır (Aboushelib ve ark., 2008a).

1.12. Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikler Arasındaki Bağlantı Direncini Arttırmaya Yönelik Uygulanan Yüzey İşlemleri

1.12.1. Kuşlama

Veneer seramiği ya da rezin siman ile altyapı arasındaki bağlantı direncini arttırmak amacıyla kullanılan bir yöntem olan kuşlama, farklı boyutlarda alüminyum oksit partiküllerinin basınç ile püskürtülerek, yüzeyde pürüzlülük ve buna bağlı retansiyon bölgeleri oluşturma işlemidir. Kuşlamanın en önemli fonksiyonu yüzeydeki kontaminasyonları uzaklaştırmak ve yüzey alanını artırarak tutuculuğu artırmaktır.

Zirkonyum oksit için kullanılan partikül boyutlarının 25 ile 120 µm arasında değiştiği kuşlama işleminde, uygulamanın yapılacağı yüzeyin 10 mm uzağından, 10-15 s süreyle ve yüzeye dik bir pozisyonda alüminyum oksit partikülleri püskürtülmektedir. 4-6 atmosfer basınçlı kuşlama cihazlarında gerçekleştirilen bu işlemin sonucunda pürüzlendirilmiş materyal yüzeyindeki çentikler, mekanik retansiyon sağlayıcı alanlar olarak görev yapmaktadır.

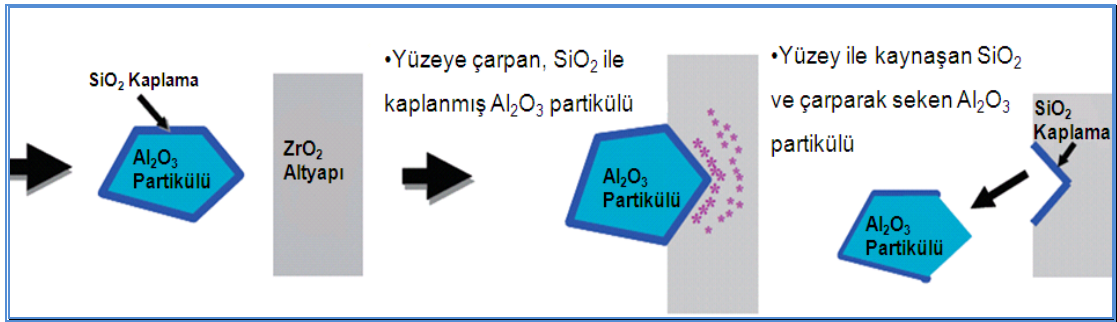
Etkinliği partiküllerin sertliğine, şekline ve büyüklüğüne bağlı olarak değişen kumlama işleminde genel bir kural olarak, kullanılan partiküllerin uygulama yapılacak materyal yüzeyinden daha sert olması gerekmektedir. Abraziv partiküllerin hızla çarpması sonucu yüzeyde oluşun defekt büyüklüğü, partikül büyüklüğü ile orantılıdır; ancak bunun yanı sıra kullanılan zirkonyum oksitlerin; kompozisyon, yoğunluk, sertlik ve gren boyutları da uygulanan yüzey işlemlerinin restorasyon üzerinde doğurduğu sonuçları etkilemektedir (Kern ve Thompson, 1993; Aboushelib ve ark., 2008a; Fischer ve ark., 2008a; Lorente ve ark., 2010).

1.12.2. Tribokimyasal Silika Kaplama

Tribokimya, kinetik enerji kullanılarak kimyasal bağların oluşturulması işlemidir. Günümüzde, tribokimyasal silikatizasyon yani tribokimyasal silika kaplama, seramik ve metal destekli restorasyonlarda simantasyon öncesinde ve sabit restorasyonlarda seramik kırıklarının tamirinde, silanizasyonu ve rezin adezyonunu sağlamak için reaktif ve silikadan zengin seramik yüzeyi oluşturulması amacıyla kullanılmaktadır. Silika kaplama işleminde gereken enerjinin, objeye kinetik enerji formunda transfer edilmesinden ötürü herhangi bir ısıl değişim meydana gelmemektedir. Bu nedenle uygulanan yüzey işlemine 'soğuk silikatizasyon' adı da verilmektedir (Heikkinen ve ark., 2010).

Rocatec sistemi (Rocatec, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve varyasyonu olan CoJet sistemi (CoJet, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) silika-modifiye alüminyum triksitin kullanıldığı hava basınçlı mikrokumlama sistemleridir (Heikkinen ve ark., 2010). CoJet, metal-seramik ve tam seramik restorasyonların kırıklarının kompozit rezin ya da adeziv siman ile direkt tamiri gibi klinik prosedürler için; Rocatec ise laboratuvar kullanımı için tasarlanmıştır. Ancak her iki sistem de yüzeyin silikatizasyonunu ve silanizasyonunu sağlamaktadır (Valandro ve ark., 2005).

Rocatec sistemi, yüzeyi temizlemek ve hazırlamak için kullanılan Rocatec Pre (110 μ m Al₂O₃), silika kaplama işlemi için kullanılan Rocatec Soft (silisyum dioksit-SiO₂ ile kaplanmış 30 μ m Al₂O₃), Rocatec Plus (SiO₂ ile kaplanmış 110 μ m Al₂O₃) ve silandan oluşmaktadır. Sistemin işleyişinde ilk basamak 110 μ m boyutundaki Al₂O₃ partikülleri ile yüzeyin mikroskobik düzeyde pürüzlendirilmesi sonucu mekanik retansiyonun sağlanmasıdır. İkinci aşama özel yüzey kaplaması ile adeziv bir silika tabakasının oluşturulması ve üçüncü aşama silan uygulaması ile silika kaplı yüzey ve rezin matris arasındaki bağlantının geliştirilmesidir (Chai ve ark.,2011). (Şekil1.2)



Şekil 1.2. Tribokimyasal silika kaplama işlemi (Thompson ve ark., 2011)

Silika kaplama sistemleri, silika ile modifiye alumina partiküllerinin yüksek hızla yüzeye çarptıkları esnada üzerlerinde bulunan silikanın yüzey ile kaynaşması sonucu bölgenin silika ile kaplanmasını amaçlamaktadır. Bu şekilde SiO₂'nin tribokimyasal transferi gerçekleştirilmekte, böylece metal ve seramik altyapıların bağlantı direnci arttırılmaktadır (Valandro ve ark., 2005; Xible ve ark., 2006; Fischer ve ark., 2008).

1.13. Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantı Direncinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Test Yöntemleri

1.13.1. Mikrogerilim Bağlantı Testi

Mikrogerilim bağlantı testleri; esas örnekten elde edilen, yüzey alanı 1mm^2 olan mikrobarların iki ucundan yapıştırıldığı tablada, kopma meydana gelene kadar 1mm/dak hızla çekilerek bağlantı direncinin kaydedildiği in vitro test yöntemidir. Birim alana düşen gerilim direnci, uygulanan maksimum kuvvetin mikrobarların yüzey alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (El Zohairy ve ark., 2004).

Kuvvetin bağlantı yüzeyine dik uygulandığı test yönteminde, boyut olarak oldukça küçük mikrobarların kullanımı yapısal kusurların devreye girme şansını azaltmaktadır. Bu durum altyapı ile veneer seramiğin bağlantı direncinin titizlikle hesaplanabilmesini ve standardize verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bir diğer yandan mikrobarları elde etmek amacıyla kırılğan örneklerin kesimi, büyük dikkat ve hassasiyet gerektirmekte, aksi halde kesim hataları ve mikrobarlarda beklenmedik çatlaklar meydana gelebilmektedir. Yeni ve keskin bıçaklar ile yüksek devirde, düşük hızda kesim yapmak titreşimi azaltmakta ve örneklerin düzgün kesilmesini sağlamaktadır (Aboushelib ve ark., 2008a; 2008b; 2008c).

Altyapı ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direncinin ölçümünde bu testin kullanımı gerilim direncinin doğrudan değerlendirilmesini sağlamaktadır. Ancak bilinmelidir ki, altyapı ile veneer seramiğin farklı elastik modülöslere sahip olması ve örneklerin tabla üzerine tam paralel yapıştırılamaması, mikrobarlarda homojen olmayan stres dağılımına neden olmaktadır (Aboushelib ve ark., 2006). Ayrıca, porselen yüzeyinde oluşabilecek yapısal kusurlar düzensiz stres dağılımı ile sonuçlanarak, erken porselen kopmalarına neden olmakta, bu yüzden dental seramiklerden elde edilen

ufak örneklerde yapısal hatalar oluşturmamak için oldukça hassas çalışılması gerekmektedir (Aboushelib ve ark., 2008b; Saito ve ark., 2010).

1.13.2. Makaslama Bağlantı Testi

Bağlantı direncinin değerlendirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan makaslama testi, iki farklı materyalden oluşan örnekler arasındaki bağlantıda ayrılma meydana gelene kadar, 0.5mm/dak hızla makaslama kuvvetinin uygulandığı in vitro test yöntemidir. Birim alana düşen makaslama direnci, uygulanan maksimum kuvvetin bağlantı yüzey alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (Al-Dohan ve ark., 2004; Aboushelib ve ark., 2006; Saito ve ark., 2010).

Uygulaması kolay ve hızlı sonuç alınan bir yöntem olan makaslama testi, bağlantı bölgesinde homojen olmayan stres dağılımlarının meydana gelmesi nedeniyle eleştirilmektedir (DeHoff ve ark., 1995). Örnek bünyesinde oluşan bu anormal stres konsantrasyonu çoğunlukla koheziv kırıkların gözlenmesine neden olmaktadır. Bu durum sonuçların yanlış yorumlanması, beklenenden daha düşük değerlerin elde edilmesi ve dolayısıyla materyallerin hatalı sıralanması ile sonuçlanabilmektedir (Aboushelib ve ark., 2008a; Saito ve ark., 2010). Bunların yanı sıra elde edilen veriler, örnek geometrisinden ve yükleme esnasında düzensiz stres dağılımının meydana gelmesinden de büyük ölçüde etkilenmektedir (Dündar ve ark., 2007).

1.14. Zirkonyum Oksit Altyapılar ile Veneer Seramikleri Arasındaki Kırık Yüzeyini Analiz Yöntemleri

1.14.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların örnek üzerine odaklanması, ve bu elektron demetinin örnek yüzeyinde taratılması ile görüntü elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Elektron-örnek etkileşimlerinden gelen sinyaller eksternal morfoloji, kimyasal kompozisyon, kristalin yapısı ve örneği oluşturan materyallerin düzeni ile ilgili bilgi vermektedir. Günümüzde modern taramalı elektron mikroskoplarının ayırım gücü 0,05 nm' ye kadar inmiştir ve büyütme miktarı x5 - x300 000 arasında değişmektedir (Flegler ve ark., 1993).

SEM analizinde elektron etkileşimleri ile ortaya çıkan X ışınları, örnekte hacim kaybına neden olmamakta, dolayısıyla aynı materyali tekrar tekrar analiz etme olanağı sağlamaktadır. Bu nedenle SEM analizi “yıkıcı olmayan” bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Örneklerin katı olmasını gerektirmesi, yatay uzunluğu maksimum 10 cm, vertikal uzunluğu ise maksimum 40 mm olan örneklerin analiz edilmesine imkan vermesi ve hidrojen, helyum, lityum gibi çok hafif elementleri algılayamaması, SEM analiz yönteminin dezavantajlarını oluşturmaktadır (serc.carleton.edu, 2010).

1.14.2. X Işını Floresan Spektroskopisi (X Ray Fluorescence Spectroscopy, XRF)

X-ışını floresan spektrometresi; taşların, minerallerin, çökeltilerin ve sıvıların rutin ve nispeten hasarsız kimyasal analizinde kullanılan bir X ışını cihazıdır. Temelde SEM ile aynı prensiplere sahip olan XRF yönteminde analiz, materyalde bulunan majör ve eser elementlerin radyasyonla etkileşimleri sonucu sergiledikleri davranışları ile gerçekleşmektedir. Ortaya çıkan foton enerjisi, belirli bir elementteki spesifik elektron yörüngeleri arasındaki geçişe bağlı olduğu için, sonuçta ortaya çıkan floresan x ışınları, örnekte bulunan elementlerin çokluğu hakkında bilgi vermektedir.

XRF' in uygulama alanları, volkanik, sedimental ve metamorfik petroloji, toprak araştırmaları, madencilik, çimento üretimi, metalurji, çevresel araştırmalar, petrol endüstrisi, cam ve seramik üretimi olarak sayılabilmektedir.

XRF yöntemi, nispeten büyük örneklerin (>1gr), toz haline getirilebilen ve homojenize edilebilen materyallerin, taş ve çökeltilerdeki majör ve eser elementlerin kütleli kimyasal analizini içeren araştırmalar için uygun bir yöntemdir (serc.carleton.edu, 2010).

Zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı mekanizmasının üretim ve uygulama faktörlerinden etkilendiği bilinmekte olup; üretici firmalar zirkonya ile veneer seramiklerinin üretim özelliklerinin birbirine yakın olduğunu ifade etmektedir. Bu durum uygulama aşamasında ortaya çıkan olumsuzlukların bağlantı direnci üzerine etkisini ön plana çıkarmaktadır. Araştırmamızda bu faktörlerden belli parametreler ele alınarak, zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerine etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmamızda renkli ve beyaz Vita In-Ceram YZ zirkonya altyapı yüzeyleri kumlama ve silika kaplama işlemlerine tabi tutulmuş, bu yüzeyler üzerine tabakalama ve presleme yöntemleri ile veneer seramikleri uygulanmıştır. Kumlanmış ve tabaka seramik uygulanmış beyaz zirkonya örnekler kontrol grubu olarak kaydedilmiş ve tüm örneklerin bağlantı direnç değerleri makaslama ve mikrogirilm test yöntemleri kullanılarak tesbit edilmiştir.

Araştırma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma Merkezi ve Doğa Dental Diş Protez Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Araştırmada kullanılan materyal ve cihazlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Araştırmada kullanılan materyal ve cihazlar

Materyal ve Cihazlar	Üretici Firmalar
Vita In-Ceram YZ	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya
Vita VM9 Base Dentine Üstyapı Seramiği	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya
Vita PM 9 Üstyapı Seramiği	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya
YZ Coloring Liquid LL1 Renklendirme Solüsyonu	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya
Rocatec Pre Aşındırma Materyali	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya
Rocatec Plus Aşındırıcı Kaplama Materyali	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya
Rocatec Junior Silika Kaplama Modülü	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya
Espe Sil Silan	3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya
Meliodent Akrilik Rezin	Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya
Micracut Hassas Kesim Cihazı	Metkon, Bursa, Türkiye
Lloyd-LRX Instron Cihazı	Lloyd Instruments, Fareham, İngiltere
Combilabor CL-FSG3 Kumlama Cihazı	Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya
Stereomikroskop	Leica Microsystems, Frankfurt, Almanya
JSM-6490LV Taramalı Elektron Mikroskobu	JEOL Ltd., Tokyo, Japonya
Dreibettmasse One4Three Investment Revetman	Klasse 4 Dental GmbH, Augsburg, Almanya
MIHM-VOGT Sinterleme Fırını	MIHM-Vogt GmbH & Co., Karlsruhe, Almanya
Multimat Touch & Press Pres Fırını	Dentsply, York, PA, USA
Microtensile Tester Mikrogerilim Test Cihazı	Bisco Inc., USA
Bison Bond Siyanoakrilat Yapıştırıcı	Bison International B.V., Goes, Hollanda
CeramFireS Porselen Fırını	Ceramco, Dentsply, York, PA, USA

Makaslama testi için her grupta 10'ar adet olmak üzere 80, mikrogerilim testi için her grupta 20'şer adet olmak üzere 160, toplam 240 örnek üzerinde çalışmamız gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2.2'de deney gruplarında kullanılan zirkonya çeşitleri, yüzey işlemleri ve veneer porselenleri belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. Deney gruplarında kullanılan zirkonya çeşitleri, yüzey işlemleri ve veneer porselenleri

1. Grup	Beyaz Zirkonya + Kumlama + Tabaka Seramik
2. Grup	Beyaz Zirkonya + Kumlama + Pres Seramik
3. Grup	Beyaz Zirkonya + Silika Kaplama + Tabaka Seramik
4. Grup	Beyaz Zirkonya + Silika Kaplama + Pres Seramik
5. Grup	Renkli Zirkonya + Kumlama + Tabaka Seramik
6. Grup	Renkli Zirkonya + Kumlama + Pres Seramik
7. Grup	Renkli Zirkonya + Silika Kaplama + Tabaka Seramik
8. Grup	Renkli Zirkonya + Silika Kaplama + Pres Seramik

2.2. Makaslama Bağlantı Test Örneklerinin Hazırlanması

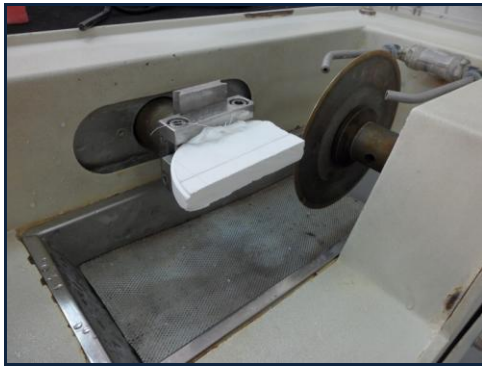
2.2.1. Beyaz Zirkonyum Oksit Altyapılarının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan zirkonyum oksit örnekler prefabrik Vita In-Ceram YZ (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) disklerden elde edilmiştir (Şekil 2.1).

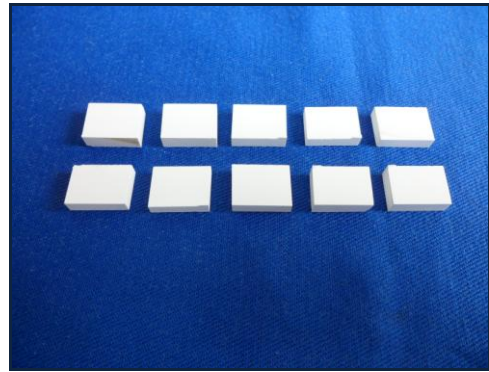


Şekil 2.1. Vita In-Ceram YZ disk

Makaslama testinin geometrik şekillere sahip örnekler gerektirmesi nedeniyle zirkonyum oksit diskler Micracut hassas kesim cihazı kullanılarak kesilmiştir. Sinterlenmemiş zirkonyum oksit blok, hassas kesim cihazının tutucu unsuruna yerleştirilerek hareket etmesi önlenmiş ve kesimi yapacak olan disk şeklindeki elmas bıçağın dönme hızı 200 devir/dak. olarak ayarlanmıştır (Şekil 2.2). Zirkonya bloktan sinterleme büzülmesi dikkate alınarak makaslama testi için uygun boyutlarda, dikdörtgen şeklinde toplam 80 adet örnek elde edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. Hassas kesim cihazının yerleştirilmiş zirkonyum oksit disk



Şekil 2.3. Elde edilen dikdörtgen şeklinde örnekler

Elde edilen örnekler firmanın önerileri doğrultusunda su ile yıkanıp kurutulduktan sonra MIHM-VOGT sinterleme fırınında 1530 °C'de, 7.5 saat süreyle sinterlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. MIHM-VOGT sinterleme fırını

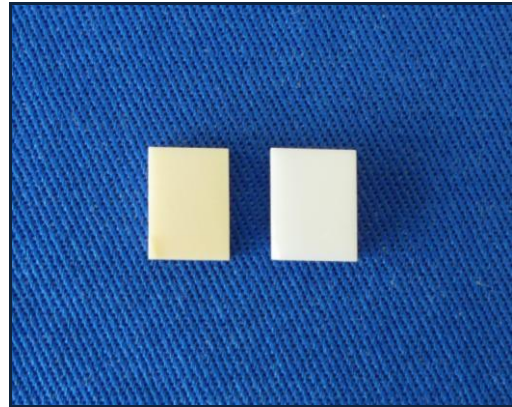
Makaslama testi için elde edilen örneklerin sinterleme sonrası boyutları 11mm x 8.3mm x 2.8mm olarak kaydedilmiştir.

2.2.2. Renkli Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması

Zirkonyum oksit disklerden, Micracut hassas kesim cihazı ile elde edilen örnekler, sinterleme işleminden önce YZ Coloring Liquid LL1 (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) renklendirme solüsyonu içinde firmanın önerileri doğrultusunda 2 dakika bekletilmiştir (Şekil 2.5). Fazla solüsyonun kağıt peçete yardımıyla uzaklaştırılmasının ardından örnekler kurumaya bırakılmış ve renklendirilen örnekler sinterleme işlemi uygulanmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.5. YZ Coloring Liquid renklendirme solüsyonu



Şekil 2.6. Beyaz ve renklendirilmiş örnekler

2.2.3. Mekanik Retansiyonu Arttırıcı Yüzey İşlemleri

Beyaz ve renkli zirkonyum oksit örneklerden her grup için 40 adet olmak üzere, toplam 80 örnek elde edilmiş, örneklerin yüzey retansiyonunu arttırmak amacıyla yarısına kuşlama, diğer yarısına tribokimyasal silika kaplama işlemi uygulanmıştır. Makaslama testi için hazırlanan zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri çizelge 2.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. Zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri

Altyapı Rengi	Yüzey İşlemi	Örnek Sayısı
Beyaz ZrO ₂	Kumlama	20
Beyaz ZrO ₂	Silika Kaplama	20
Renkli ZrO ₂	Kumlama	20
Renkli ZrO ₂	Silika Kaplama	20

2.2.3.1. Kumlama

Elde edilen zirkonyum oksit örneklerin bağlantı yüzeyleri, 110 µm Al₂O₃ partiküllerinden oluşan Rocatec Pre aşındırma materyali (3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya) kullanılarak, Combilabor CL-FSG3 Kumlama Cihazı (Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya) ile 1 cm mesafeden, 2.8 bar basınç altında, 23 saniye kumlanmıştır (Şekil 2.7, 2.8).



Şekil 2.7. Combilabor CL-FSG3 Kumlama Cihazı



Şekil 2.8. Rocatec Pre aşındırma materyali

2.2.3.2. Tribokimyasal Silika Kaplama

Tribokimyasal silika kaplama yöntemi ile yüzeyde homojen bir silika tabakası oluşturabilmek için örneklerin bağlantı yüzeyleri kullanım talimatı doğrultusunda öncelikle 110 µm Al₂O₃ partiküllerinden oluşan Rocatec Pre

aşındırma materyali kullanılarak 1 cm mesafeden, 2.8 bar basınç altında, 10 saniye kumlanmıştır.

Pürüzlendirme işleminin ardından, Rocatec Junior Silika Kaplama Modülü içerisine doldurulan, silisyum oksit ile kaplanmış 110 μm Al_2O_3 partiküllerinden oluşan Rocatec Plus aşındırıcı kaplama materyali (3M ESPE AG Dental Products, Seefeld, Almanya); örnek yüzeylerine, 1 cm uzaklıktan, 2,8 bar basınç altında ve 13 saniye uygulanmıştır (Şekil 2.9, 2.10).



Şekil 2.9. Rocatec Junior Silika Kaplama Modülü



Şekil 2.10. Rocatec Plus aşındırıcı kaplama materyali

2.2.4. Zirkonyum Oksit Altyapıların Veneer Porselenleri ile Kaplanması

Yüzey işlemleri tamamlanmış olan örneklerin yarısına geleneksel tabakalama tekniği kullanılarak, diğer yarısına ise presleme tekniği kullanılarak veneer porselenleri uygulanmıştır. Örnek sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer seramikleri çizelge 2.4'te belirtilmiştir.

Çizelge 2.4. Örnek sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer seramikleri

Altyapı Rengi	Yüzey İşlemi	Veneer Seramikleri	Örnek Sayısı
Beyaz	Kumlama	Tabakalama	10
		Presleme	10
Beyaz	Silika Kaplama	Tabakalama	10
		Presleme	10
Renkli	Kumlama	Tabakalama	10
		Presleme	10
Renkli	Silika Kaplama	Tabakalama	10
		Presleme	10

2.2.4.1. Tabakalama Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması

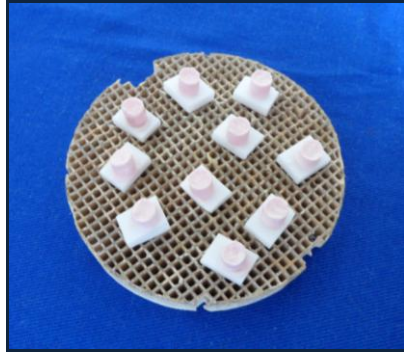
Zirkonyum oksit örnekler üzerine veneer porselenin standart boyutlarda uygulanabilmesi için metal kalıp kullanılmıştır. 5 mm çapına sahip 5 adet deliğin bulunduğu 3 mm kalınlığındaki iki katlı kalıbın arasına örnekler sabitlenmiştir (Şekil 2.11).



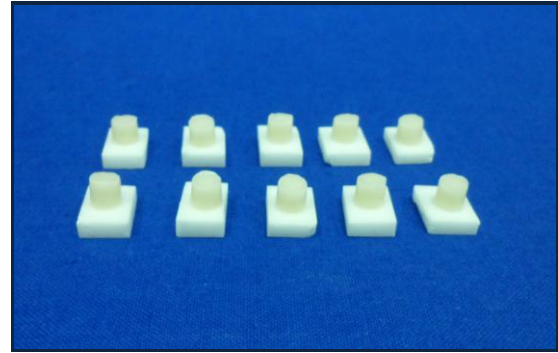
Şekil 2.11. Örnek hazırlamada kullanılan metal kalıp

Zirkonyum oksit altyapılar için özel olarak hazırlanmış porselen tozu Vita VM9 Base Dentine (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) VITA VM Modelling likiti ile karıştırılmış ve kalıbın üst parçasında bulunan deliklerden,

tabakalama tekniği kullanılarak örnekler üzerine uygulanmıştır. Fazla nem peçete yardımı ile uzaklaştırılmış ve hazırlanan örnekler üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda fırınlanmıştır. İlk fırınlamadan sonra porselende meydana gelen büzölme nedeniyle örnekler üzerine ilave porselen yığılarak ikinci kez fırınlanmıştır (şekil 2.12, 2.13).



şekil 2.12. Fırınlanmamış Örnekler



şekil 2.13. Fırınlanmış örnekler

Vita VM9 Base Dentine için tevsiye edilen fırınlama ısıları ve süreleri çizelge 2.5'te belirtilmiştir.

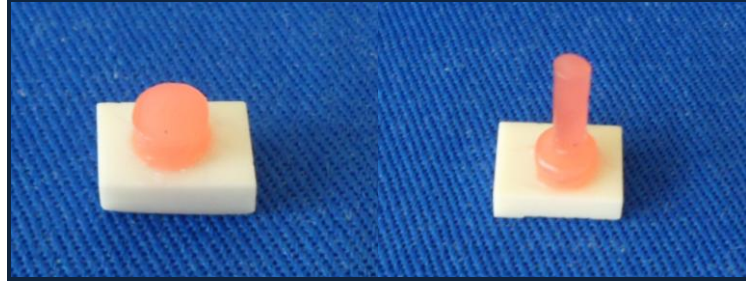
Çizelge 2.5. Vita VM9 Base Dentine için pişirme ısıları ve süreleri

Hazırlık Isısı (°C)	500	Pişirme derecesi (°C)	910
Önkurutma Süresi (dak.)	6	Pişirme derecesinde durma süresi (dak.)	1
Hazırlık Süresi (dak.)	7.27	Vakumda durma süresi (dak.)	7.27
Isının 1 dakikada yükselme derecesi (°C)	55		

2.2.4.2. Presleme Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması

Zirkonyum oksit örnekler, 5 mm çapına sahip 5 adet deliğin bulunduğu 3 mm kalınlığındaki iki katlı kalıbın arasına sabitlenmiş, kalıbın üst parçasında bulunan deliklerden, presleme tekniği için örnekler üzerine mum modelajı

yapılmış ve modelaj işleminin ardından örnekler kalıptan uzaklaştırılarak döküm tijleri bağlanmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Modelajı tamamlanmış ve tijlenmiş örnekler

Modelajı tamamlanan örnekler silikon manşet içerisine sabitlenmiş ve (Dreibettmase One4Three Investment) revetman tozu ile likiti önerilen oranlarda karıştırılarak manşete dökülmüştür (Şekil 2.15, 2.16).

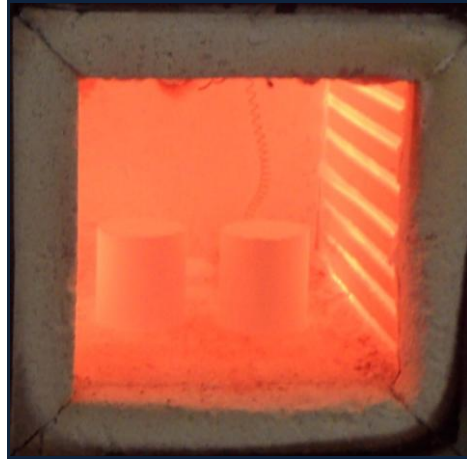


Şekil 2.15. Manşet içerisine sabitlenen örnekler



Şekil 2.16. Manşet içerisine revetman dökümü

Sertleştikten sonra manşetten ayrılan revetman, 850 °C sıcaklığındaki ön ısıtma fırınına yerleştirilmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Ön ısıtma fırınında bulunan revetmanlar

Ön ısıtma işleminin ardından revetman içerisine Vita PM9 seramik tableti (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) ve pres pistonu yerleştirilmiş, döküm işlemi için hazır olan düzenek Multimat Touch & Press presleme fırını (Dentsply, York, PA, USA) içine koyulmuştur (Şekil 2.18, 2.19).



Şekil 2.18. Multimat Touch & Press presleme fırını



Şekil 2.19. Fırın içerisine yerleştirilmiş revetman manşet

Isı ve basınç ile döküm tekniğinde uygulanan ısıl işlemler çizelge 2.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 2.6. Vita PM9 için pişirme ısıları, basınç ve süreleri

Hazırlık Isısı (°C)	700	Pişirme derecesinde durma süresi (dak.)	20
Hazırlık Süresi (dak.)	6	Basınç	4.7
Pişirme derecesi (°C)	1000	Presleme süresi (dak.)	10
Isının 1 dakikada yükselme derecesi (°C)	50		

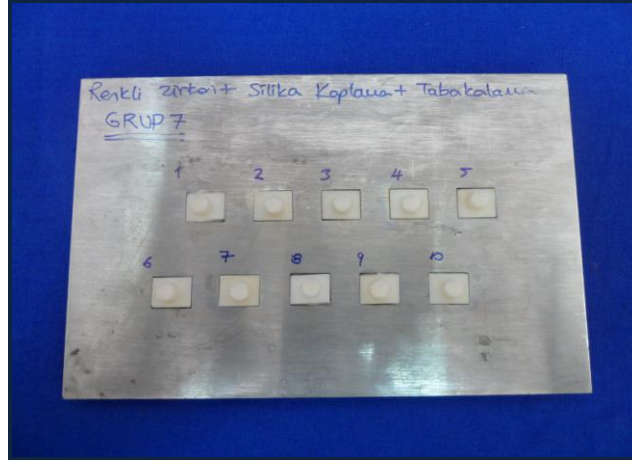
Presleme işleminin ardından fırından alınan revetman soğumaya bırakılmış, soğuyan revetmandan piston ve örnekler çıkartılmıştır (Şekil 2.20). Örnekler üzerindeki revetman artıkları uzaklaştırılmış ve döküm yolları elmas frez yardımı ile kesilmiştir.



Şekil 2.20. Presleme işlemi sonrası örnekler

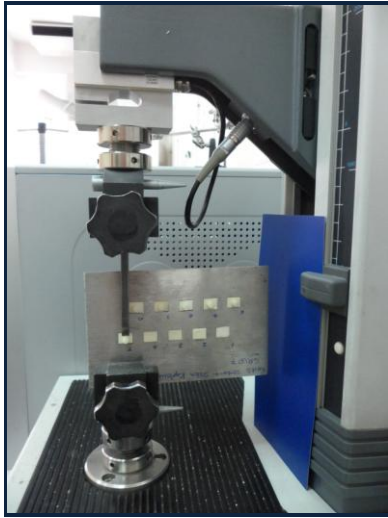
2.2.5. Makaslama Bağlantı Testinin Uygulanması

Hazırlanan örneklerin zarar görmeden test cihazına yerleştirilebilmesi için 1,5 × 14,5 × 25 mm kalınlığında, üzerinde 10 adet 12 mm × 9 mm boyutlarında deliklerin bulunduğu paslanmaz çelik plaka hazırlanmış ve örnekler bu plaka içerisine otopolimerizan akrilik rezin kullanılarak sabitlenmiştir (Şekil 2.21)

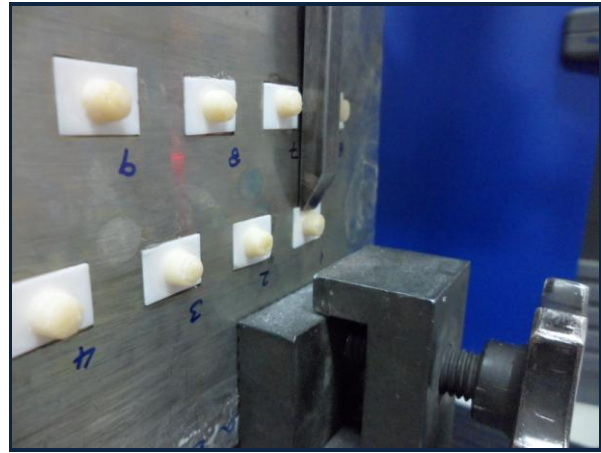


Şekil 2.21. Çelik plakaya sabitlenmiş örnekler

Makaslama bağlantı testi, Universal Testing Machine (Lloyd-LRX; Lloyd Instruments, Fareham, İngiltere) cihazında, 0.5 mm/dak. hızında yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.22, 2.23).



Şekil 2.22. Makaslama bağlantı test cihazına sabitlenen örnekler

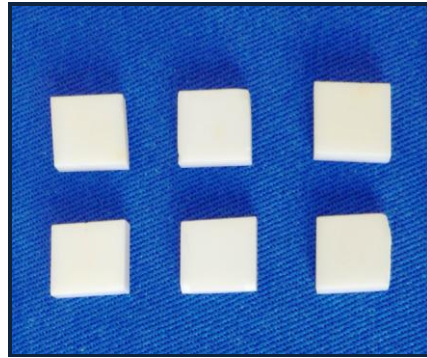


Şekil 2.23. Makaslama bağlantı testinin uygulandığı örnekler

2.3. Mikrogerilim Bağlantı Test Örneklerinin Hazırlanması

2.3.1. Beyaz Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması

Uygulanacak olan mikrogerilim bağlantı testinin, geometrik şekillere sahip örnekler gerektirmesi nedeniyle, zirkonyum oksit altyapılar Micracut hassas kesim cihazı kullanılarak kesilmiş ve zirkonyum oksit bloklardan elde edilen kare şeklindeki örneklerin sinterleme sonrası boyutları 11 mm x 11 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Kare şeklinde hazırlanan örnekler

2.3.2. Renkli Zirkonyum Oksit Altyapıların Hazırlanması

Zirkonyum oksit bloklardan elde edilen kare şeklindeki örnekler, renklendirme solüsyonunda 2 dakika bekletilmiş, kurutulmasının ardından sinterleme fırınında sinterleme işlemine tabi tutulmuştur.

2.3.3. Mekanik Retansiyonu Arttırıcı Yüzey İşlemleri

Beyaz ve renklendirilmiş zirkonyum oksit örneklerden altyapıyı oluşturacak gruplar için toplam 24, her grup için toplam 12 adet örnek elde edilmiştir. Örneklerin yarısına yüzey retansiyonunu arttırmak amacıyla kumlama,

yarısına tribokimyasal silika kaplama işlemi uygulanmıştır. Mikrogerilim bağlantı testi için hazırlanan zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri çizelge 2.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.7. Zirkonyum oksit örnekler ve uygulanan yüzey işlemleri

Altyapı Rengi	Yüzey İşlemi	Altyapı Sayısı
Beyaz ZrO ₂	Kumlama	6
Beyaz ZrO ₂	Silika Kaplama	6
Renkli ZrO ₂	Kumlama	6
Renkli ZrO ₂	Silika Kaplama	6

2.3.4. Zirkonyum Oksit Altyapılarının Veneer Porselenleri ile Kaplanması

Yüzey işlemleri tamamlanmış olan örneklerin yarısına geleneksel tabakalama tekniği kullanılarak, diğer yarısına ise presleme tekniği kullanılarak veneer porselenleri uygulanmış, örnek sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer porselenleri çizelge 2.8'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.8. Örnekler sayıları, uygulanan yüzey işlemleri ve veneer seramikleri

Altyapı Rengi	Yüzey İşlemi	Veneer Seramikleri	Örnek Sayısı
Beyaz	Kumlama	Tabakalama	3 (20 adet mikrobar)
		Presleme	3 (20 adet mikrobar)
Beyaz	Silika Kaplama	Tabakalama	3 (20 adet mikrobar)
		Presleme	3 (20 adet mikrobar)
Renkli	Kumlama	Tabakalama	3 (20 adet mikrobar)
		Presleme	3 (20 adet mikrobar)
Renkli	Silika Kaplama	Tabakalama	3 (20 adet mikrobar)
		Presleme	3 (20 adet mikrobar)
Mikrogerilim Testi Toplam Örnek Sayısı			160 adet mikrobar

2.3.4.1. Tabakalama Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması

Zirkonyum oksit örneklerin yüzeyine üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda hazırlanan veneer porseleni, örnek yüzeyini tamamen kaplayacak ve 3mm kalınlığında olacak şekilde tabakalama tekniği kullanılarak uygulanmıştır. Fazla nem peçete yardımı ile uzaklaştırılmış ve hazırlanan örnekler fırınlanmıştır. İlk fırınlamadan sonra porselende meydana gelen büzülme nedeniyle örnekler üzerine ilave porselen yığılarak ikinci kez fırınlanmıştır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Tabaka seramiği uygulanmış örnek

2.3.4.2. Presleme Tekniği Kullanılarak Veneer Porseleninin Uygulanması

Zirkonyum oksit örneklerin yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde 3 mm kalınlığında mum modelaj yapılmış ve modelaj işleminin ardından örnekler üzerine döküm tijleri bağlanarak silikon manşet içerisine sabitlenmiştir. Karıştırılan revetman manşet içerisine dökülmüş ve ön ısıtma işleminin ardından pres fırınında seramiğin dökümü gerçekleştirilmiştir. Fırından çıkartılan revetman soğuduktan sonra örnekler ve piston çıkartılmış, örnekler üzerindeki revetman artıkları uzaklaştırılmış ve döküm yolları elmas frez yardımı ile kesilmiştir (Şekil 2.26, 2.27).



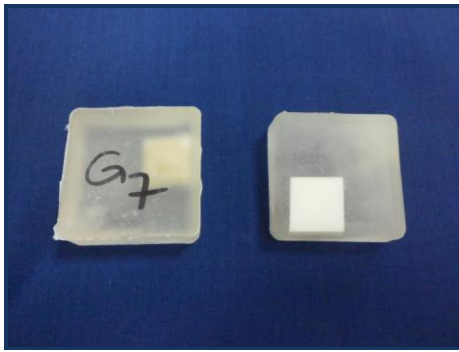
Şekil 2.26. Mum modelajı yapılmış örnek



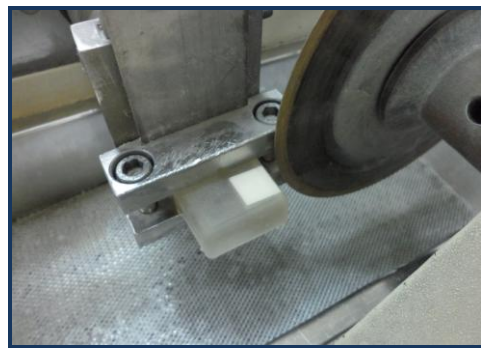
Şekil 2.27. Preslenen seramik uygulanmış örnek

2.3.5. Mikrogerilim Bağlantı Testinin Uygulanması

Mikrogerilim bağlantı testinin uygulanabilmesi için gerekli olan mikrobarları elde etmek amacıyla tüm örnekler akrilik rezin bloklar içerisine gömülmüş, böylece örneklerin, mikrobarlara ayrılmaları için kullanılan Mikracut hassas kesim cihazına zarar görmeden sabitlenebilmesi sağlanmıştır (Şekil 2.28, 2.29).

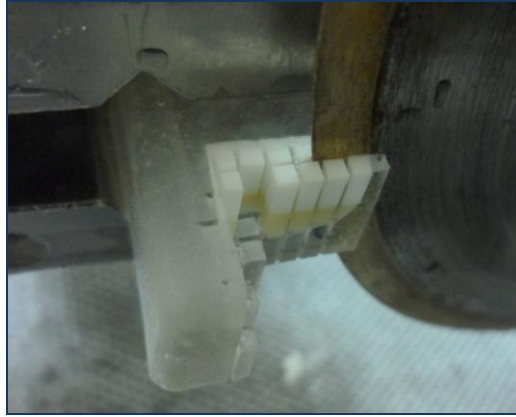


Şekil 2.28. Akrilik rezin blok içerisine gömülmüş örnekler



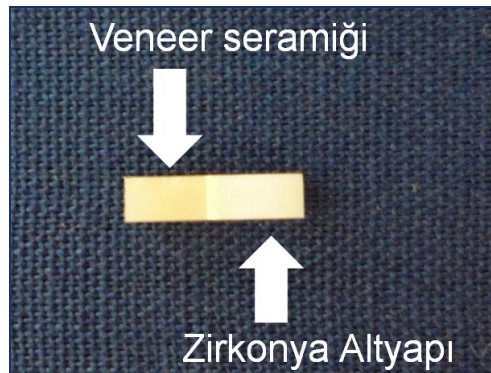
Şekil 2.30. Hassas kesim cihazına sabitlenmiş örnek

Akril blok içerisine gömülü haldeki örneklerden önce enine daha sonra boyuna kesitler alınarak, 6 mm × 1 mm × 1 mm boyutlarında mikrobarlar elde edilmiştir (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Mikrobarlara ayrılan örnek

Elde edilen mikrobarlar, stereomikroskop altında kırık ya da çatlak oluşumu bakımından kontrol edilmiş ve her grup için toplam 20 adet mikrobar seçilmiştir (Şekil 2.31).

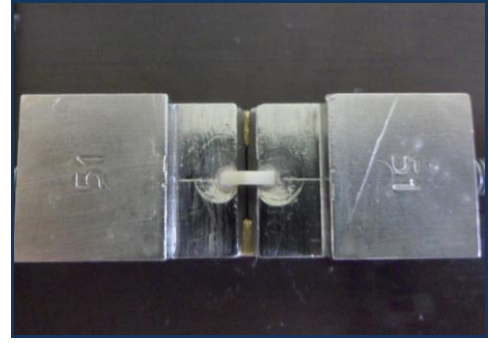


Şekil 2.31. Elde edilen mikrobar örneği

Seçilen mikrobarlar mikrogerilim bağlantı cihazının tablasına siyanoakrilat yapıştırıcı kullanılarak her iki ucundan sabitlenmiştir. Sabitleme işlemi sırasında mikrobarın, tablanın uzun eksenine ve yere paralel olmasına, zirkonyum oksit ile veneer seramiğin bağlantı yüzeyinin tablanın serbest bölgesinin merkezinde kalacak şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir (Şekil 2.32, 2.33).



Şekil 2.32. Mikrogerilim test cihazı



Şekil 2.33. Tablaya sabitlenmiş mikrobar

Mikrogerilim bağlantı testi, Bisco Microtensile Tester (Bisco Inc. USA) cihazında, 1 mm/dak hızında yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir.

2.4. Örneklerin Kopma Yüzeylerinin İncelenmesi

Kopma yüzeyleri stereomikroskop (Leica Microsystems, Frankfurt, Almanya) kullanılarak x25 büyütmede incelenmiş ve kopma türlerine göre örnekler 3 grup altında toplanmıştır:

Koheziv kopma: Yalnızca veneer porselenin bünyesinde gerçekleşen kopma türü

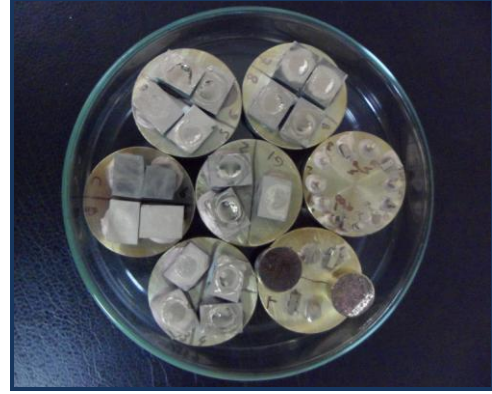
Adeziv kopma: Bağlantı yüzeyinden veneer porselenin kütleli olarak tamamen uzaklaşması

Kombine kopma: Bağlantı yüzeyinin açığa çıkması ile beraber, kopma hattına veneer porselenin de dahil olduğu, adeziv ve koheziv kopmanın kombinasyonu

Stereomikroskop görüntülerinde kopma türleri kesin olarak saptanmakla beraber her gruptan seçilen örnekler, daha ileri bir inceleme için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi (JSM-6490LV, JEOL Ltd., Tokyo, Japonya) ile değerlendirilmiştir (Şekil 2.34, 2.35).



Şekil 2.34. Taramalı Elektron Mikroskobu



Şekil 2.35. Altınla kaplanmış örnekler

Makaslama ve mikrogerilim testleri sonrası kopma yüzeyleri arasındaki farklılıklar, silika kaplama ve kumlamanın zirkonyum üzerinde oluşturduğu retansiyon bölgeleri, renklendirilmiş zirkonyum ile beyaz zirkonyum arasındaki görsel farklar SEM analizi ile saptanmıştır.

XRF analizi kullanılarak, silika kaplama işlemi sonrası yüzeyde oluşan silika tabakasının, zirkonyum altyapıların ve kullanılan veneer seramiklerin temel kimyasal yapıları kesin olarak analiz edilmiştir.

2.5. İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS for Windows 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, Amerika) istatistik paket programında yapılmış, verilerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Shapiro Wilk testi ile, varyansların homojenliği ise Levene testi ile araştırılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama \pm standart sapma veya ortanca (minimum - maksimum) şeklinde gösterilmiştir.

Renk, yüzey işlemi ve seramik türlerinin makaslama testi ortalamaları üzerindeki etkileri, Çok-Yönlü Varyans analizi (Multi-Way ANOVA) ile

değerlendirilmiş, gruplar arasında mikrogerilim ortanca değerleri yönünden farkın önemliliği ise Mann Whitney U testiyle incelenmiştir.

$p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiş, olası tüm çoklu karşılaştırmalarda Tip I hatayı kontrol altına alabilmek amacıyla Bonferroni Düzeltmesine başvurulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Makaslama Test Bulguları

Yapmış olduğumuz makaslama bağlantı testinde, 8 deney grubunun her birinde 10 adet olmak üzere toplam 80 adet örnekte, zirkonyum oksit altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı kuvvet değerleri incelenmiştir. Çalışmamızda beyaz ve renkli zirkonyum oksit altyapılara uygulanan yüzey işlemleri ile seramik uygulama yöntemleri ve elde edilen makaslama bağlantı değerleri çizelge 3.1, 3.2, ve 3.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçları

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Makaslama Testi (MPa)
Beyaz	Kumlama	Tabakalama	10	20,61±2,07
		Presleme	10	24,39±1,65
		Toplam	20	22,50±2,66
	Silika kaplama	Tabakalama	10	27,18±2,37
		Presleme	10	30,41±1,59
		Toplam	20	28,79±2,57
Genel		Tabakalama	20	23,89±4,00
		Presleme	20	27,40±3,47
		Toplam	40	25,65±4,10

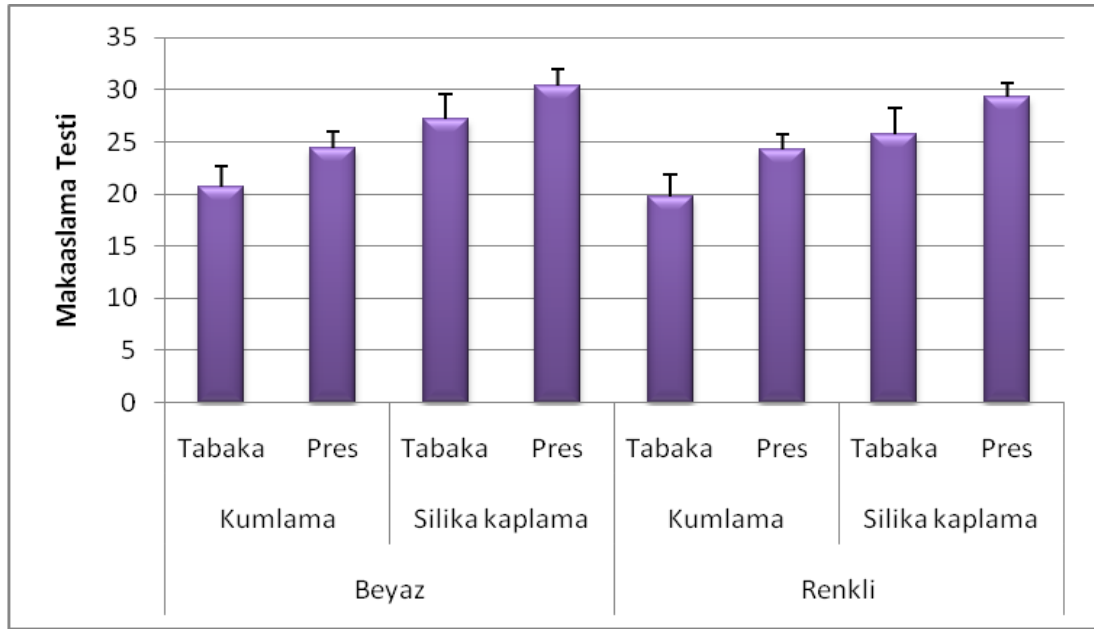
Çizelge 3.2. Renkli zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçları

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Makaslama Testi (MPa)
Renkli	Kumlama	Tabakalama	10	19,70±2,16
		Presleme	10	24,25±1,51
		Toplam	20	21,97±2,96
	Silika kaplama	Tabakalama	10	25,66±2,58
		Presleme	10	29,28±1,32
		Toplam	20	27,47±2,73
Genel		Tabakalama	20	22,68±3,84
		Presleme	20	26,77±2,93
		Toplam	40	24,72±3,96

Çizelge 3.3. Renkli ve beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre makaslama testi sonuçlarının genel toplamı

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Makaslama Testi (MPa)
Genel	Kumlama	Tabakalama	20	20,15±2,11
		Presleme	20	24,32±1,54
		Toplam	40	22,24±2,79
	Silika kaplama	Tabakalama	20	26,42±2,53
		Presleme	20	29,85±1,54
		Toplam	40	28,13±2,70
Genel		Tabakalama	40	23,29±3,92
		Presleme	40	27,08±3,19
		Toplam	80	25,19±4,03

Yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen ortalama makaslama bağlantı değerleri $30,41 \pm 1,59$ MPa ile $19,70 \pm 2,16$ MPa arasında değişmektedir. Rakamsal olarak en düşük bağlanma değeri renkli zirkonyum oksit yüzeyine kumlama işlemi ve tabaka seramik uygulanmış grupta, en yüksek bağlanma değeri beyaz zirkonyum oksit yüzeyine silika kaplama ve pres seramik uygulanmış grupta kaydedilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Makaslama bağlantı kuvvet değerlerinin şeması

Zirkonyum oksitin renklendirilmesi, yüzey işlemleri ve veneer porseleni uygulama metodları, çalışmamızda bağlantı kuvvetini etkilediği düşünülen üç ana faktördür. Bu faktörler ve ikili, üçlü etkileşimleri Çok Yönlü Varyans Analizi ile incelenerek $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Makaslama Testi Sonuçları Üzerinde Çok Yönlü Varyans Analizine Göre Varyasyon Kaynaklarının Etkileri

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F-değeri	p-değeri
RENK	17,116	1	17,116	4,484	0,038
İŞLEM	695,457	1	695,457	182,199	<0,001
SERAMİK	288,329	1	288,329	75,538	<0,001
RENK * İŞLEM	3,140	1	3,140	0,823	0,367
RENK * SERAMİK	1,685	1	1,685	0,442	0,508
İŞLEM * SERAMİK	2,708	1	2,708	0,709	0,402
RENK * İŞLEM * SERAMİK	0,193	1	0,193	0,051	0,823
Hata	274,825	72	3,817	-	-
Genel	1283,454	79	-	-	-

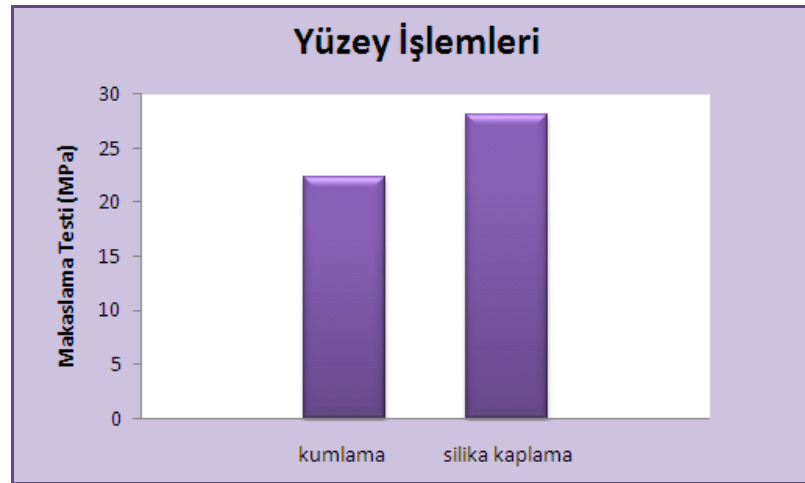
RENK: Zirkonya rengi, İŞLEM: Yüzey işlemleri, SERAMİK: Veneer seramiği uygulama yöntemi

Makaslama test bulgularından elde edilen istatistiksel analiz verileri doğrultusunda; diğer parametrelerden bağımsız olarak yalnızca zirkonya renginin bağlantı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, beyaz zirkonya ile renkli zirkonya arasında farklı bağlantı direnç değerleri kaydedilmiş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Beyaz zirkonya=25,65 MPa, Renkli zirkonya=24,72 MPa, P=0,038; Şekil 3.2).



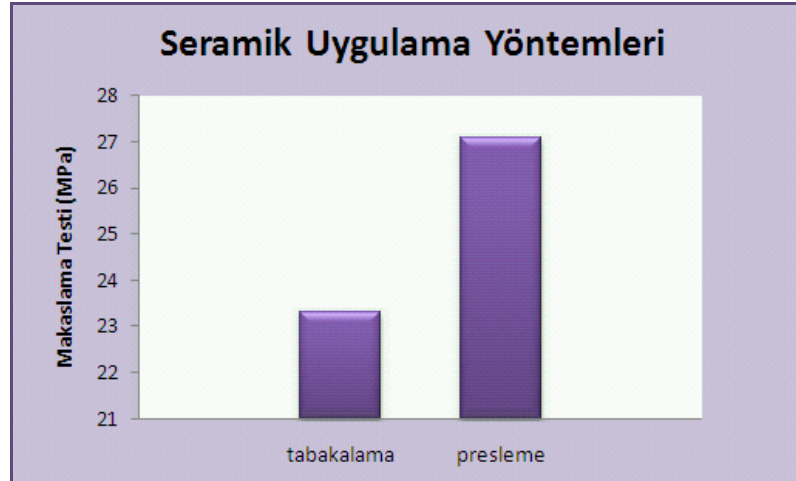
Şekil 3.2. Zirkonyum oksit altyapıların renginin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi

Çalışmamızda kullanılan yüzey işlemleri olan silika kaplama ve kumlamanın, diğer parametrelerden bağımsız olarak, makaslama bağlantı direnç değerleri üzerine etkisi incelendiğinde; silika kaplama işleminin kumlamaya kıyasla daha yüksek bağlantı değerleri sergilediği gözlenmiş (silika kaplama = 28,13 MPa, kumlama = 22,24 MPa) ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($P < 0,001$; Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yüzey işlemlerinin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi

Pres ve tabakalama yöntemleri kullanılarak uygulanan veneer seramiklerinin; yüzey işlemleri ve zirkonya renginden bağımsız olarak, makaslama bağlantı direnç değerleri üzerine etkisi incelendiğinde seramik uygulama yöntemleri arasında bağlantı değerleri bakımından kaydedilen rakamsal fark istatistiksel olarak anlamlı olup ($P < 0,001$), pres seramiklerin tabaka seramiklere kıyasla daha kuvvetli bir bağlanma sergilediği gözlenmiştir (Pres seramik= 27,08 MPa, tabaka seramik = 23,29 MPa; Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Veneer seramiği uygulama yöntemlerinin makaslama bağlantı direnç değerlerine etkisi

Zirkonya renginin, yüzey işlemlerinin ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin makaslama bağlantı direnci üzerine ikili ve üçlü etkilerinin ise; bireysel olarak sergiledikleri değerlere kıyasla anlamlı bir artış oluşturmadığı kaydedilmiştir. P değerleri zirkonya rengi ve yüzey işlemlerinin kombine etkisi için $P= 0,367$; renk ve seramik uygulama yöntemleri için $P= 0,508$; seramik ve yüzey işlemleri için $P=0,402$ olarak belirtilmiş, bu parametrelerin üçlü etkileşimi için $P= 0,823$ değeri tespit edilmiştir.

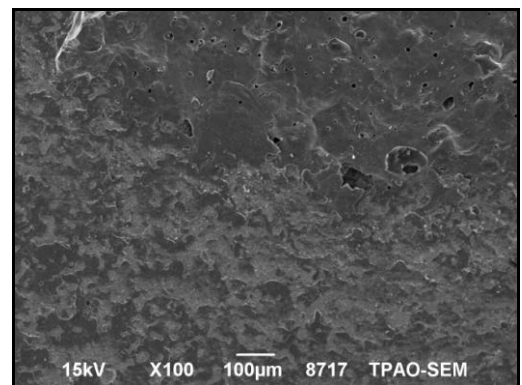
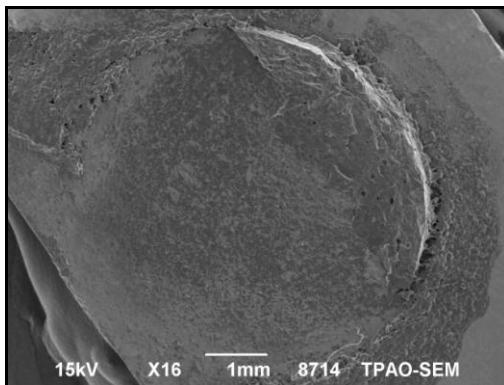
3.1.1. Makaslama Test Örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve X Işını Floresan Spektroskopi (XRF) Analizleri

Makaslama test örneklerinde oluşan kopma yüzeyleri üzerinde yapılan incelemede; adeziv kopma gözlenmezken, SEM görüntüleri ve XRF analizleri doğrultusunda yaygın olarak kombine ve koheziv kopma olduğu tespit edilmiştir.

1.Grup; beyaz zirkonya üzerine kumlama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma gözlenmektedir.

1.gruba ait preparattan x16 ve x100 büyütmede elde edilen SEM görüntüleri; açık ve koyu renkli bölgeler halinde veneer seramiği ve zirkonyaya ait materyal görüntülerini yansıtmaktadır. Her iki materyalin iç içe geçmiş bu görüntüsü kombine kırığı ifade etmekte olup, x16 büyütmede yarım ay şeklinde beliren koyu renkli bölge veneer seramiğidir (Şekil 3.5).

x100 büyütmede ise preparatın üst tarafında, koyu rengin hakim olduğu bölgede veneer seramik yapısı içerisinde çeşitli büyüklüklerde hava kabarcıkları gözlenmekte, kopma yüzeyinin düzgün ya da homojen olmayıp, dalgalı bir görüntü ile ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Preparatın bu bölgesinden aşağı doğru açık renk ile beliren yüzey ise zirkonyaya ait olup, açığa çıkan zirkonya yüzeyleri arasında yer yer koyu renkli veneer seramiği artıklarının mevcudiyeti kopmanın kombine karakterini açıklamaktadır. Koyu renkli bölgeler, kopmanın büyük oranda veneer seramik bünyesinde oluştuğunu göstermektedir (Şekil 3.6).

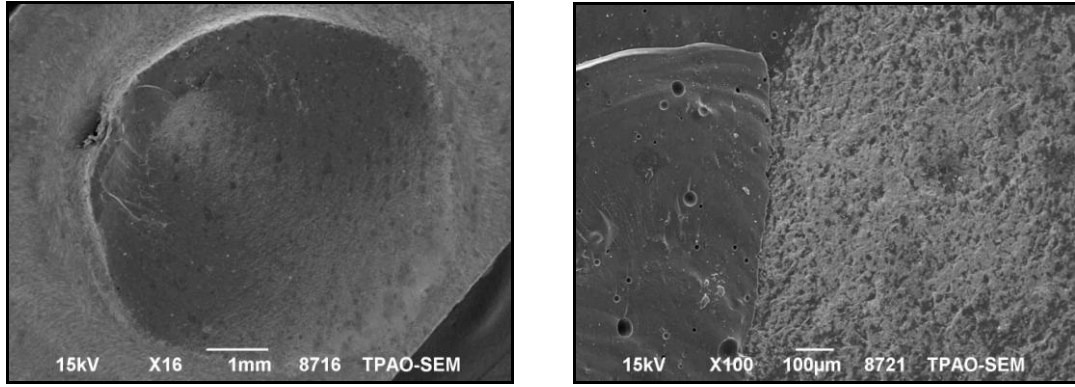


Şekil 3.5, 3.6. 1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

2.Grupa ait beyaz zirkonya üzerine kumlama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma tespit edilmiştir.

Şekil 3.7’de gözlenen kombine kopmanın büyük bir bölümünde düzgün bir yüzey halinde ve koyu renk ile beliren veneer seramiği, orta kısımda ise küçük ve açık renkli bir görüntüye sahip zirkonya yer almaktadır.

Aynı preparatın x100 büyütmesinde ise veneer seramik yüzeyi düzgün, homojen ve sınırlı sayıda hava kabarcıklarına sahip olup, açık renk ile ifade edilen zirkonyadan keskin bir hat ile ayrılmıştır ve bu hat kırılma çizgisidir. Zirkonya yüzeyi de homojen bir görüntü vermekle beraber, oldukça sık siyah noktalar halinde veneer seramiğine ait artıkları bünyesinde barındırmaktadır. Şekil, kombine kopmanın büyük bir kısmının veneer materyalinde oluştuğunu göstermektedir (Şekil 3.8).

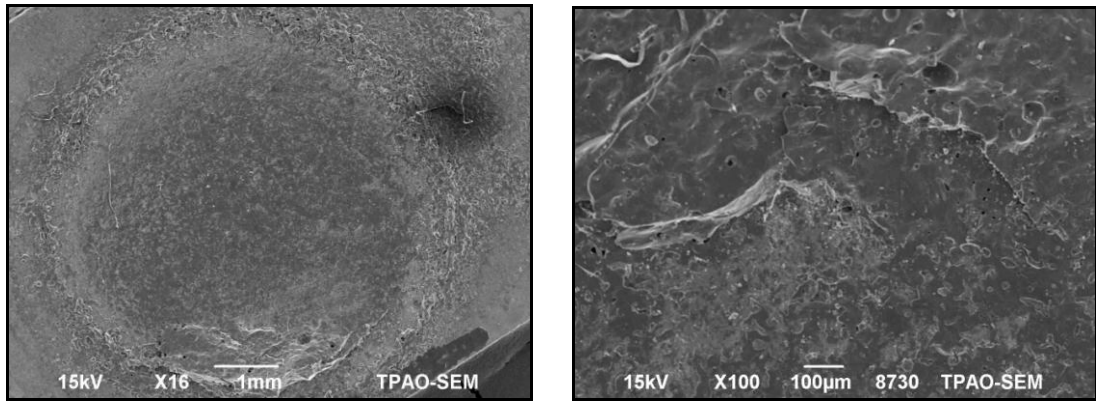


Şekil 3.7, 3.8. 2. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

3.Grup; beyaz zirkonya üzerine silika kaplama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma yaygın görülen kırık türüdür.

3.gruba ait örnekten x16 büyütmede elde edilen SEM görüntüsünde; koyu renk alanlar halinde veneer seramiği ve daha açık renkli bölgeler olarak zirkonya izlenmektedir. Bağlantı yüzeyinin dış sınırlarında açık renkli alanların hakim olduğu ve merkeze doğru koyu renkli alanların yoğunlaştığı görüntüde, kopmanın bağlantı yüzeyinden başlayarak, merkeze yaklaştıkça veneer seramiğin bünyesinde ilerlediği anlaşılmaktadır (Şekil 3.9).

x100 büyütmede preparatın özellikle alt bölgesinde veneer seramik kitlesinden daha açık renk ile beliren zirkonya seramiği küçük yüzeyler halinde ortaya çıkmış, bununla birlikte zirkonya yüzeyinde yer yer koyu renkli veneer seramik artıkları kalmıştır. Preparatın üst kısmında ise kopma veneer seramik bünyesinde gerçekleşmiştir. Nisbeten dalgalı bir yüzey ve hava kabarcıklarına rastlanan görüntü kombine kopmaya örnektir (Şekil 3.10).

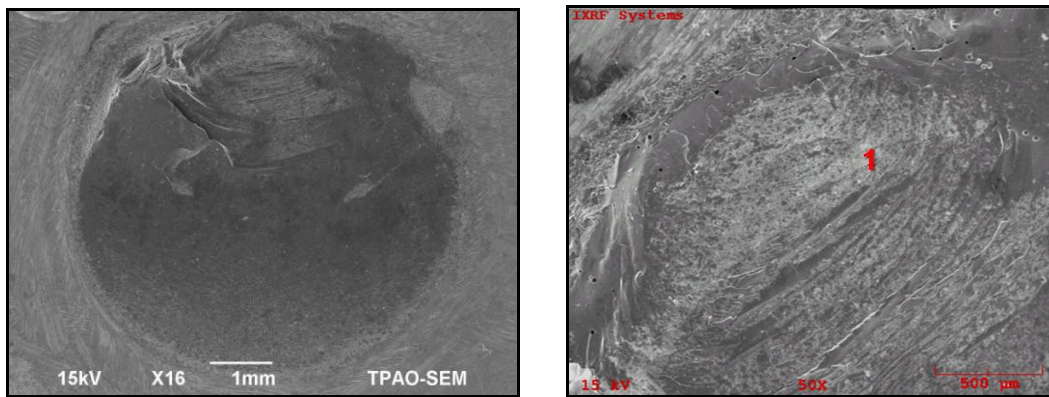


Şekil 3.9, 3.10. 3. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

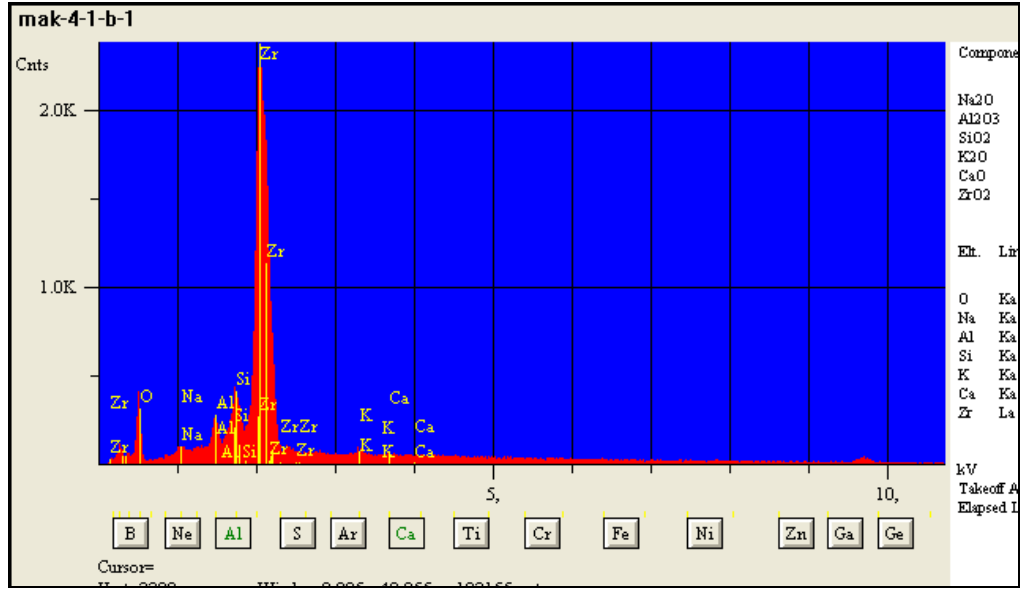
4.Grupa ait beyaz zirkonya üzerine silika kaplama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma gözlenmektedir. Açığa çıkan yüzeylerin hangi materyale ait olduğunun doğrulanması XRF analizi ile yapılmıştır.

Şekil 3.11’de kombine kopmanın büyük oranda koyu renk ile görülen veneer seramik bünyesinde olduğu anlaşılmaktadır. Aynı preparattan x16 büyütmede elde edilen SEM görüntüsünde, kopma sonucu dar bir alanda ortaya çıkan zirkonya yüzeyi açık renk ile ifade edilmekle beraber aralarda yer yer veneer seramik artıkları da mevcuttur. Görüntünün alt kısmında hafif açık renk ile beliren zirkonya ince veneer tabakası altından yansımaktadır ve ve preparatın üst kısmında dar bir alanda zirkonyaya ait açık renkli yüzey görülmektedir.

Şekil 3.12’de açık renk zirkonya yüzeyi görülmekle beraber yine aralarda koyu renkli veneer seramik artıkları da izlenmektedir. 1 ile ifade edilen bölgeden yapılan XRF analizinde, Zr elementi en yüksek düzeyde olup, bölgenin açığa çıkmış zirkonya altyapı materyali olduğu kesinlik kazanmıştır (Şekil 3.13).



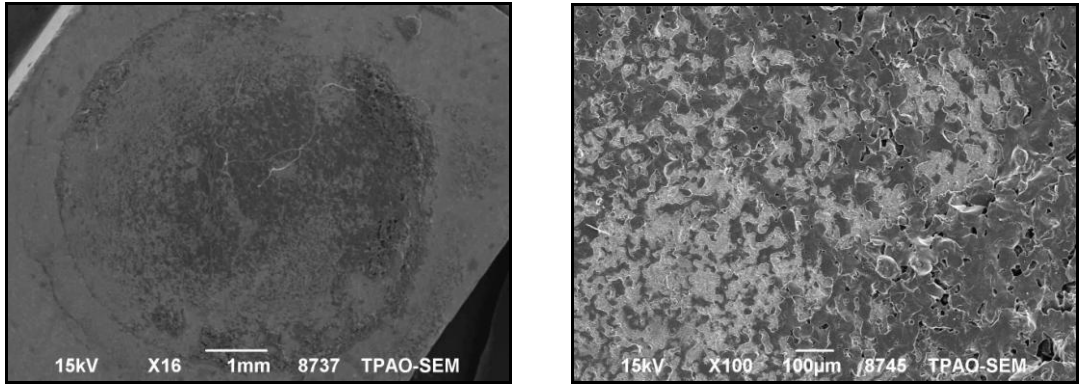
Şekil 3.11, 3.12. 4. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü



Şekil 3.13. Şekil 3.12’de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi

5.Grup; renkli zirkonya üzerine kumlama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsü doğrultusunda, kopma türü zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma olarak tanımlanmıştır.

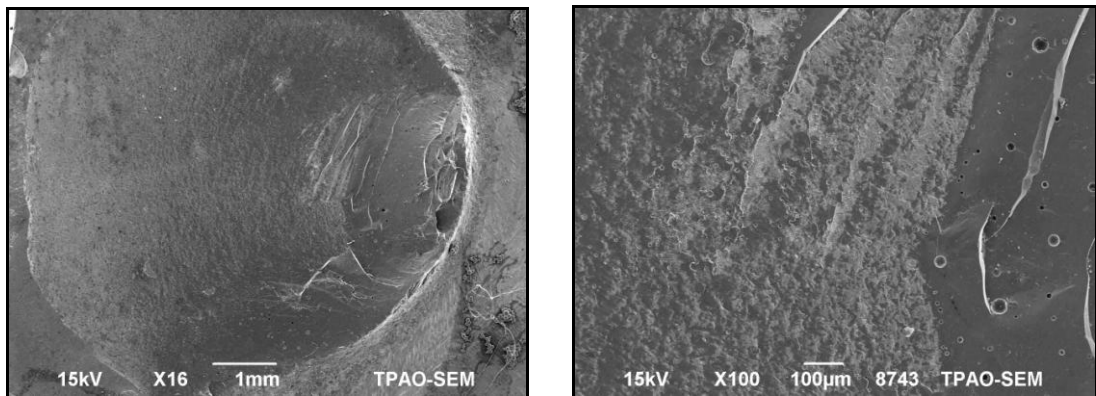
Şekil 3.14’de, yer yer koyu renk alanlar halinde veneer seramiği görülmekte olup, daha açık renklerin hakim olduğu bölgeler ise zirkonya yüzeyidir. Aynı preparattan x100 büyütmede elde edilen SEM görüntüsünde, hava kabarcıklarının izlenebildiği veneer seramiği ve açık renk olarak beliren zirkonya yüzeyi net olarak görülmektedir. Kombine kopmanın güzel bir örneği olan preparatta, zirkonya bölgeleri ile bu bölgeler arasında yer alan koyu renkli veneer seramiği artıkları hemen hemen eşit bir dağılım sergilemektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.14, 3.15. 5. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

6.Grupa ait renkli zirkonya üzerine kumlama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma gözlenmektedir.

Şekil 3.16'da, yüzeyde koyu renk ile beliren veneer seramiği görülmekte olup, açık renk olarak beliren alanlar açığa çıkan zirkonya yüzeyidir. Preparatın sol tarafının büyük bölümünde açık renk ile görülen zirkonya yüzeyi ve aralarda yer yer koyu renkli veneer seramik artıkları görülmektedir. Preparatın sağ tarafına doğru koyu renkli veneer seramiğin yoğunluğu giderek artmaktadır. Aynı örneğe ait olan şekil 3.17'de, zirkonyadan keskin bir hat ile ayrılmış olan, bünyesinde yer alan hava kabarcıklarının gözlenebildiği, düzgün bir kopma yüzeyi sergileyen veneer seramiği ve yüzeyinde veneer seramiği artıklarının bulunduğu açığa çıkmış zirkonya görülmektedir.

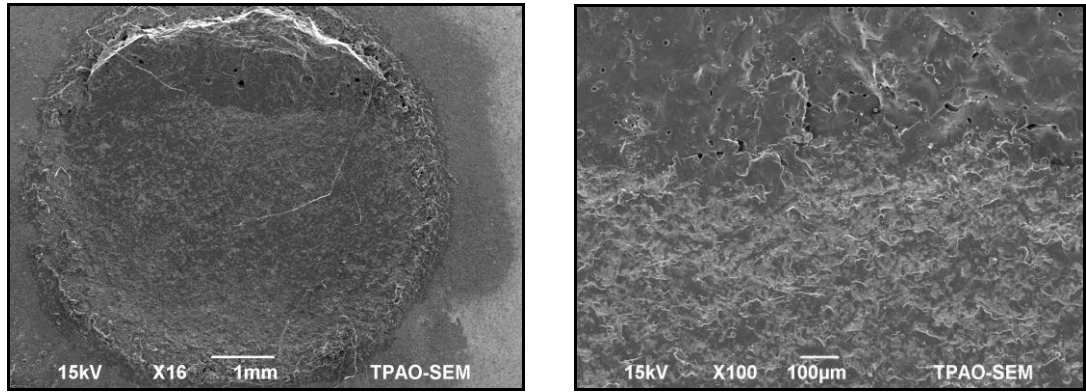


Şekil 3.16, 3.17. 6. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

7.Grupa ait renkli zirkonya üzerine silika kaplama ve tabaka seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma yaygın gözlenen kopma türü olmuştur.

Şekil 3.18'de, kopma yüzeyinin üst tarafında yarım ay şeklinde, koyu renkli bir alan halinde veneer seramiği görülmekte olup, bu kısım preparatın alt tarafındaki açık renk ile beliren zirkonyadan düz bir hat ile ayrılmaktadır. Bu hat, kırılmanın veneer seramiğinden zirkonyaya geçiş hattıdır. Kırılma hattının altında veneer seramiği ve açığa çıkan zirkonya görüntüsü homojen bir dağılım sergilemektedir.

x100 büyütmede ise zirkonya ve bünyesinde farklı formlarda hava kabarcıklarının bulunduğu veneer tabakası açık olarak görülmektedir. Açık renkli zirkonya yüzeyinde koyu renkle kendini gösteren veneer seramik artıklarının bulunmasının, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki mikromekanik kilitlenmeden ileri geldiği düşünülmektedir (Şekil 3.19).

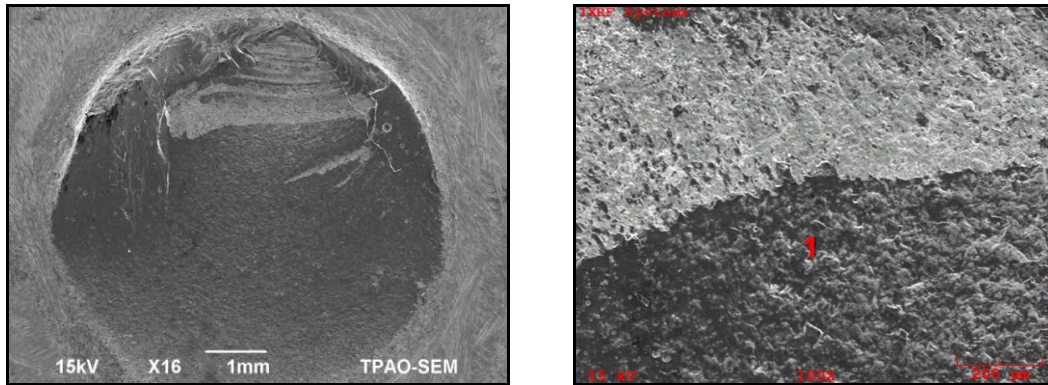


Şekil 3.18, 3.19. 7. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

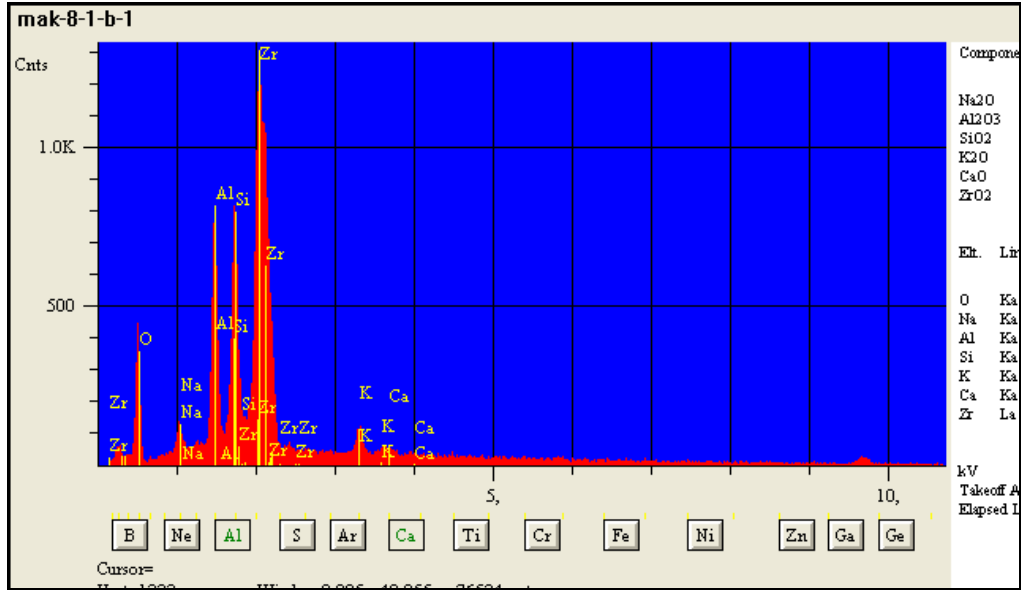
8.Grup; renkli zirkonya üzerine silika kaplama ve pres seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma gözlenmektedir. Yüzeyde yer alan ince veneer seramiğinin doğrulaması XRF analizi ile yapılmıştır.

Şekil 3.20’de, kopma yüzeyinde büyük oranda koyu renkli veneer seramik görüntüsü hakim olup, preparatın üst kısmının bir bölümünde bariz olarak açığa çıkmış açık renkli zirkonya yüzeyi görülmektedir. Alt tarafta ise veneer seramiğin baskın görüntüsünün yanı sıra seramik altından yansıyan, açık renkli zirkonyaya ait görüntüler de ortaya çıkmıştır. Bu görüntü, zirkonya yüzeyinde ince bir veneer tabakasının kaldığını ifade etmektedir.

Aynı preparatın x50 büyütmesine bakıldığında zirkonya ve veneer seramiği arasındaki kırılma hattı net olarak göze çarpmaktadır. Zirkonya bölgesinde siyah noktalar halinde veneer seramik artıkları görülürken, veneer seramik bölgesinde beyaz noktalar halinde zirkonya yüzeyi yansımaktadır. Bu noktaların zirkonyaya ait olup olmadığı, 1 ile belirtilen bölgeden yapılan XRF analizi ile saptanmış, bölgede Zr elementinin en yüksek düzeyde bulunduğu, bunu Si ve Al elementlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Bu durum, analizi yapılan bölgede açığa çıkan zirkonya ile birlikte veneer seramiğinin de bulunduğu bir göstergesidir (Şekil 3.21, 3.22).



Şekil 3.20, 3.21. 8. Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüleri



Şekil 3.22. Şekil 3.21'de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi

3.2. Mikrogerilim Bağlantı Test Bulguları

Yapmış olduğumuz mikrogerilim bağlantı testinde, 8 deney grubunun her birinde 20 adet olmak üzere toplam 160 adet örnekte, zirkonyum oksit altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı kuvvet değerleri incelenmiştir.

Zirkonyum oksitin renklendirilmesi, yüzey işlemleri ve veneer porseleni uygulama metodları, çalışmamızda bağlantı kuvvetini etkilediği düşünülen üç ana faktördür. Bu faktörler ve ikili, üçlü etkileşimleri Mann Whitney U testi ile incelenerek $p < 0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Çalışmamızda, beyaz ve renkli zirkonyum oksit altyapılara uygulanan yüzey işlemleri ile seramik uygulama yöntemleri ve elde edilen mikrogerilim bağlantı değerleri çizelge 3.5, 3.6, ve 3.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim bağlantı testi sonuçları

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Mikrogerilim (MPa)
Beyaz	Kumlama	Tabakalama	20	32,0 (26,5-43,2)
		Presleme	20	38,3 (30,4-45,7)
		Toplam	40	34,8 (26,5-45,7)
	Silika kaplama	Tabakalama	20	43,1 (28,0-47,8)
		Presleme	20	43,4 (36,3-52,0)
		Toplam	40	43,3 (28,0-52,0)
Genel		Tabakalama	40	33,0 (26,5-47,8)
		Presleme	40	41,7 (30,4-52,0)
		Toplam	80	39,8 (26,5-52,0)

Çizelge 3.5'te belirtilen değerler doğrultusunda beyaz zirkonya yüzeyine uygulanan yüzey işlemlerinin ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin mikrogerilim bağlantı direnci üzerine etkileri belirtilecek olursa;

Beyaz zirkonya üzerine yüzey işlemi olarak kumlamanın uygulandığı örneklerde; kaydedilen bağlantı direnç değerleri tabakalama için 32 MPa, presleme için 38,3 MPa olup, aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0,001$); silika kaplamanın uygulandığı örneklerde; tabakalama için 43,1 MPa, presleme için 43,4 MPa bağlantı direnç değerleri kaydedilmiş ve fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P = 0,114$).

Tabaka seramik uygulanmış beyaz zirkonya örneklerde, kumlama işlemi sonucu elde edilen bağlantı değeri 32 MPa, silika kaplama sonucu elde edilen bağlantı değeri 43,1 MPa; pres seramik uygulanmış beyaz zirkonya örneklerde, kumlama işlemi sonucu elde edilen bağlantı değeri 38,3 MPa, silika kaplama sonucu elde edilen bağlantı değeri 43,4 MPa olup, her iki veneer seramiği uygulaması için aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P = 0,009$; $P = 0,002$).

Beyaz zirkonya yüzeyine kumlama işleminin uygulanmış olduğu tüm örnekler için (tabaka+pres) bağlantı değeri 34,8 MPa, silika kaplama işleminin uygulandığı tüm örnekler için bağlantı değeri 43,3 MPa olarak tespit edilmiş, aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,001$).

Kumlama ve silika kaplama işleminin uygulandığı beyaz zirkonya örneklerin genelinde, tabaka seramik için 33 MPa, pres seramik için 41,7 MPa bağlantı değerleri elde edilmiş ve aradaki fark önemli bulunmuştur ($P=0,001$).

Renkli zirkonya altyapılar üzerine uygulanan yüzey işlemleri ile seramik uygulama yöntemleri ve elde edilen mikrogerilim bağlantı değerleri çizelge 3.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 3.6. Renkli zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim bağlantı testi sonuçları

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Mikrogerilim (MPa)
Renkli	Kumlama	Tabakalama	20	31,0 (21,6-39,3)
		Presleme	20	38,2 (30,3-44,3)
		Toplam	40	34,9 (21,6-44,3)
	Silika kaplama	Tabakalama	20	36,7 (28,7-47,2)
		Presleme	20	41,2 (34,5-50,9)
		Toplam	40	41,0 (28,7-50,9)
Genel		Tabakalama	40	33,8 (21,6-47,2)
		Presleme	40	39,9 (30,3-50,9)
		Toplam	80	37,4 (21,6-50,9)

Belirtilen değerler doğrultusunda renkli zirkonya yüzeyine uygulanan yüzey işlemlerinin ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin mikrogerilim bağlantı direnci üzerine etkileri belirtilecek olursa;

Renkli zirkonya üzerine yüzey işlemleri olarak kumlamanın uygulandığı örneklerde; kaydedilen bağlantı direnç değerleri tabakalama için 31 MPa, presleme için 38,2 MPa olup, aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0,001$); silika kaplamanın uygulandığı örneklerde; tabakalama için 36,7 MPa, presleme için 41,2 MPa bağlantı direnç değerleri kaydedilmiş ve fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P = 0,142$).

Tabaka seramik uygulanmış renkli zirkonya örneklerde, kumlama işlemleri sonucu elde edilen bağlantı değeri 31 MPa, silika kaplama sonucu elde edilen bağlantı değeri 36,7 MPa; pres seramik uygulanmış renkli zirkonya örneklerde, kumlama işlemleri sonucu elde edilen bağlantı değeri 38,2 MPa, silika kaplama sonucu elde edilen bağlantı değeri 41,2 MPa olup, her iki veneer seramiği uygulaması için aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P = 0,002$; $P = 0,013$).

Renkli zirkonya yüzeyine kumlama işleminin uygulanmış olduğu tüm örnekler için (tabaka+pres) bağlantı değeri 34,9 MPa, silika kaplama işleminin uygulandığı tüm örnekler için bağlantı değeri 41 MPa olarak tespit edilmiş, aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,001$).

Kumlama ve silika kaplama işlemlerinin uygulandığı renkli zirkonya örneklerinin genelinde, tabaka seramik için 33,8 MPa, pres seramik için 39,9 MPa bağlantı değerleri elde edilmiş ve aradaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0,001$).

Renkli ve beyaz zirkonya altyapılar üzerine uygulanan yüzey işlemleri ile seramik uygulama yöntemleri ve elde edilen mikrogerilim bağlantı test verilerinin genel toplamı çizelge 3.7'de belirtilmiştir.

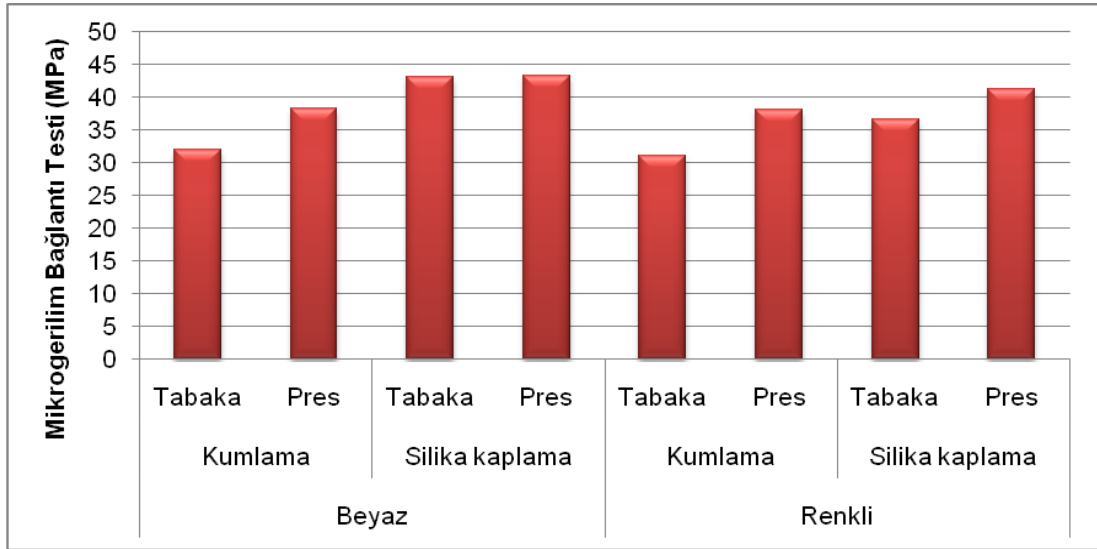
Çizelge 3.7 Renkli ve beyaz zirkonyum oksit üzerine uygulanan yüzey işlemleri ve seramik uygulama yöntemlerine göre mikrogerilim bağlantı testi sonuçlarının genel toplamı

RENK	İŞLEM	SERAMİK	Örnek Sayısı (n)	Mikrogerilim (MPa)
Genel	Kumlama	Tabakalama	40	32,0 (21,6-43,2)
		Presleme	40	38,2 (30,3-45,7)
		Toplam	80	34,8 (21,6-45,7)
	Silika kaplama	Tabakalama	40	40,5 (28,0-47,8)
		Presleme	40	42,0 (34,5-52,0)
		Toplam	80	41,9 (28,0-52,0)
Genel		Tabakalama	80	33,5 (21,6-47,8)
		Presleme	80	40,8 (30,3-52,0)
		Toplam	160	38,4 (21,6-52,0)

Belirtilen değerler doğrultusunda zirkonya renginin, yüzey işlemlerinin ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin mikrogerilim bağlantı direnci üzerine etkileri incelenecek olursa;

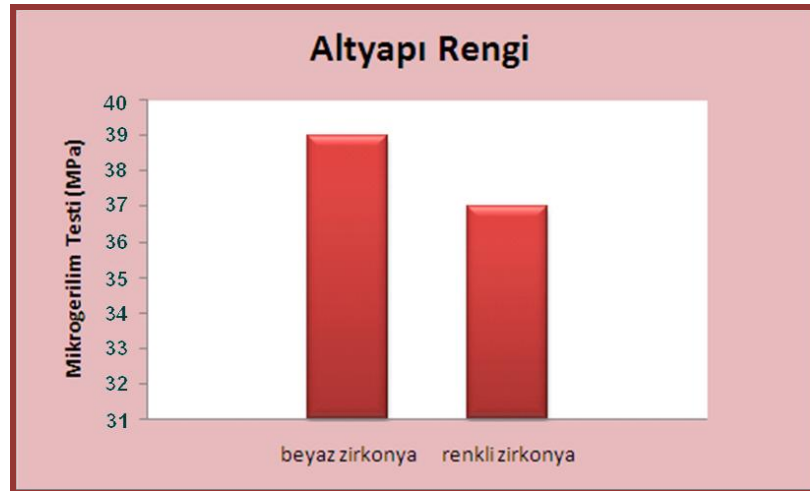
Kumlama işleminin uygulandığı beyaz ve renkli zirkonya örneklerin genelinde, tabaka seramik için 32 MPa, pres seramik için 38,2 MPa; silika kaplama işleminin uygulandığı beyaz ve renkli zirkonya örneklerin genelinde, tabaka seramik için 40,5 MPa, pres seramik için 42,2 MPa değerleri kaydedilmiş olup, her iki yüzey işlemi için aradaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,001$; $P = 0,031$).

Yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen ortalama mikrogerilim bağlantı değerleri 31,0 MPa ile 43,4 MPa arasında değişmektedir. Rakamsal olarak en düşük bağlanma değeri renkli zirkonyum oksit yüzeyine kumlama işlemi ve tabaka seramik uygulanmış grupta, en yüksek bağlanma değeri beyaz zirkonyum oksit yüzeyine silika kaplama ve pres seramik uygulanmış grupta kaydedilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Mikrogerilim bağlantı kuvvet değerlerinin şeması

Mikrogerilim test bulgularından elde edilen istatistiksel analiz verileri doğrultusunda, çalışmamızda yer alan her bir parametrenin bağlantı direnci üzerine bağımsız etkisinin incelendiği gruplarda, renkli ya da beyaz zirkonya kullanımının bağlantı direnci üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı gözlenmiştir (Renkli zirkonya=37,4 MPa, beyaz zirkonya=39,8 MPa, $P=0,183$; Şekil 3.24).



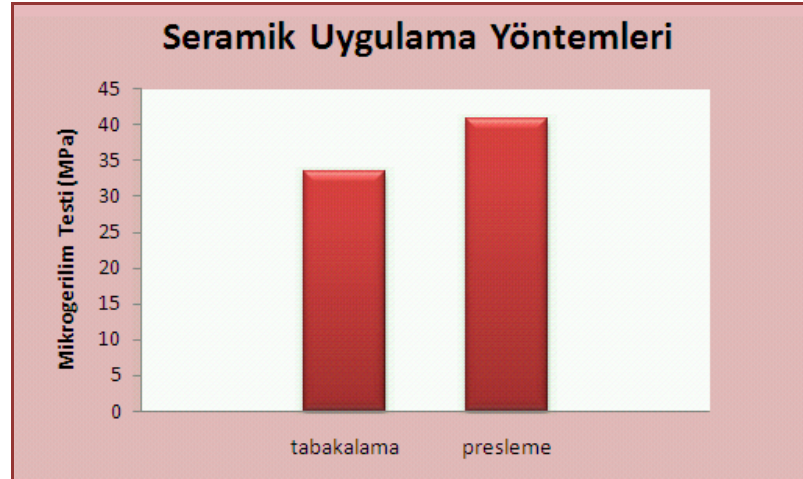
Şekil 3.24. Zirkonyum oksit altyapıların renginin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi

Yüzey işlemleri olarak silika kaplama ve kumlama uygulamalarının, diğer parametrelerden bağımsız olarak, makaslama bağlantı direnç değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya koyduğu ($p<0,001$) ve silika kaplama işleminin kumlamaya kıyasla daha yüksek bağlantı değerleri sergilediği gözlenmiştir (silika kaplama = 41,9 MPa, kumlama = 34,8 MPa, Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Yüzey işlemlerinin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi

Çalışmamızda yüzey işlemleri ve zirkonya renginden bağımsız olarak, veneer seramiği uygulama yöntemlerinin makaslama bağlantı direnç değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, pres seramiklerin tabaka seramiklere kıyasla daha kuvvetli bir bağlanma sergilediği gözlenmiş ve yöntemler arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Pres seramik= 40,8 MPa, tabaka seramik=33,5 MPa; $P<0,001$; Şekil 3.26).



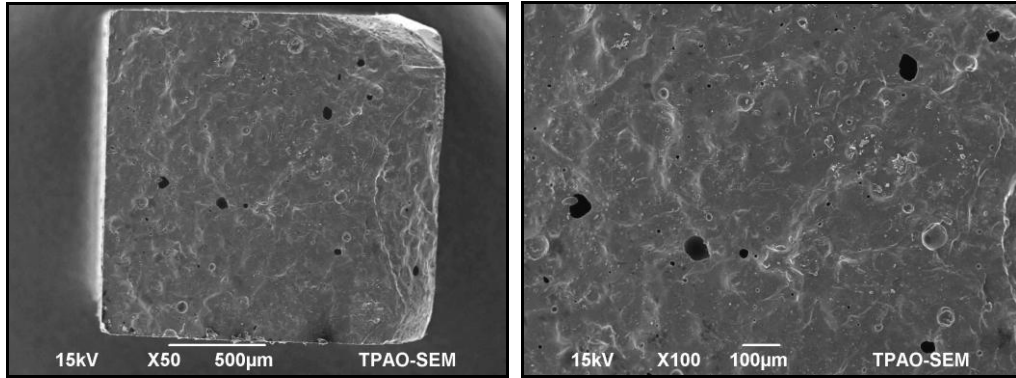
Şekil 3.26. Veneer seramiği uygulama yöntemlerinin mikrogerilim bağlantı direnç değerlerine etkisi

3.2.1. Mikrogerilim Bağlantı Test Örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve X Işını Floresan Spektroskopi (XRF) Analizleri

Mikrogerilim bağlantı test örneklerinde oluşan kopma yüzeyleri üzerinde yapılan incelemede; adeziv kopma gözlenmezken, elde edilen SEM görüntüleri ve XRF analizleri doğrultusunda yüzeylerde kombine ve yaygın olarak koheziv kopma meydana geldiği tespit edilmiştir.

1.Grup; beyaz zirkonya üzerine kumlama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde, yüzeyin tamamen veneer porseleni ile kaplı olduğu koheziv kopma gözlenmektedir.

Şekil 3.27'de, yer yer hava kabarcıkları ve hafif dalgalı yüzey üzerinde çukurcukların bulunduğu veneer seramiği ile kaplı koheziv kopma görülmekte olup; aynı preparatın x100 büyütme ile elde edilen SEM görüntüsünde veneer seramiği bünyesinde meydana gelen dalgalı kopma yüzeyi daha net olarak görülmektedir (Şekil 3.28).



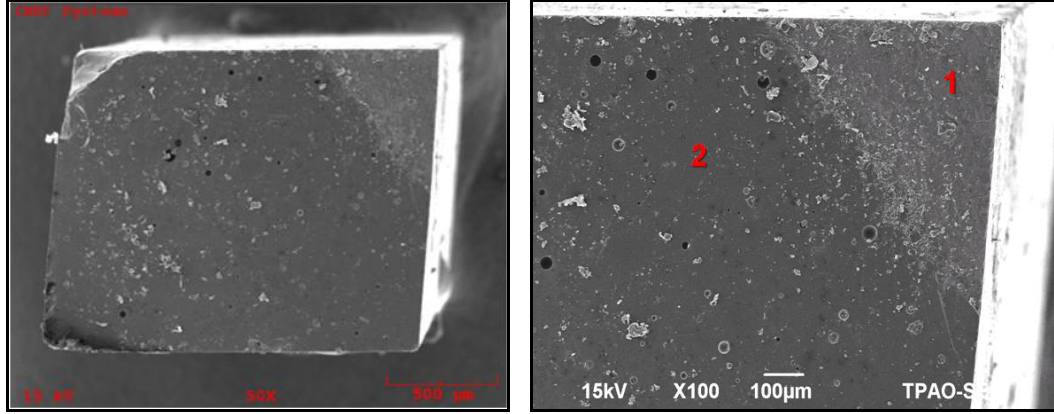
Şekil 3.27, 3.28. 1.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

2.Gruba ait, beyaz zirkonya üzerine kumlama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma tespit edilmiş ve açığa çıkan yüzeylerin doğrulaması XRF analizi ile yapılmıştır.

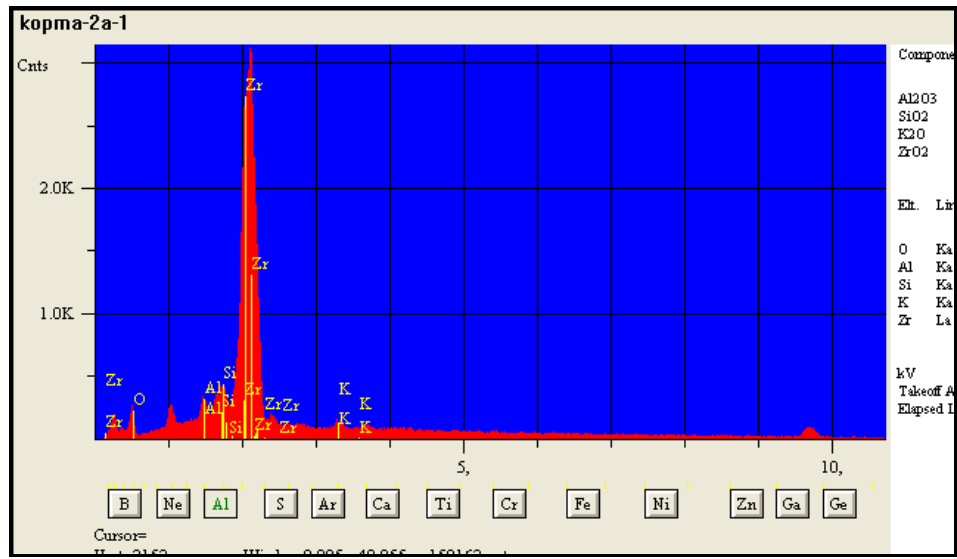
Şekil 3.29'da, yüzeyin büyük bir bölümünün koyu renk halinde beliren veneer seramiğinden oluştuğu ve açık renkteki zirkonya yüzeyinin daha küçük bir alan olarak bulunduğu kombine kopma görülmektedir. Bu kombine kopmada koyu renkli veneer seramiğin yüzeyi düzgün bir satıh görüntüsü vermekte olup, üzerinde sınırlı sayıda hava kabarcıkları bulunmaktadır. Her iki yüzey renk farkı ve hava kabarcıklarının varlığı ile birbirinden ayrılırken, aradaki sınır düz bir hat şeklindedir. Mekanik bir kilitleme gözlenmekle beraber, kimyasal bir kaynaşmanın varlığı veya yokluğu kesin olarak ifade edilememektedir.

Aynı örneğin x100 büyütmesinde, veneer seramiği bünyesinde oluşan ve kısmen zirkonya yüzeyinin açığa çıktığı kombine kopma net olarak görülmekte olup, yapılan XRF analizi sonucunda 1 ile belirtilen bölgede en yüksek düzeyde tespit edilen elementin Zr, 2 ile belirtilen bölgede en yüksek düzeyde tespit edilen elementin ise Si olması, kopma yüzeyinde veneer seramiği tabakasının yanı sıra, açığa çıkmış zirkonya yüzeyinin de

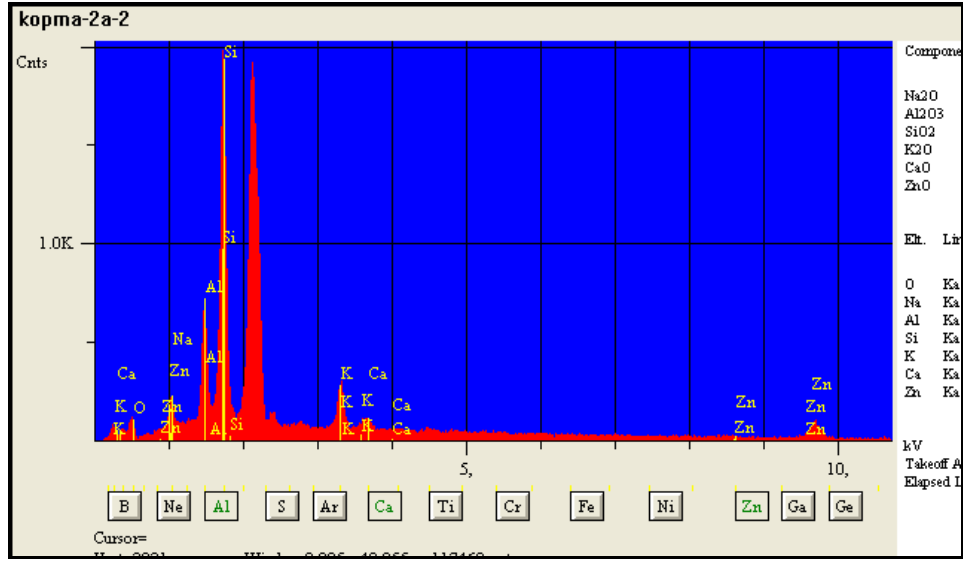
bulduğunu göstermektedir (Şekil 3.30, 3.31, 3.32). Kopma büyük oranda seramik bünyesinde gerçekleşmiştir.



Şekil 3.29, 3.30. 2.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü



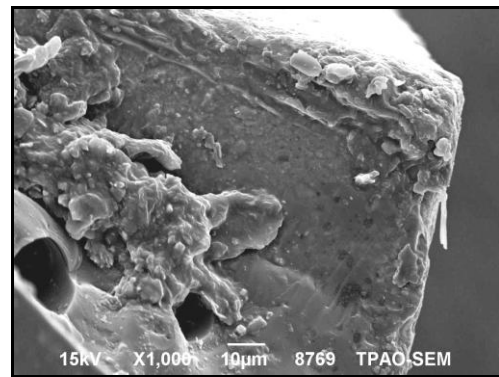
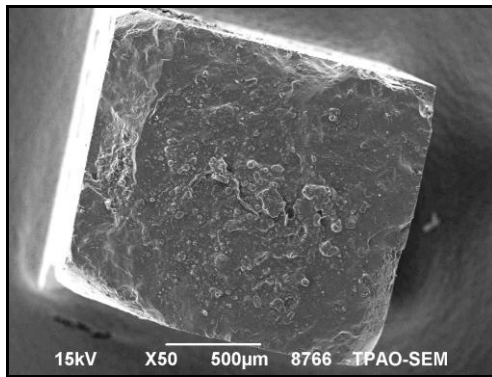
Şekil 3.31. Şekil 3.30'da 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi



Şekil 3.32. Şekil 3.30'da 2 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi

3.Grup; beyaz zirkonya üzerine silika kaplama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde koheziv kopma yaygın gözlenen kopma türü olarak kaydedilmiştir.

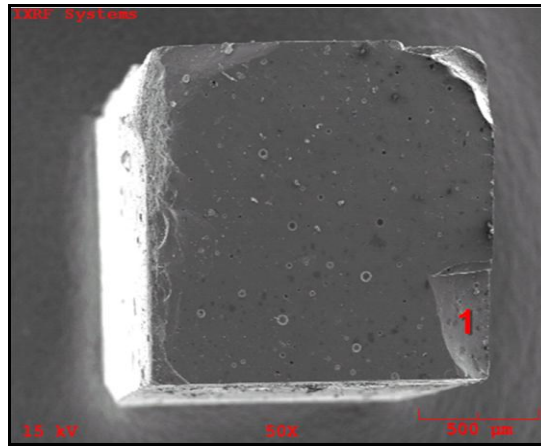
Şekil 3.33'te, yer yer hava kabarcıklarının yer aldığı, düzensiz kopma yüzeyinden kaynaklanan çukurcukların bulunduğu veneer seramiği tabakası görülmekte olup; aynı preparatın x100 büyütülmüş görüntüsünde, düzensiz bir yapıya sahip veneer seramiği ve bünyesinde yer alan hava kabarcıkları net olarak izlenmektedir (Şekil 3.34).



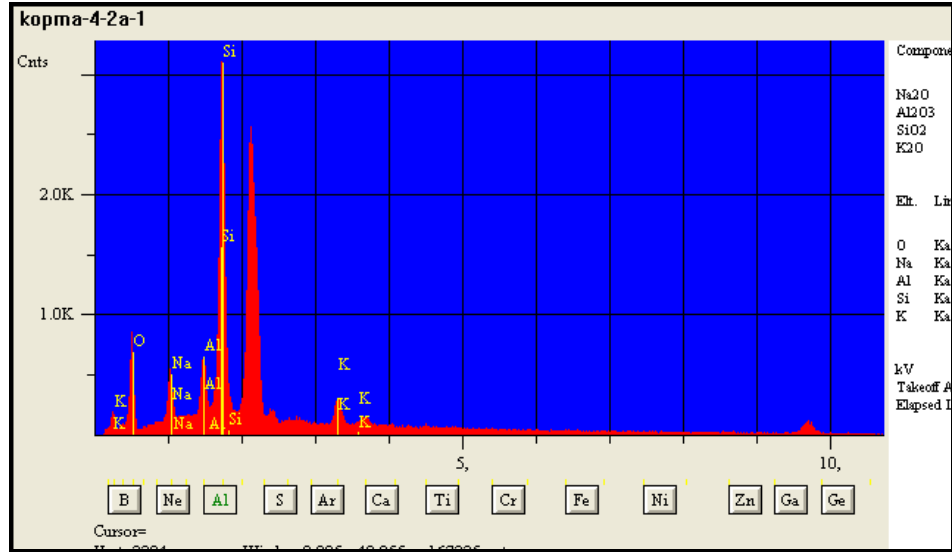
Şekil 3.33, 3.34. 3.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü ve açığa çıkan zirkonyum oksit yüzeyi

4.Grupa ait, beyaz zirkonya üzerine silika kaplama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, yüzeyin tamamen veneer porseleni ile kaplı olduğu koheziv kopma gözlenmektedir. Yüzeyi kaplayan veneer seramiğinin doğrulaması XRF analizi ile yapılmıştır.

Şekil 3.35'te, kopma yüzeyi olarak oldukça geniş, yer yer hava kabarcıklarının bulunduğu, düzgün, homojen bir görüntü veren veneer seramiği görülmektedir. Kopma yüzeyinin dış köşelerinde, özellikle resmin sağ alt köşesinde 1 ile belirtilen bölgedeki farklı görüntü zirkonya şüphesi uyandırmış; ancak yapılan XRF analizinde bölgede en yüksek düzeyde bulunan elementin Si olduğu tespit edilmiş, farklı görüntünün veneer seramiğine ait olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3.36).



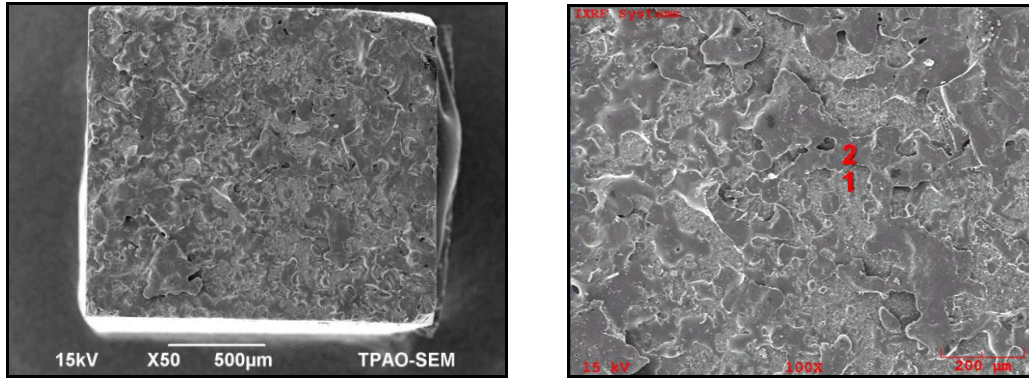
Şekil 3.35. 4.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü



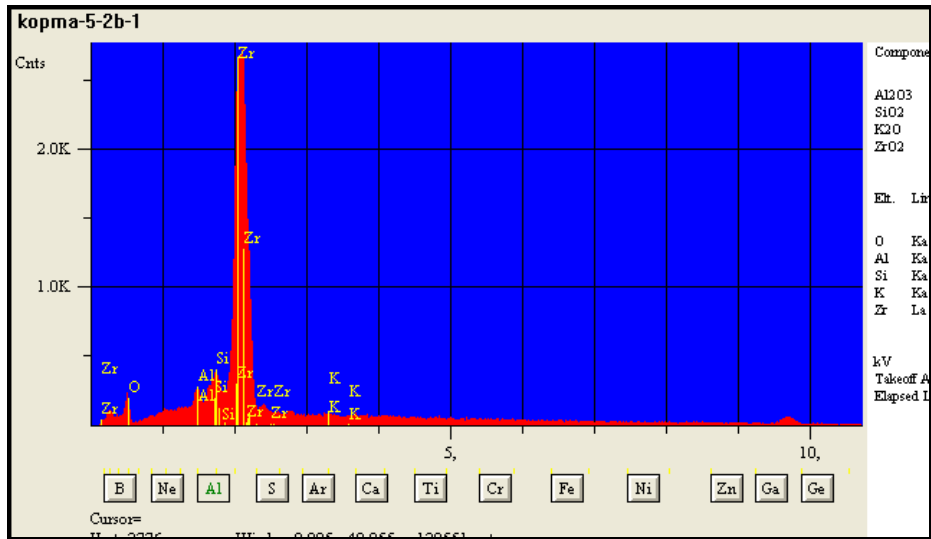
Şekil 3.36. Şekil 3.35'te 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi

5.Grup; renkli zirkonya üzerine kumlama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, yaygın gözlenen kopma türü zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma olmuştur. Açığa çıkan yüzeylerin doğrulaması XRF analizi ile yapılmıştır.

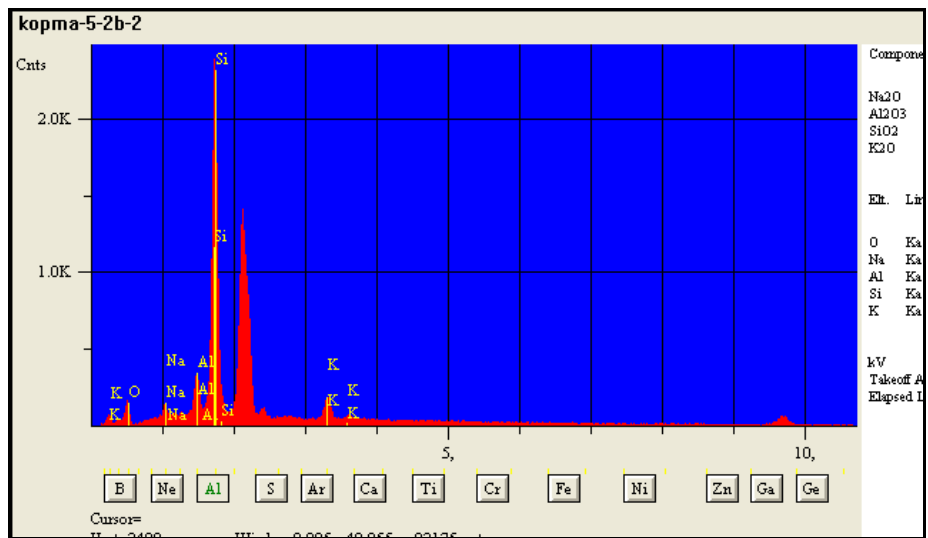
Şekil 3.37'de, yüzey düzgün olmamakla beraber açık ve koyu renkli, sınırları net bölgeler görülmektedir. Yer yer hava kabarcıklarının yer aldığı preparatta koyu renkli bölgeler veneer seramiğine ait olup, açık renkli bölgeler ise zirkonya yüzeyleridir. Aynı preparatın x100 büyütmesinde kopma yüzeyinin düzensizliği, sınırları belli bölgeler halinde girinti ve çıkıntıların varlığı net olarak gözlenmektedir (Şekil 3.38). Kopma türünün kesin olarak tespiti için Şekil 3.38'deki 1 ve 2 ile belirtilen bölgelerden XRF analizleri yapılmış; 1 no'lu bölgede Zr elementi en yüksek düzeyde bulunurken, 2 no'lu bölgede ise Si elementi en yüksek düzeyde olup veneer seramiğine ait olduğu tespit edilmiştir. Kopma yüzeyi, zirkonya ile veneer seramiğin adeta iç içe geçmiş bir görüntüsünü yansıtmakta olup kombine kopmanın net bir örneğini teşkil etmektedir (Şekil 3.38, 3.39, 3.40).



Şekil 3.37, 3.38. 5.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü



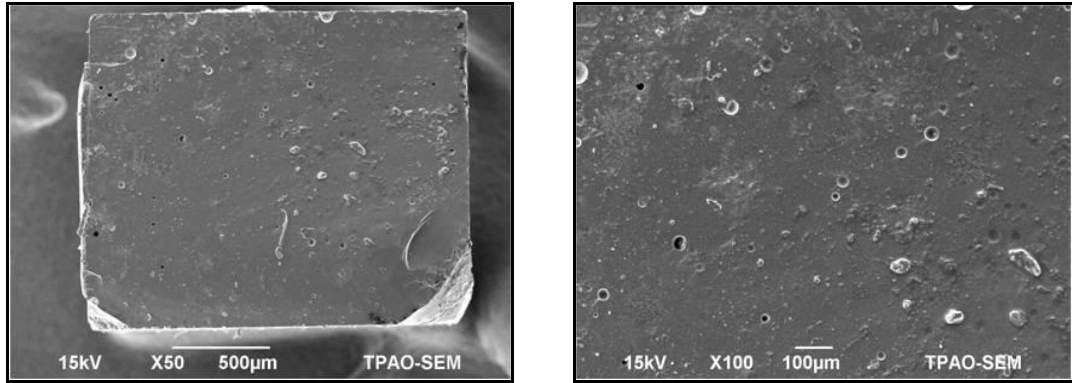
Şekil 3.39. Şekil 3.38'de 1 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi



Şekil 3.40. Şekil 3.38'de 2 ile işaretlenmiş yüzeyin XRF analizi

6.Grupa ait, renkli zirkonya üzerine kumlama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, yüzeyin tamamen veneer porseleni ile kaplı olduğu koheziv kopma kaydedilmiştir.

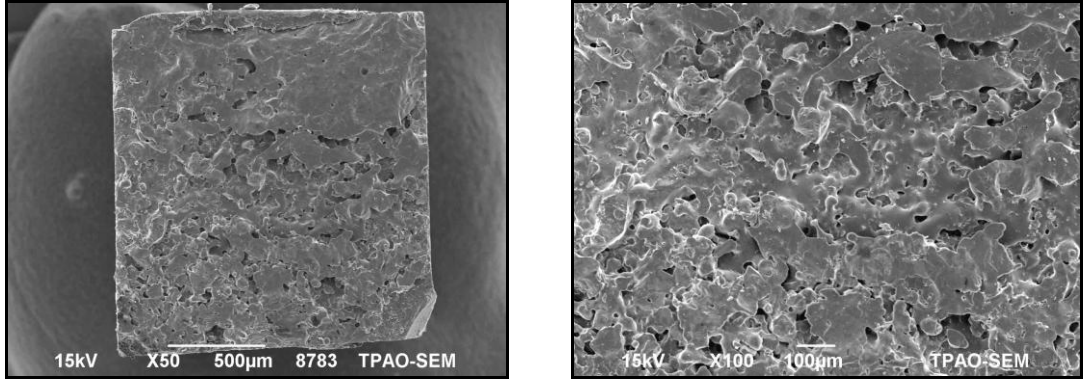
Şekil 3.41 ve 3.42 aynı preparatın farklı büyütmelerdeki SEM görüntüleri olup, ufak hava kabarcıklarının bulunduğu, veneer seramiği bünyesinde gerçekleşmiş düzgün bir kopma yüzeyi görülmektedir. Veneer seramiğinin presleme yöntemi kullanılarak uygulanması, kopma yüzeyinin girinti ve çıkıntı içermeyen, düzgün bir düzlem halinde belirmesi ile sonuçlanmıştır.



Şekil 3.41, 3.42. 6.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

7.Grup; renkli zirkonya üzerine silika kaplama ve tabaka seramiğin uygulandığı örnekleri içermekte olup, elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde yüzeyin tamamen veneer porseleni ile kaplı olduğu koheziv kopma tespit edilmiştir.

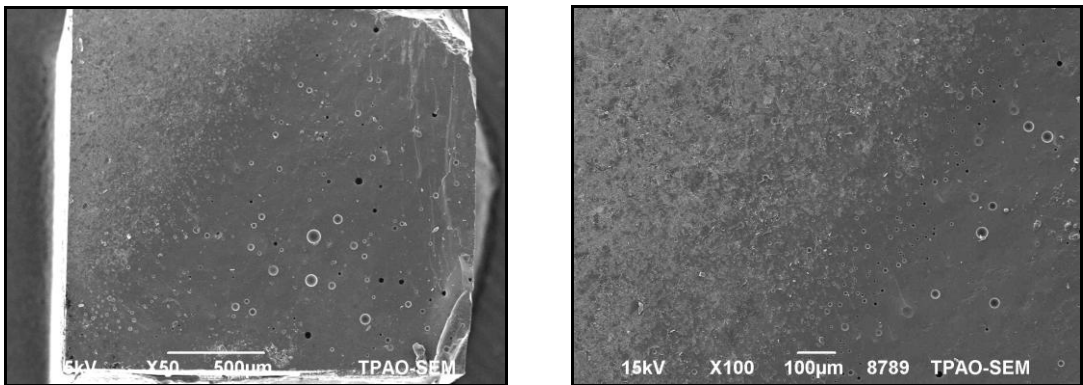
Şekil 3.43 ve 3.44'te aynı örnekten x50 ve x100 büyütmelerinden elde edilen SEM görüntülerinde, farklı boyutlarda çukurcuk ve kabartılar içeren, yüzeyi düzensiz, veneer seramiğinin yapısal olarak homojen bir şekilde yer aldığı koheziv kopma gözlenmektedir. Çeşitli seviyelerde oluşan kopma yüzeylerinin çok miktarda hava kabarcığına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.43, 3.44. 7.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

8.Gruba ait, renkli zirkonya üzerine silika kaplama ve pres seramiğin uygulandığı örneklerde, zirkonya yüzeyinin bir kısmının açığa çıktığı kombine kopma gözlenmektedir.

Şekil 3.45'te yüzeyin büyük bir kısmını kaplayan koyu renkli veneer seramiği ve daha küçük bir kısmında açık renk halinde zirkonya yüzeyi görülmekte olup; aynı preparatın x100 büyütme ile elde edilen SEM görüntüsünde, açık renk ile kendini gösteren zirkonya yüzeyi üzerinde yer yer koyu renkli bölgeler halinde veneer seramiği artıkları görülmektedir. Kopma bölgesi, pres işlemi sonucunda hava kabarcıklarının sınırlı ve az sayıda bulunduğu, düzgün bir yüzey şeklinde ortaya çıkmıştır (Şekil 3.46).



Şekil 3.45, 3.46. 8.Gruptan elde edilmiş olan SEM görüntüsü

4. TARTIŞMA

Dental seramikler, biyouyumlulukları ve sahip oldukları estetik özellikleri nedeni ile protetik tedavide büyük bir kullanım alanına sahiptir (Manicone ve ark., 2007). Kırılgan yapılarının önüne geçebilmek için birlikte kullanıldığı metal desteğin fiziksel ve biyolojik etkilerinden kaynaklanan dezavantajları gidermek amacıyla, günümüzde metal destek yerine yeni yöntem ve teknolojiler ile üretilen yüksek dirençli seramik altyapılar uygulamaya koyulmuştur (Çömlekoğlu ve ark., 2008).

Metal desteksiz restorasyonların üretimi için kullanılan en yeni altyapı materyali ise yitrium oksit ile kısmen stabilize edilmiş zirkonya (Y-TZP)'dir (Øilo ve ark., 2008). Endüstriyel olarak bloklar halinde üretilen ve CAD/CAM teknolojisi kullanılarak istenilen boyutlarda işlenen zirkonya, 900-1200 MPa arasında değişen esneme direnci, yüksek kristal içeriğinden kaynaklanan dayanıklılığı, uğradığı dönüşüm sertleşmesi, beyaz rengi, kimyasal ve yapısal kararlılığı ile altyapı materyali olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aboushelib ve ark., 2006; Tsalouchou ve ark., 2008) ve sabit restorasyonların boyutlarından kaynaklanan kısıtlamaların ortadan kalktığı çok üyeli tam seramik restorasyonların üretiminin kapısını açmıştır (Özkurt ve ark., 2010).

Beyaz renge sahip olmasına rağmen doğal dişler kadar translüsent olmaması zirkonyanın da diğer altyapı materyelleri gibi düşük dirence sahip estetik veneer seramikler ile birlikte kullanılmasını gerektirmektedir ve bu uygulamanın sonunda altyapı ile veneer porseleninden oluşan ikili bir tabaka ortaya çıkmaktadır (Lawn ve ark., 2001; Taşkonak ve ark., 2008; Tsalouchou ve ark., 2008).

İki ayrı malzemedен oluşan kompozisyonlarda stres dağılımı, kullanılan malzemelerin sahip oldukları elastik modülünden etkilenmektedir. Yüksek elastik modüle sahip altyapılar üzerine, düşük elastik modüle sahip

veneer seramikleri uygulanarak, kompozisyonun yüklere karşı koyabilme kapasitesini arttırmak suretiyle veneer tabakasında gelişen streslerin yıkıcı etkisi azaltılmaya çalışılmıştır (Studart ve ark., 2007). Dolayısıyla temelde estetik amaçlar için uygulanan veneer seramikleri, tam seramik restorasyonların mekanik davranışları üzerinde de önemli rol oynamaktadır (Tsalouchou ve ark., 2008).

Veneer tabakası restorasyon üzerindeki stres dağılımını doğrudan etkilemekte, çatlak ya da kırık oluşumuna neden olabilecek kritik kusurları bünyesinde barındırabilmektedir (Pallis ve ark., 2004). Aynı zamanda altyapı ile veneer seramiğin sahip oldukları termal genişleme katsayıları arasındaki uyumsuzluğun varlığı bağlantı yüzeyinde gerilim streslerinin doğması ile sonuçlanmaktadır (Studart ve ark., 2007). Veneer seramiklerinin gerilim streslerine karşı sergilediği direncin altyapı ile arasındaki bağlantı üzerinde büyük etkisi bulunmakta, dirençli veneer seramiği kullanımı fonksiyon sırasında meydana gelebilecek kırılma ve ufalanma miktarını azaltmaktadır (Aboushelib ve ark., 2006). Aksi halde çok düşük yükler altında bile altyapı-veneer arayüzünde ya da veneer porselenin serbest yüzeyinde çatlak oluşumu ile kendini gösteren erken başarısızlıklar gözlenebilmektedir (Tsalouchou ve ark., 2008).

Zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncinin araştırıldığı çalışmalarda, bağlantı yüzeyinin dayanıklılığının esas malzemelerin sahip oldukları dayanıklılıktan daha düşük olması nedeniyle, veneer seramiğin ufalanması veya delaminasyonunun sık görüldüğü saptanmış, ufalanma oranının 24 aylık takipte %15, 31 aylık takipte %25, 36. ayda %8 ve 38. ayda %13 olduğunu belirtmiştir. Bu başarısızlık oranı metal destekli seramik restorasyonlar için 10 ile 15 yıllık periodlarda %2,7 ile %5,5 olarak kaydedilmiştir. Bu problemin önüne geçilebilmesi için kullanılan malzemelerin yanı sıra altyapı-veneer kompozisyonunun da mekanik özelliklerinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Aboushelib ve ark., 2006; Fischer ve Stawarczyk, 2007; Studart ve ark., 2007; Guess ve ark., 2008).

Fischer ve arkadaşları (2008a), bu tip restorasyonlarda gözlenen başarısızlıkların veneer seramiğin zayıf performansı ya da zirkonya ile veneer porseleni arasındaki kısıtlı bağlantıdan kaynaklanmakta olduğunu ve bağlantı direncinin kimyasal bağın dayanıklılığı, mekanik kilitleme, bağlantı yüzeyindeki defektlerin türü ve yoğunluğu, ıslanabilirlik ve zirkonya ile veneer seramiği arasındaki termal genleşme katsayısı farkı sonucu ortaya çıkan sıkıştırıcı stres miktarına bağlı olduğunu belirtmiş; ancak bağlantı mekanizmasının henüz tam olarak anlaşılmadığının da altını çizmiştir.

Benzer şekilde Thompson ve arkadaşları (2011), farklı materyal fazlarına sahip olmaları nedeniyle, zirkonya altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncinin; kimyasal bağlanma, mikromekanik kilitleme ve bağlantı yüzeyinde gelişen stres faktörlerinden etkilendiğini belirtmiştir.

Guess ve arkadaşları (2008) farklı zirkonya altyapılar üzerine uygulanan veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, sinterlenmemiş bloklardan oluşan Cercon Base ve Vita In-Ceram YZ, sinterlenmiş bloklardan oluşan DC-Zirkon kullanmış ve bu üç farklı zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı dirençlerinde istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmeyen rakamsal farklılıklar kaydetmiştir.

Benzer durum farklı üretici firmaların kullanıma sunduğu veneer seramiklerde de karşımıza çıkmaktadır. Saito ve arkadaşları (2010), zirkonya ile veneer porselenleri arasındaki bağlantı direncini analiz ettikleri çalışmasında, tek tip zirkonya üzerine uyguladıkları beş farklı tabaka seramiğin bağlantı dirençlerini değerlendirmiş ve zirkonya ile veneer seramiği arasındaki termal genleşme katsayıları arasındaki farkın bağlantı direncini etkilediğini belirtmiş, sağlıklı bir bağlanma elde edebilmek için kullanılan zirkonya üzerine, üretici firmanın tavsiye ettiği veneer seramiğini uygulamanın önemine değinmiştir.

İlgili çalışmalarda da belirtildiği gibi, zirkonya ile veneer porseleni arasındaki bağlantı direnci; kullanılan yüzey işlemleri, veneer seramiklerin mekanik özellikleri ve bu seramikleri uygulama yöntemleri gibi faktörlerden etkilenmekte (Komine ve ark., 2010) ve zirkonya bazlı restorasyonlarda karşılaşılan sorunların başında gelmektedir (Aboushelib ve ark., 2008b). Bu nedenle, yapmış olduğumuz çalışmada; kumlama ve tribokimyasal silika kaplama yöntemleri ile muamele edilmiş, tek bir markadan üretilen beyaz ve renkli zirkonya altyapıları üzerine, aynı firmanın zirkonya altyapılar için tavsiye ettiği, tabakalama ve pres yöntemleri kullanılarak uygulanan veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci, makaslama ve mikrogerilim bağlantı test metodlarından yararlanılarak ortaya koyulmuştur.

Zirkonyanın, sahip olduğu opak beyaz görünümü nedeniyle ortaya çıkan estetik problemlerin önüne geçme uğraşı, renkli zirkonya altyapılar üretme fikrini ortaya atmıştır. Zirkonya tozuna metalik pigmentler karıştırılarak ya da hazırlanan zirkonya altyapılar renklendirici solüsyon içine batırılarak gerçekleştirilen renklendirme işlemleri estetik problemlerin önüne geçmekte; ancak zirkonyanın yapısal özellikleri ve veneer seramiği ile bağlantısı üzerinde ne gibi etkiler yarattığı net olarak bilinmemektedir.

Aboushelib ve arkadaşları (2008b), zirkonya tozu içerisine renk pigmenti ilavesinin, gren duvarlarında bulunan stabilize edici ajanların oransal miktarının azalması sonucu tetragonal-monoklinik faz dönüşümünün artmasına ve dolayısı ile zirkonya yüzeyinde gren çekilmeleri ve yüzey gerilmelerinin ortaya çıkmasına neden olabileceğini, çözelti halindeki renklendirici ajan içerisine batırılarak renklendirilen zirkonyada ise; yüzeyde biriken renk pigmentlerinin sinterleme esnasında kristalizasyon gösterme eğiliminde olması nedeniyle, olası kristalize tabakanın bağlantı üzerinde zayıflatıcı etkisinin bulunabileceğini belirtmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı üzerinde renklendirilmiş zirkonyanın etkisi araştırılmış ve bu amaçla düşük maliyeti ve hazırlama kolaylığı nedeniyle günümüzde sıklıkla tercih edilen, solüsyon içerisine batırılarak renklendirilen zirkonya kullanılmıştır.

Tam seramik restorasyonlar üzerine uygulanan veneer seramiklerinin, ISO 6872 ve 9693 standartlarına uygun olarak minimum 50 MPa esneme direncine sahip olmaları gerekmektedir. Zirkonya destekli tam seramik restorasyonlarda sıklıkla karşılaşılan bir sorun olarak veneer seramiğin yüzeyden ufak parçalar halinde ayrılmasının ardından, zirkonya yüzeyinde ince bir veneer tabakasının gözlenmesi, aslında zirkonya ve seramik arasında güvenilir bir bağlantı oluştuğunun; ancak veneer seramiğinin mekanik özelliklerinin yetersiz kaldığının bir belirtisidir (Beuer ve ark., 2009).

Bunun yanı sıra veneer seramiklerin zirkonya ile çoklu fırınlanması nedeniyle ortaya çıkan faz dönüşümü ve rezidüel streslerde gevşeme, yapının direncini etkilemekle kalmamakta, aynı zamanda altyapı ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direncini de etkilemektedir (Aboushelib ve ark., 2006).

Øilo ve arkadaşları (2008), fırınlama işleminin zirkonyanın sahip olduğu esneme direnci, kırılma, mikrosertlik, boyut ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, bu işlemin esneme direnci ve mikrosertlikte azalmaya neden olduğu belirtilmiş; ancak kullanılan zirkonya örnekler üzerine veneer seramiği uygulanmadan fırınlama işlemleri yapılmış olması nedeniyle bu durumun bağlantı direnci üzerine etkisine değinilmemiştir.

Geleneksel tabakalama yönteminde ortaya çıkan porselen büzülmesi nedeniyle istenilen boyutlarda ve formda restorasyonların üretilmesi için zirkonyanın pek çok defa fırınlanması gerekirken, pres yönteminde mum ile şekillendirilen restorasyonun, veneer seramiklerin basınç ile dökümü sonucu,

tek seferde istenilen formda elde edilebilmesi nedeniyle zirkonya çok daha az sayıda fırınlama işlemine maruz kalmaktadır (Bonfante ve ark., 2010).

Bağlantı yüzeyinde bulunan yapısal hataların, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki kontağın zayıflamasına neden olduğu; bu kusurların sayısı, dağılım ve boyutlarının kullanılan malzemelerden ya da üretim yöntemlerinden kaynaklandığı (Aboushelib ve ark., 2006; Beuer ve ark., 2009), veneer seramiklerinin presleme tekniği kullanılarak yüzeye basınç ile enjekte edilmesi ile iki malzeme arasında sıkı bir temas sağlanarak, olası mikroboşlukların minimize edilebildiği belirtilmektedir (Lopez-Molla ve ark., 2010).

Zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direnci üzerinde yalnızca presleme yönteminin değil aynı zamanda bu yöntem için geliştirilmiş olan veneer seramiklerin sahip olduğu kimyasal ve mekanik özelliklerinin de etkisi olduğu düşünülmektedir. Geleneksel tabaka seramiklere kıyasla gelişmiş performans ve zirkonya ile daha kuvvetli bir bağlantı oluşturma kapasitesi ile kullanıma sunulmuş olan pres seramikler, daha düşük oranda potasyum ve sodyum iyonu bulundurmaları nedeniyle yapısında daha yüksek cam matris barındırmakta ve daha az kristalizasyon sergilemektedir (Aboushelib ve ark., 2005; Choi ve ark., 2009).

Ayrıca veneer seramiğin uygulanma aşamasında ortamda bulunan sıvının, zirkonyada tetragonal grenlerin destabilizasyonuna veya düşük sıcaklık bozulmasına neden olarak lokalize rezidüel streslerin doğması ve porselenin zirkonyaya adezyonunun zayıflaması ile sonuçlanabileceği belirtilmekte, bu nedenle toz ve likitten oluşan tabaka seramiklere kıyasla, hazır porselen blokları halinde bulunan pres seramiklerin nem varlığından kaynaklanan bu sorunların önüne geçebileceği düşünülmektedir (Toley ve ark., 2010).

Çalışmamızda, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı değerleri üzerine veneer seramiği uygulama yöntemlerinin etkisi araştırılmış; bu amaçla tabakalama yöntemi ve pres yöntemi ile uygulanan veneer seramikleri kullanılmıştır.

Zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direncini etkileyen bir diğer faktör ise; CAD/CAM prosedürü sonrası çizgisel freze izlerinin bulunduğu zirkonya ya da bu yüzeye uygulanan polisaj, farklı boyutlardaki partiküller ile kumlama ve liner kullanımı gibi gerek mikromekanik kilitleme gerek kimyasal bağlanma sağlamak amacıyla zirkonya üzerine uygulanan yüzey işlemleridir (Aboushelib ve ark., 2005; 2006; 2008b; Wang ve ark., 2008).

Bağlantı yüzeyinin polisajlanması, freze işleminin ortaya koyduğu çizgisel izleri ortadan kaldırmaktadır; ancak pratikte veneer seramikleri ya doğrudan bu yüzeylere ya da kumlama gibi abraziv işlemler ile freze izlerinin silindiği yüzeyler üzerine uygulanmaktadır. Bu nedenle polisajlamanın kullanılması; rutinde uygulanan freze işleminin ya da kumlamanın zirkonya üzerinde oluşturduğu etkiyi tam olarak yansıtamamakta, beklenenden farklı sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Wang ve ark., 2008).

Diğer bir yüzey uygulaması olan liner kullanımı, temelde zirkonya altyapıların sahip olduğu opak beyaz rengin veneer seramiklerden yansımalarını önlemek ve daha estetik restorasyonların elde edilmesini sağlamak amacıyla bağlantı yüzeyine uygulanan bir maskeleyen materyaldir (Aboushelib ve ark., 2006).

Renkli zirkonya altyapıların kullanıma sunulması ile renk maskeleyen amacıyla uygulama zorunluluğunun ortadan kalktığı liner, bağlantı direnci üzerinde kullanılan malzemelere göre farklı davranışlar sergilemekte, olumlu etkisinin bulunduğu örneklerin yanı sıra yıkıcı sonuçlar doğurduğu da belirtilmektedir (Aboushelib ve ark., 2006; 2008b; Fischer ve ark., 2008a).

Bağlantı yüzeyinde hava kabarcığı ve yapısal kusurlar oluşturarak, başarısızlık odağı olarak davrandığı belirtilen linerın; pres seramikler ile birlikte kullanımı önerilmemektedir. Farklı yapısal kompozisyonlar içermeleri nedeniyle liner ve pres seramik arasında zayıf yüzey kontağının olduğu ve bu durumun bağlantı direncinde zayıflama ve seramiğin zirkonya üzerinden delaminasyonu ile sonuçlandığı belirtilmektedir (Thompson ve ark., 2011). Bu nedenle pres seramiklerin kullanılması halinde mecbur kalınmadıkça liner uygulanmaması, kullanıldığı durumlarda ise liner uygulanan yüzeyin kumlanarak pürüzlendirilmesi gerektiğinin altı çizilmektedir (Aboushelib ve ark., 2006).

Yapmış olduğumuz çalışmada, zirkonya örneklerin hassas kesim cihazında elmas diskler ile kesilerek elde edilmesi nedeniyle, freze işlemi sonrası ortaya çıkan çizgisel izler çalışmamıza yansıtılmamış ve rutin uygulamalarda bağlantı direncini arttırmak amacıyla kullanılmaması nedeniyle polisaj işlemi uygulanmamıştır. Liner uygulanarak maskeleme ihtiyacının ortadan kalktığı renkli zirkonya ve liner uygulamasının önerilmediği pres seramik kullanılması nedeniyle, tüm test örneklerinde yüzey standardizasyonunu sağlamak amacıyla liner materyali kullanılmamıştır.

Mikromekanik yüzey pürüzlülüğü oluşturularak, altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncinin kuvvetlendirilmesi amaçlanan ve günümüzde sıklıkla kullanılan bir diğer yüzey işlemi ise kumlamadır (Fischer ve ark., 2008a; Aboushelib ve ark., 2010).

Uygulandığı malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili pek çok görüş bulunan kumlamanın, zirkonya yüzeyine uygulanması halinde tetragonal-monoklinik faz transformasyonunu tetikleyerek, yüzeyde sıkışmış alanlar oluşturması nedeniyle esneme direncini arttırdığı belirtilmektedir (Wang ve ark., 2008; Lorente ve ark., 2010). Ancak faz transformasyonundan kaynaklanan bu artışın, ısı işlem sırasında monoklinik fazdan tetragonal faza

tersine bir dönüşümün gerçekleşmesi ve yüzeyde oluşmuş olan sıkıştırıcı tabakanın gevşemesi nedeniyle, termal fırınlamanın ardından kaybolduğu açıklanmaktadır (Fischer ve ark., 2008a; Wang ve ark., 2008).

Bunların aksine, Curtis ve arkadaşları (2006), çeşitli yüzey işlemlerinin zirkonyanın mekanik performansı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, zirkonya örnekleri 25, 50 ve 110 μm boyutlarındaki alumina partikülleri ile 4,8 bar basınç altında 5 saniye boyunca kumlanmış ve örneklerin bir kısmını 24 saat su içerisinde bekletmiştir. Çalışmada kumlanmış zirkonya örnekler ile yüzeyine herhangi bir işlem yapılmamış zirkonya arasında biaksial esneme direnç değerleri bakımından anlamlı bir fark gözlenmediği, örneklerin kuru ya da suda bekletilmiş olmasının bu durumu değiştirmedeği belirtilmiş, esneme direncinin sürekliliğinde nispeten bir artış sağlandığına ve suyun varlığının zirkonya üzerinde yıkıcı bir etki oluşturmadığına değinilmiştir.

Nakamura ve arkadaşları (2009), zirkonya yüzeyinin farklı basınç düzeylerinde, 70 μm boyutlarındaki alumina partikülleri ile kumlanmasının, zirkonyanın esneme direnci üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığını; kumlama işlemi ile yüzey pürüzlülüğü artırılarak zirkonya ile veneer seramiğinin daha etkili bir şekilde bağlanmasının sağladığını belirtmiştir.

Wang ve arkadaşları (2008), polisajlanmış zirkonya yüzeyinin kumlanması halinde statik esneme direncinde ve dayanıklılığında azalma meydana gelirken, CAD/CAM ile elde edilen zirkonya yüzeyinin kumlanması halinde direnç ve dayanıklılıkta bariz bir artış sağlandığını belirtmiş; bu durumu kumlama işlemi ile CAD/CAM prosedüründen kaynaklanan yüzey hasarlarının silinmesi, zayıf bağlanmış yüzey grenlerini uzaklaştırılması ve faz dönüşümüne bağlı olarak yüzeyde sıkıştırıcı bir tabakanın meydana gelmesi ile açıklamıştır.

Kumlama işlemi sonrasında yüzeyde açığa çıkan monoklinik fazdaki zirkonya grenlerinin termal genleşme katsayısının ($7,5 \times 10^{-6}/K$), tetragonal grenlerden ($10,8 \times 10^{-6}/K$) düşük olması sonucu veneer seramiğinde gerilim streslerinin ortaya çıktığı ve bu streslerin zirkonyanın mekanik özelliklerini etkileyebileceği gibi, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlanma kapasitesini de etkileyebileceği belirtilmektedir (Fischer ve ark., 2008a).

Ancak veneer seramiğinde lokalize streslerin doğmasına ve bağlantı direncinin zayıflamasına neden olan bu faz dönüşümünün ne kadarının kumlama işleminden kaynaklandığını ve ne kadarının sinterleme sonrasında ya da uygulanan yükler sonucu ortaya çıktığını tespit etmek güçtür (Aboushelib ve ark., 2005).

Zirkonya yüzeyinin kumlanması için kullanılan partikül boyutları 25-120µm arasında değişmektedir ve kumlama işlemi için tercih edilen partikül boyutlarının materyalin fiziksel özellikleri ve bağlantı direnci üzerindeki etkisi ile ilgili pek çok görüş mevcuttur (Lorente ve ark., 2010).

Zirkonya yüzeyindeki freze izlerini 50 µm büyüklüğündeki partiküller ile kumlamanın, materyalin direncinde ve dayanıklılığında artış sağladığı, 110 µm boyutlarındaki partiküller ile kumlamanın ise statik esneme direncini arttırırken lateral çatlak oluşumu ve yüzey hasarı gibi tahribatlara karşı dayanıklılığını zayıflattığı, 120 µm büyüklüğündeki partiküller ile kumlamanın veneer seramikleri ile olan bağlantı direncini arttırdığı, oluşturulan yüzey pürüzlülüğünün bağlantı hatasını azalttığı yönünde görüşler bulunmaktadır (Aboushelib ve ark., 2008b; Lorente ve ark., 2010). Uygulanan yüzey işlemlerinin sonuç restorasyon üzerindeki etkisini belirleyen bir diğer nokta ise; zirkonyayı oluşturan grenlerin boyutları, şekil, kompozisyon, yoğunluk ve sertlik değerleridir. Tercih edilen materyallerin gren düzeyindeki farklılıklar, uygulanan yüzey işlemlerinin final restorasyon üzerinde farklı sonuçlar doğurmasına neden olmaktadır (Aboushelib ve ark., 2008b).

Bir diğerk mikromekanik yüzey pürüzlendirme işlemin olan tribokimyasal silika kaplama, özellikle rezin simanlar ile zirkonya altyapılar arasındaki bağlantı direncinin artırılması amacıyla bağlantı yüzeyinin silika ile kaplanarak hazırlandığı bir yöntem olup (Fischer ve ark., 2008a), bu yöntem ile elde edilen silikat tabakasının zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı üzerinde etkili olabileceği belirtilmektedir (Thompson ve ark., 2011). Çalışmamızda kumlama ve silika kaplama işlemlerinin, zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerine etkisi araştırılmıştır.

Çalışmamızın test grubu üzerinde silika kaplama işlemini gerçekleştirmek amacıyla kullanılan Rocatec Junior silika kaplama sisteminde kullanılan partikül boyutlarının 110 µm olması nedeniyle, çalışmamızın kontrol grubu 110 µm boyutundaki Al₂O₃ partikülleri ile kumlanmıştı. Böylece kumlama işleminden kaynaklanabilecek faz dönüşümü nedeniyle esneme direncinde ya da bağlantı direncinde oluşabilecek değişimlerin her iki grup için eşitlenmesi ve test grubunda oluşturulan silika tabakasının bağlantı üzerine direkt etkisinin gözlenebilmesi amaçlanmıştır.

Veneer seramikleri ile altyapılar arasındaki bağlantı direncini değerlendirmek amacıyla kullanılan test yöntemleri; makaslama, 3-nokta, 4-nokta ve biaksiyal esneme, çekme ve mikrogerilim direnç testleri olarak sayılmaktadır (Choi ve ark., 2009).

Üç nokta esneme testi, metal destekli seramik sistemlerin bağlantı direncini değerlendirmek amacıyla standart olarak kabul edilmiş test yöntemidir ve bu sistemler için sahip olmaları gereken minimum bağlantı direnci 25 Mpa olarak belirtilmiştir. Ancak tam seramik sistemlerin kırılğan yapıları, üç nokta esneme testinin bu malzemelerde kullanımını güçleştirdiği gibi, günümüzde tam seramik sistemler için minimum bağlantı direnç değeri ve bu değeri tespit etmek amacıyla standart olarak kullanımı kabul gören bir test yöntemi henüz belirlenmemiştir (Guess ve ark., 2008). Zirkonya ile veneer seramiği

arasındaki bağlantı direncinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan test yöntemleri ise makaslama ve mikrogerilim testleridir (Saito ve ark., 2010).

Makaslama testi kullanımı kolay ve hızlı sonuç veren bir yöntem olup (Al-Dohan ve ark., 2004), bağlantı bölgesinde homojen olmayan stres dağılımlarının ortaya çıkmasına ve bağlantı bölgesinde beklenenden düşük değerlerin elde edilmesine neden olduğu belirtilmiştir (Della Bona ve ark., 1995). Sıklıkla gözlenen kırık türünün koheziv kırık olması, verilerin hatalı yorumlanması ve materyallerin hatalı sıralanması ile sonuçlanabilmektedir (Dündar ve ark., 2007).

Bu nedenlerden dolayı tercih edilen bir diğer yöntem olan mikrogelirim testi, boyut olarak oldukça küçük mikrobarların kullanıldığı ve böylece yapısal kusurların devreye girme şansının azaltıldığı, bağlantı direncinin doğrudan değerlendirilerek, gerek pratik gerek teorik problemlerin çözülmesine imkan veren anlamlı verilerin elde edilebildiği bir test yöntemi olarak belirtilmektedir (Aboushelib ve ark., 2006; 2008a). Ancak gerilim testlerinden elde edilen sonuçlar, örnek geometrisinden ve yükleme esnasında meydana gelebilecek düzensiz stres dağılımından büyük ölçüde etkilenmekte, porselen dış yüzeyinde oluşabilecek bir çentik koheziv porselen kopmalarına neden olabilmektedir (Dündar ve ark., 2007; Saito ve ark., 2010).

Dündar ve arkadaşları (2007), mikro gerilim bağlantı testi ve makaslama testinin tek başına kullanılması halinde malzemenin bağlantı direnci hakkında gerçek bilgiyi sağlamakta yetersiz kalabileceğini, birbirini tamamlayan verilerin elde edilmesi için her iki test yönteminin de kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

İki farklı malzemedan oluşan dental kompozisyonların mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan test örnekleri, kron-köprü formunda

hazırlanabileceği gibi basit geometrilere sahip modeller halinde de üretilebilmektedir. Kron-köprü şeklinde hazırlanan örneklerin temel avantajı; gerçeğe yakın olmalarıdır. Ancak en büyük kusurları örnekleri tekrar edilebilir boyutlarda üretmenin güçlüğü ve malzemelerdeki stres dağılımlarını net gözlemleyebilmek için sonlu eleman analizlerine ihtiyaç duyulmasıdır. Bu nedenle geometrik şekillere sahip test örnekleri, dental restorasyonların anatomik formunu çalışmalara yansıtamasa da örnek boyutlarının kontrol altında tutulabilmesi, dolayısıyla tekrar edilebilir sonuçlar elde edilmesi bakımından yaygın olarak tercih edilen örneklerdir (Stuart ve ark., 2007).

Yapmış olduğumuz çalışmada, veneer seramiklerinin tabakalama ya da pres teknikleri kullanılarak uygulanmasının, zirkonya altyapıların renklendirilmesinin ve bağlantı yüzeyine kumlama ya da silika kaplama işlemlerinin uygulanmasının zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerine etkisini sağlıklı bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla, geometrik şekillere sahip test örnekleri hazırlanmış ve mikrogerilim ile makaslama testlerinin her ikisi de kullanılmıştır.

Çalışmamızda elde edilen makaslama bağlantı test verileri, kumlanmış beyaz zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için 20,61 MPa, pres seramikler için 24,39 MPa, silika kaplanmış beyaz zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için 27,18 MPa, pres seramikler için 30,41 MPa olarak kaydedilirken, kumlanmış renkli zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için 19,70 MPa, pres seramikler için 24,25 MPa, silika kaplanmış renkli zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için 25,66 MPa, pres seramikler için 29,28 MPa olarak kaydedilmiştir. Yaygın olarak gözlenen kopma türü, zirkonya yüzeyinde veneer seramiği artıklarının bulunduğu kombine kopma olmuştur.

Çalışmamızda kullanılan renkli zirkonya altyapılar, kumlama ve silika kaplama işlemlerinin yapıldığı, tabaka ve pres seramiklerin uygulandığı tüm gruplarda bağlantı direnç değerleri bakımından beyaz zirkonyaya kıyasla

daha düşük değerler sergilemiş ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($P=0,038$).

Zirkonya altyapıların sahip oldukları renk farkı dikkate alınmaksızın, üzerlerine gerek pres gerek tabaka seramiği uygulanması halinde, yapılan yüzey işlemlerinden silika kaplama, kuılamaya kıyasla bağlantı direnci üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlamıştır ($P<0,001$).

Çalışmamızda, uygulanan yüzey işlemleri ve zirkonya altyapılar arasındaki renk farkı gözetilmeksizin örneklerin genelinde, pres seramikler ile zirkonya arasındaki bağlantı direncinin tabaka seramikler ile olan bağlantı direncine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve aradaki farkın istatistiksel önemi olduğu gözlenmiştir ($P<0,001$).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada yer alan bu üç değişkenin (zirkonya rengi, yüzey işlemleri, veneer seramiğini uygulama yöntemleri) makaslama bağlantı direnci üzerine ortak etkilerinin ise; bireysel olarak sergiledikleri değerlere kıyasla anlamlı bir artış oluşturmadığı kaydedilmiştir ($P>0,05$). Bu durumun, makaslama bağlantı direncinin kullanılan zirkonya ve veneer seramiğin mekanik özellikleri ile sınırlı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. İki malzeme arasında oluşan bağlantı arttıkça, bu bağlantıyı ayırmaya yönelik uygulanan makaslama kuvveti de bağlantı bölgesinde ya da kullanılan malzemelerin bünyesinde bir kopma gerçekleşene kadar artmaktadır. Malzemelerin kopma direncinden daha yüksek bir bağlantı direnci elde edilmesi halinde ise; ayrılma mekanik direnci zirkonyaya kıyasla çok daha zayıf olan veneer seramiğin bünyesinde gerçekleşmekte ve bu da birbirlerine yakın kopma değerleri ile sonuçlanmaktadır. Çalışmamızda kullanılan tüm örneklerde, makaslama kuvvetinin etkisiyle ayrılma ilk olarak bağlantı bölgesinde başlamış ve veneer seramiğin bünyesinde ilerlemiştir. Bağlantı güçlendikçe kopmanın seramik bünyesine doğru ilerlemesinin, elde edilen makaslama bağlantı direnç değerlerinin belli bir rakamsal aralıkta yer alması

ile sonuçlandırıldığı ve bu nedenle zirkonya rengi, yüzey işlemleri ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin kombine etkilerinin bağımsız etkilerine kıyasla makaslama bağlantı direnç değerleri üzerinde anlamlı bir artış oluşturmadığı düşüncesindeyiz.

Guess ve arkadaşları (2008), farklı zirkonya altyapılar üzerine uygulanan veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, kontrol grubu olarak altın alaşımı, test grubu olarak beyaz Cercon Base, Vita In-Ceram YZ ve DC-Zirkon kullanmıştır. Hazırlanan zirkonya örneklerin bir kısmı 110 µm Al₂O₃ ile 2,5 bar basınç altında kumlanmış, diğer örneklerde freze izleri korunmuş ve tüm örneklerin yüzeyine firmaların tavsiye ettiği veneer seramikleri tabakalama yöntemi ile uygulanmıştır. Makaslama testi olarak Schmitz-Schulmeyer testinin kullanıldığı çalışmada kontrol grubu için 27,6 MPa, test grupları için 9,4 MPa ile 12,5 MPa arasında değişen değerler kaydedilmiş, kopan örnek yüzeylerinde gözlenen yaygın kırık türünün kombine kırık olduğu ve kumlama işleminin zirkonya-veneer bağlantısı üzerinde anlamlı bir etkisinin gözlenmediği belirtilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada yaygın olarak gözlenen kırık türünün benzerlik göstermesine rağmen, iki çalışmanın farklı rakamsal değerler sergilemesinin Guess ve arkadaşlarının (2008) makaslama testi olarak Schmitz-Schulmeyer testi kullanmış olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Schmitz-Schulmeyer test yönteminde, dikdörtgenler prizması şeklinde hazırlanan zirkonya örnekler üzerine, veneer seramiği kübik formda uygulanmakta, bu nedenle makaslama kuvveti test örnekleri üzerine tek bir noktadan değil, çizgisel olarak etki etmektedir. Test dizaynındaki bu farklılık, iki çalışma arasındaki rakamsal değişikliğin nedeni olarak görülebilir.

Fischer ve arkadaşları (2008a), zirkonya altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini değerlendirdikleri çalışmalarında, beyaz Vita YZ Cubes zirkonya üzerine polisaj, kumlama ve silika kaplama olmak üzere 3

farklı yüzey işlemleri uygulanmış, tabakalama yöntemi ile uygulanan 5 ayrı veneer seramiği ile arasındaki bağlantı direncini makaslama testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Polisajlı yüzeyler için elde edilen değerlerin 23,5 MPa ile 31,0 MPa arasında değiştiği çalışmada, silika kaplama ve kumlama işlemleri sonucu elde edilen değerlere grafiksel olarak değinilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasıyla birlikte uygulanan yüzey işlemlerinin kullanılan farklı veneer seramiklerin bağlantı dirençleri üzerinde farklı sonuçlar sergilediği ve bu sonuçlara göre, yüzey işlemlerinin bağlantı direncini arttırıcı etkisinin bulunduğu hipotezinin ne kabul edilebileceği ne de reddedilebileceği belirtilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada zirkonya yüzeyine uygulanmış olan tribokimyasal silika kaplama işlemi, kumlama işlemine kıyasla veneer seramiği ile olan bağlantı direncinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlamıştır ($P < 0,001$). Bu artışın, veneer işlemi için kullanılan cam bazlı yani silikat seramiklerin silika kaplanmış zirkonya yüzeyi ile daha sıkı bir bağlanma sağlamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Lopez-Molla ve arkadaşlarının (2010), zirkonya altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini değerlendirdikleri çalışmalarında, beyaz IPS e.max ZirCad zirkonya örnekler üzerine, IPS e.max Ceram tabaka seramiği ve IPS e.max Zirpress pres seramiği uygulanmıştır. Örnek çapının 8 mm olduğu çalışmada makaslama test sonuçları; tabaka seramiği için 7,85 MPa, pres seramiği için 12,69 MPa olarak kaydedilmiştir.

Belirtilen değerlerin yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen değerlerden düşük olması Weibull teoremi ile açıklanabilir. Weibull teoremine göre geniş bağlantı yüzey alanına sahip örnekler, bünyelerinde daha yüksek oranda yapısal kusur barındırma ihtimali nedeniyle daha düşük değerlerde kopma sergilemektedir. Lopez-Molla ve arkadaşlarının kullanmış olduğu 8 mm çapında örneklere kıyasla, çalışmamızda 5mm çapa sahip örneklerin

kullanılmış olması kaydedilen makaslama bağlantı direnç değerleri arasındaki farkı açıklamaktadır.

Tabaka seramiğe kıyasla pres seramiklerde istatistiksel olarak yüksek bağlantı değerlerinin kaydedilmiş olması ise yapmış olduğumuz çalışma ile paralellik sergilemektedir. Bu durumun, tabaka seramiğin uygulanması ya da fırınlanması esnasında oluşan hava kabarcıklarının çatlak başlatıcı noktalar olarak görev yapmasından ve pres seramiklerin basınç ile enjekte edilmesi nedeniyle daha sıkı bir temas sağlanarak, olası hava boşluklarının minimize edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Saito ve arkadaşlarının (2010), zirkonya ile veneer porselenleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, 50 µm Al₂O₃ partikülleri ile 0,2 MPa basınç altında kumlanan Katana marka zirkonya örnekler üzerine, 5 farklı veneer seramiği tabakalama tekniği ile uygulanmış, makaslama testi kullanarak bağlantı dirençleri kaydedilmiştir. Bağlantı direncinin 30,9 MPa ile 22,0 MPa arasında değişiklik gösterdiği örneklerde gözlenen kırık türü ise tüm gruplar için koheziv olarak belirtilmiştir.

Saito ve arkadaşlarının (2010), elde etmiş olduğu rakamsal değerlerin yapmış olduğumuz çalışma ile benzerlik göstermesine rağmen, kaydedilen kırık türünün koheziv olmasının, rezidüel, termal ve mekanik streslerin doğmasına sebep olan zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki termal genişleme ve büzülme uyumsuzluğu, bu streslere karşı veneer seramiklerinin sahip olduğu zayıf mekanik direnç, tabakalama tekniğinden ileri gelen yapısal kusurlar ve test tekniğinin uygulanmasından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Al-Dohan ve arkadaşları (2004), farklı altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki makaslama direncini değerlendirdikleri çalışmalarında, Empress 2, Procera allZirkon, DC zirkon, Procera allCeram altyapılar üzerine

tabakalama yöntemi ile veneer seramikleri uygulamış, bağlantı değerlerini makaslama testi kullanarak tespit etmiştir. Zirkonya örnekler için elde edilen değerler 28,03 Mpa ve 27,90 Mpa olarak kaydedilmiş, yaygın kırık türü olarak kombine ve yüzeyde ince bir tabaka seramik artığı kalan koheziv kopma gözlenmiştir. Adeziv kopma gözlenmemesinin, belli elementlerin arayüzde difüzyon sergilediğinin bir göstergesi olduğu belirtilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmaya kıyasla daha yüksek bağlantı direnç değerleri elde edilmiş olmasının, bağlantı yüzey çapının 2,4 mm olmasından kaynaklandığı düşünülen çalışmada kaydedilen kopma türü çalışmamız ile uyum sergilemektedir.

Ashkanani ve arkadaşları (2008), zirkonya ile veneer porseleni arasındaki bağlantı direncini metal destekli seramik restorasyonlar ile kıyasladıkları çalışmalarında zirkonya grubu için elde edilen ortalama makaslama test değerini 42,45 MPa olarak kaydetmiş, kırık türlerini ise kombine ve ancak SEM analizinde, yüksek büyütmede gözlenebilen ince bir porselen tabakasının kırık yüzeyini kapladığı, koheziv kopma olarak belirtmiştir. Ashkanani ve arkadaşları (2008), diğer pek çok çalışmaya kıyasla farklı sonuçlar elde edilmiş olmasını; çalışma dizaynı, metodoloji, uygulayıcının tecrübesi ve kullanılan malzemelerdeki farklılıklara bağlamıştır. Araştırma, rakamsal olarak daha yüksek bağlantı değerleri belirtilmiş olmasına rağmen, kopma türü bakımdan çalışmamız ile benzerlik sergilemektedir ve bu durum yapmış olduğumuz SEM ve XRF analizleri ile de ortaya koyulmuştur.

Fischer ve arkadaşları (2009), zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci üzerinde termal genleşme katsayıları arasındaki uyumsuzluğun etkisini makaslama testi kullanarak araştırdıkları çalışmada, polisajlanmış Vita YZ cubes zirkonya üzerine 12 farklı markanın tabaka seramiğini uygulamış ve 21,9 MPa ile 31,0 MPa arasında değişen değerler kaydetmiştir. Kırık türünün, bağlantı arayüzünden başlayarak, veneer seramiği bünyesinde devam eden kombine kırık olduğu çalışmada, gözlenen bu durumun bağlantı direncinin seramiğin koheziv direncinden daha yüksek

bir değere sahip olduğunu göstermesinin yanı sıra; bağlantı yüzeyine yakın bölgelerde termal uyumsuzluktan kaynaklanan ve doğrudan arayüzde bir kırık oluşumunu önleyen stres yoğunlaşmasının da kanıtı olabileceğinin altını çizmiştir.

Gözlenen yaygın kırık türü bakımından benzerlik gösteren ve bir kısım değerlerin çalışmamızla uyum sergilediği araştırmada, kaydedilen verilerin oldukça geniş bir dağılım sergilemesinin, zirkonya altyapı ile genleşme katsayıları bakımından fark bulunan çok sayıda veneer seramiği kullanılması ve uygulanan polisaj işleminin bağlantı üzerinde farklı etkiler sergilemiş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Hatta ve arkadaşlarının (2010), zirkonya ile tabaka seramiği arasındaki bağlantı direnci üzerine yüzey işlemlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, bir kısım zirkonya yüzeyine polisaj, diğerler örneklere tribokimyasal silika kaplama işlemi uygulanmış, veneer seramiği ile bağlantı yüzey çapının 6 mm olduğu örnekler makaslama testine tabi tutulmuştur. Polisajlı örnekler için 23,3 MPa, silika kaplı örnekler için 26,9 MPa değerleri kaydedilmiştir. Kopma türü olarak koheziv ve kombine kopmanın gözlemlendiği çalışmada, elde edilen rakamsal farkın oluşturulan silika tabakasından mı yoksa tribokimyasal silika kaplama işlemi ile ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü sonucu mikromekanik kilitlemeden mi kaynaklandığının tesbit edilemediği belirtilmiştir.

Kopma türü bakımından çalışmamızla benzerlik gösteren ve rakamsal değerlerin de paralellik sergilediği araştırmada, silika kaplı örneklerde nispeten daha düşük değerler kaydedilmesinin, bağlantı yüzey çapının 1mm daha geniş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Çömlekoğlu ve arkadaşlarının (2008), zirkonya ile marjin seramikleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, hazırlanan ICE Zirkon marka altyapılar ile tabakalama yöntemi ile uygulanan 4 farklı marjin

seramiği arasındaki bağlantı makaslama testi kullanılarak değerlendirilmiş, bağlantı yüzey çapının 4mm olduğu çalışmada 25,4 MPa ile 38,8 Mpa arasında değişen değerler kaydedilmiştir. Kopma türü olarak adeziv, koheziv ve kombine kopmanın üçünün de gözleendiği bu nedenle bağlantı ile kopma türleri arasında bir korelasyondan bahsedilemeyeceği belirtilen çalışmada elde edilen bağlantı direnç değerlerinin çalışmamıza kıyasla daha yüksek olmasının düşük büzülme, yüksek adezyon ve yüksek bağlantı direncine sahip olduğu belirtilen marjin seramiği kullanımından ve bağlantı yüzey alanının daha dar olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Özkurt ve arkadaşları (2010), dört farklı zirkonya ile firmaların önerdiği ve bunların yanı sıra iki farklı veneer seramiğinin de yer aldığı çalışmalarında, zirkonya yüzeyi polisaj işlemi sonrası 120 µm boyutundaki Al₂O₃ partikülleri ile 3,5 bar basınç altında 15 saniye kumlanmış, liner sürülmüş ve 5 mm çapında tabaka seramikleri zirkonya yüzeyine uygulanmıştır. Elde edilen makaslama bağlantı direnç değerlerinin 18,66 MPa ile 40,49 MPa arasında değiştiği çalışmada ortalama değer 25,43 MPa olup, kırık türü olarak kombine ve adeziv kopma kaydedilmiştir. Bağlantı değerleri arasındaki farklılıkların veneer seramikleri ve sinterlenmiş ya da sinterlenmemiş zirkonya blokların kullanımından kaynaklandığı belirtilen çalışmada, kopma türü ve bağlantı direnç değerleri bakımından araştırmamızla yer yer benzerlik gözlenmekte; ancak farklılıkların bir nedeninin de liner kullanımı olabileceği düşünülmektedir.

Choi ve arkadaşları (2009), zirkonya, metal ve soymetal altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini kıyasladığı çalışmada, Cercon zirkonya altyapıları 110 µm boyutundaki Al₂O₃ partikülleri ile 2,5 bar basınç altında kumlanmış, ince bir liner tabakası sonrasında firmaların tavsiye ettiği veneer seramiklerini tabakalama tekniği ile uygulamıştır. Zirkonya grubu için elde edilen makaslama bağlantı direnç değeri 25,43 MPa, gözlenen kırık türü ise kombine olarak belirtilmiştir. Kırık türü bakımından araştırmamızla benzerlik gösteren çalışmada elde edilen makaslama değerlerinin nispeten

yüksek olmasının, test örneklerinin sahip olduğu bağlantı yüzey alanının (12 mm^2) çalışmamızda kullanılan bağlantı yüzey alanına ($19,62 \text{ mm}^2$) kıyasla daha dar olmasından ayrıca liner kullanımından kaynaklandığı düşünülebilir.

Çalışmamızda elde edilen mikrogerilim bağlantı test verileri, kumlanmış beyaz zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için $32,0 \text{ MPa}$, pres seramikler için $38,3 \text{ MPa}$, silika kaplanmış beyaz zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için $43,1 \text{ MPa}$, pres seramikler için $43,4 \text{ MPa}$ olarak kaydedilirken, kumlanmış renkli zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için $31,0 \text{ MPa}$, pres seramikler için $38,2 \text{ MPa}$, silika kaplanmış renkli zirkonya altyapılarda tabaka seramikler için $36,7 \text{ MPa}$, pres seramikler için $41,2 \text{ MPa}$ olarak kaydedilmiştir. Yaygın olarak gözlenen kopma türü koheziv kopma ve kombine kopma olmuştur.

Çalışmamızda kumlama ve silika kaplama işlemlerinin yapıldığı, tabaka ve pres seramiklerin uygulandığı tüm gruplarda, renkli ve beyaz zirkonya kullanımı arasında bağlantı direnç değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark kaydedilmemiştir ($P=0,183$).

Renkli ve beyaz zirkonya altyapılar üzerine gerek pres gerek tabaka seramiği uygulanması halinde yapılan yüzey işlemlerinden silika kaplama, kumlamaya kıyasla bağlantı direnci üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlamıştır ($P<0,001$).

Çalışmamızda, kumlama ya da silika kaplama işlemi uygulanmış, renkli ve beyaz zirkonya altyapıların genelinde, pres seramikler ile zirkonya arasındaki bağlantı direncinin tabaka seramikler ile olan bağlantı direncine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve aradaki farkın istatistiksel önemli olduğu gözlenmiştir ($P<0,001$).

Ancak alt gruplar incelendiğinde, beyaz ve renkli zirkonya altyapıların her ikisinde de silika kaplanmış yüzey üzerine uygulanan tabaka ve pres seramiklerin bağlantı direnç değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P=0,114$, $P=0,142$). Bu durumun, yüzeyin silika ile kaplanması sonucu elde edilen bağlantı direncinin, tabaka ve pres seramiğin sahip oldukları kopma direncinden daha kuvvetli olması nedeniyle ortaya çıktığı; artan bağlantı direncinin, kopmanın veneer seramiklerinin bünyesinde meydana gelmesine ve dolayısıyla birbirine yakın rakamsal değerlerin kaydedilmesine neden olduğu düşünülebilir.

Aboushelib ve arkadaşları (2008b), zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki mikrogerilim bağlantı direncini değerlendirdikleri çalışmalarında, beyaz ve renkli zirkonya örneklerin bir kısmında CAD/CAM işlemi sonrası oluşan freze izlerini koruyarak, diğer örneklerin bir kısmını $120 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ partikülleri ile 3,5 bar basınç altında kumlayarak ve kalan örnekleri liner ve $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ partikülleri ile 1,5 bar basınç altında kumlama uygulayarak üç farklı yüzey oluşturmuş ve örnekler üzerine tabaka ve pres seramiği uygulamıştır. Yapılan mikrogerilim bağlantı testinde; beyaz zirkonya üzerine pres seramiği uygulanmış gruplarda 42,4 MPa, tabaka seramiği uygulanmış gruplarda 37,9 MPa bağlantı direnci kaydedilirken, renkli zirkonya üzerine pres seramik uygulamasında 24,3 MPa, tabaka seramik uygulamasında 17,2 MPa bağlantı direnci kaydedilmiştir.

Kumlanmış beyaz zirkonyanın, millenmiş beyaz zirkonyaya kıyasla daha yüksek bağlantı değerleri sergilediği; ancak kumlanmış renkli zirkonyanın millenmiş renkli zirkonyaya kıyasla daha düşük bağlantı değerleri sergilediği belirtilen çalışmada tabaka seramiklerde kombine ya da koheziv kopma, pres seramiklerde koheziv kopma gözlenirken, liner kullanımı halinde her iki grupta gözlenen kırık türünün kombine kopmaya döndüğü gözlenmiştir.

Beyaz zirkonya üzerine uygulanan veneer seramikleri için belirtilen bağlantı değerlerinin ve kopma türlerinin çalışmamızla paralellik sergilediği araştırmada, renkli zirkonyada yapmış olduğumuz çalışmaya kıyasla daha düşük değerler kaydedilmiş olmasının, renklendirme amacıyla kullanılan solüsyonların kimyasal farklılıklarından, malzemelerdeki farklılıklardan ve uygulanan yüzey işlemlerinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Aboushelib ve arkadaşları (2005), tam seramik sistemlerin farklı komponentlerinin bağlantı direnci üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında, IPS Empress 2, Vitablocks Mark II ve zirkonya altyapı olarak Cercon Base kullanmış, bu altyapılar üzerine üretici firmaların tavsiye ettiği veneer seramikleri ve yüksek termal genleşme katsayısına sahip deneysel veneer seramiğini tabakalama yöntemi ile uygulamıştır. Yüzey işlemi olarak polisaj ya da 120 µm Al₂O₃ partikülleri ile 2 bar basınç altında kumlamanın yapıldığı Cercon Base zirkonya örneklerin veneer seramiği ile arasındaki mikrogerilim bağlantı direnci 29,1 MPa olarak kaydedilmiştir. Uygulanan yüzey işlemlerinin bağlantı direnç değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı ve %90 oranında adeziv kopmanın gözlemlendiği çalışmada, zirkonya-veneer arayüzünden elde edilen SEM görüntülerinde uygulanan liner tozunun zirkonya yüzeyinde zayıf ıslanmaya ve mikroboşluk oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada daha yüksek mikrogerilim bağlantı direnç değerleri kaydedilmesinin ve adeziv yerine kombine ya da koheziv kopma gözlenmiş olmasının, bağlantı yüzeyine liner uygulanmamasından ve böylece veneer seramiğinin sahip olduğu kopma direncinden daha kuvvetli bir bağlantı direnci elde edilmiş olmasından kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Aboushelib ve arkadaşları (2008a), zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, Cercon Base zirkonya örneklerin yüzeyini 120 µm Al₂O₃ partikülleri ile 3,5 bar basınç altında

kumlamış, kontrol grubunun yüzeyine yalnızca pres seramik, test gruplarının yüzeylerine ise pres seramik ile farklı kalınlıklarda tabaka seramik uygulamıştır. Uygulanan mikrogerilim bağlantı testi sonucunda 34,4 MPa ile 36,7 MPa aralığında değişen ve istatistiksel olarak fark yaratmayan sonuçlar kaydedilmiş; ancak kırık türünün yalnızca pres seramiğin uygulandığı örneklerde koheziv, pres seramiklerin üzerine ek olarak tabaka seramiğin de uygulandığı örneklerde kombine kopma olarak gözlemlendiğini belirtmiştir.

Kırık türünde meydana gelen değişimin; iki seramik türü arasındaki termal genleşme katsayısı farkına bağlı olarak ortaya çıkan rezidüel stresler ile açıklandığı ve bu seramiklerin kombine kullanımının bağlantı direncini düşürmediği gibi ilave fırınlama işlemlerinin yapısal kusurlar oluşturmadığının belirtildiği çalışmada elde edilen rakamsal değerler ve gözlenen kopma türü yapmış olduğumuz çalışma ile uyum sergilemektedir.

Aboushelib ve arkadaşlarının (2008c), zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direncini araştırdıkları çalışmalarında, zirkonya örneklerin bir kısmına IPS e.max Zirpress pres seramiği, diğer gruba liner ve IPS e.max Ceram tabaka seramiği uygulanmış, uygulanan mikrogerilim bağlantı testi sonucunda pres seramiği için 26,6 MPa, tabaka seramiği için 15,1 MPa değerleri kaydedilmiştir. Yapılan SEM analizinde tabaka seramiğin uygulandığı örneklerin liner yüzeylerinde hava kabarcıkları gözlenmiş ve kombine kırıklar kaydedilmiş, pres seramiklerin yüzeyle çok daha sıkı bir yüzey teması sağladığı ve koheziv kırıkların gözlemlendiği belirtilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen veriler ile paralellik sergileyen araştırmada daha düşük rakamsal değerler kaydedilmiş olma sebebinin yüzey işlemi olarak liner kullanımından ve farklı üretici firmalara ait olan ürünlerin sahip oldukları farklı mekanik özelliklerden kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Nakamura ve arkadaşları (2009), 2, 4 ve 6 bar basınç altında 70 µm Al₂O₃ partikülleri ile kumlanmış Lava zirkonya ile üç farklı veneer seramiği arasındaki gerilim bağlantı direncini değerlendirdiği çalışmada, kumlanmamış zirkonya için 22 MPa, 2 bar basınç altında kumlanan zirkonya için 27,8 MPa, 4 bar için 44,3 MPa ve 6 bar için 40,2 MPa değerlerini kaydetmiştir. 4 ve 6 bar basınç ile kumlanmanın yüzey pürüzlülüğünü ve bağlantı direncini arttırdığı belirtilen çalışmada, koheziv kırık yaygın gözlenen kırık türü olmuştur. Yapmış olduğumuz çalışma ile kırık türleri bakımından benzerlik gözlenirken, bağlantı direnç değerlerinde farklılıklar bulunmasının, kumlama işleminde kullanılan basınç (2,8 bar) ve partikül boyut farklılığından (110 µm) kaynaklandığı düşünülebilir.

Makaslama ve mikrogerilim testleri sonucunda kaydedilen rakamsal değerlerin yanı sıra, zirkonya ile veneer seramikleri arasında meydana gelen adeziv, koheziv ya da kombine kopma türleri de iki malzeme arasındaki bağlantı özellikleri hakkında fikir vermektedir. Ancak bağlantı direncinin kırık türleri üzerine etkisi ile ilgili pek çok görüş bulunmaktadır.

Fischer ve arkadaşları (2008a), makaslama testlerinde gözlenen koheziv kopmanın iki malzemenin termal genleşme katsayılarındaki fark nedeniyle ortaya çıkan ve bağlantı yüzeyine paralel seyreden gerilim streslerinin bağlantı yüzeyine yakın bir yerde en yüksek seviyeye ulaşmasından kaynaklandığını, bu streslerin doğrultuları itibarıyla bağlantı yüzeyi boyunca oluşabilecek çatlak ilerlemesini engelleyerek kopmaların veneer seramiğinde, özellikle stresin en yüksek seviyeye ulaştığı bölgelerde gerçekleşmesine neden olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda üretici firmaların önermiş olduğu ve genleşme katsayıları uyumlu materyallerin kullanımı, istenmeyen gerilim streslerinin önüne geçmekte, bu durum çalışmamızda yer alan makaslama test örneklerinde koheziv kırığın kaydedilmemesini, yaygın gözlenen kırık türünün kombine kırık olmasını açıklamaktadır.

Aboushelib ve arkadaşları (2005), mikrogerilim testlerinde sıklıkla gözlenen kırık türünün koheziv yapı sergilemesini, yapmış oldukları sonlu eleman analizi ile açıklamıştır. Bu analize göre, mikrobarlara uygulanan 30N değerinde çekme kuvveti, mikrobarın tablaya yapıştırıldığı zirkonya kısmında 913 MPa, veneer seramik kısmında 77 Mpa stres konsantrasyonuna neden olmaktadır. 77 MPa, veneer seramiklerin sahip olduğu ortalama gerilim direncine yakın bir değerdir ve iki malzeme arasındaki bağlantı direncinin bu kuvvetten yüksek olması halinde, kopma stresin yoğunlaştığı veneer seramik kısmında meydana gelmektedir. İnterfasial kopma ancak bağlantı değeri, veneer seramiğin sahip olduğu gerilim direncinden düşük olduğu durumlarda meydana gelebilmektedir. Çalışmamızda yaklaşık 100 MPa esneme direncine sahip veneer seramiklerinin kullanımı, koheziv kopmanın yanı sıra kombine kopmanın gözlenmesini açıklamaktadır.

Beuer ve arkadaşları (2009), kırık türleri arasındaki farklılıkları kullanılan veneer seramiklerin mekanik özellikleri ile ilişkilendirmiştir. Tabakalama yöntemi ile uygulanan veneer seramiklerin mekanik değerlerinin, pres seramiklerden daha düşük olmasından yola çıkarak, zayıf olan veneer seramiklerde düşük yükler altında seramiğin koheziv ufalanması gözlenirken, dayanıklı seramiklerde yüksek yükler altında seramiğin delaminasyonunun görüleceğini belirtmiştir.

Ancak çalışmamızda kullanmış olduğumuz pres ve tabaka seramiklerin birbirlerine yakın mekanik direncine sahip olmalarının, iki seramiğin sergilediği bağlantı direnç değerleri arasındaki farkın sahip oldukları mekanik özelliklerden ziyade zirkonya yüzeyi ile aralarındaki bağlantı kuvvetinden kaynaklandığının bir göstergesi olduğu düşüncesindeyiz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda beyaz renkte ve Vita YZ Colouring Liquid ile renklendirilmiş Vita In Ceram YZ Cubes zirkonya altyapılar üzerine tabakalama tekniği ile uygulanan Vita VM9 ve presleme tekniği ile uygulanan Vita PM9 veneer seramiklerinin bağlantı dirençleri ile kumlama ve tribokimyasal silika kaplama işlemlerinin bağlantı dirençleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Makaslama ve mikrogerilim bağlantı testleri kullanılarak elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekilde sıralanmıştır:

- 1- Beyaz zirkonya altyapıların renklendirme solüsyonu içine batırılarak renklendirilmesinin, veneer seramikleri ile zirkonya arasındaki bağlantı direnci üzerinde anlamlı bir zayıflatıcı etki oluşturmadığı ve estetik beklentilerin gerektirdiği durumlarda kullanımının başarılı sonuçlar doğuracağı düşüncesindeyiz.
- 2- Zirkonya altyapılar üzerine uygulanan tribokimyasal silika kaplama işleminin, kumlamaya kıyasla veneer seramikleri ile zirkonya arasındaki bağlantı direncini arttırdığı tespit edilmiştir.
- 3- Zirkonya altyapılar üzerine presleme tekniği ile veneer seramiği uygulanmış grupların hepsinde bağlantı direnç değerleri, geleneksel tabakalama tekniği ile uygulanan veneer seramiğine kıyasla daha yüksek olup, pres seramiği tabaka seramiğe kıyasla zirkonya altyapılar ile daha güçlü bir bağlantı sağlamıştır.
- 4- Yapılan mikroskobik incelemede presleme tekniği ile uygulanan veneer seramiğinin tabaka seramiğe kıyasla daha homojen bir yapı oluşturduğu, bünyesinde daha az miktarda hava kabarcığı bulunduğu

ve zirkonya altyapı ile daha sıkı bir yüzey teması sağladığı gözlenmiştir.

- 5- Makaslama testi sonucunda gözlenen kopma türü her iki veneer seramiği için de kombine olarak kaydedilirken, tabaka seramik uygulanmış örneklerde açığa çıkan zirkonya yüzeyi daha geniş olup, pres seramiklerde daha dar bir zirkonya yüzeyi açığa çıkmış, kopmanın büyük kısmı veneer seramiği bünyesinde meydana gelmiştir.
- 6- Mikrogerilim testi sonucunda her iki veneer seramiğinde gözlenen kopma türü koheziv ve kombine olarak kaydedilirken, koheziv kopma yaygın olarak gözlenen kopma türü olmuştur. Tabaka seramik uygulanmış örneklerde çoğunlukla veneer seramik bünyesinde, pürüzlü bir kopma yüzeyi gözlenirken; pres seramiklerde tabaka seramiğe kıyasla daha düzgün ve camsı bir kopma yüzeyi gözlenmiştir.
- 7- Makaslama test gruplarında uygulanan kuvvetin bağlantı yüzeyine paralel olması, kuvvetin uygulandığı ilk noktada zirkonya yüzeyinin açığa çıktığı kombine kopmanın meydana gelmesi ile sonuçlanırken, mikrogerilim test gruplarında kuvvetin bağlantı yüzeyine dik olması; kopmanın direnci en zayıf olan komponentte meydana gelmesine neden olmuş ve ayrılma çoğunlukla veneer seramiği bünyesinde gerçekleşmiştir.
- 8- Tabaka seramiklere kıyasla daha yüksek bağlantı direnci sergileyen; ancak monokromatik renge sahip olmaları nedeniyle karakteristik özelliklerin yansıtılmasında kısıtlılık oluşturan pres seramiklerin; estetik kaygıların daha az olduğu arka grup dişlerin restorasyonunda kullanılmasının başarılı sonuçlar doğuracağı görüşündeyiz.

- 9-** Yüzey işlemlerinden silika kaplama kumlamaya kıyasla bağlantı direncini arttırmakta olup; öngrup dişlerde silika kaplanmış zirkonya yüzeyine tabaka seramik, arka grup dişlerde silika kaplanmış zirkonya yüzeyine pres seramik uygulamasının daha başarılı restorasyonlar ortaya çıkaracağı görüşündeyiz.
- 10-** Makaslama ve mikrogerilim testleri sonrasında oluşan kopma yüzeylerinden elde edilmiş olan SEM görüntülerinde, zirkonya altyapılar ile veneer seramikleri arasındaki mikromekanik bağlantı net olarak görülmekle birlikte, kimyasal bir bağlantının varlığı konusunda kesin bir karara varabilmek için daha ileri çalışmaların yapılması gerektiği düşüncesindeyiz.

ÖZET

Farklı Yüzey Özelliklerine Sahip Zirkonyum Oksit Ve Farklı Fabrikasyon Yöntemleri İle Üretilen Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantı Direncinin Fizik Yeterliliğinin Değerlendirilmesi

Estetik, biyouyum ve renk stabilizasyonu gibi avantajlara sahip olan tam seramik sistemlerde zirkonya, son yıllarda yaygın olarak kullanılan güçlendirici altyapı materyali olup, veneer seramiği ile arasındaki bağlantı mekanizması henüz net olarak bilinmemektedir. Çalışmamızın amacı; beyaz ve renkli zirkonya üzerine uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve farklı yöntemler kullanılarak uygulanan veneer seramiklerinin; zirkonya ile veneer seramiği arasındaki makaslama ve mikrogerilim bağlantı direnci üzerinde etkisinin araştırılmasıdır.

Çalışmamızda, Vita In-Ceram YZ Cubes zirkonya kullanılarak makaslama bağlantı testi için n=80, mikrogerilim bağlantı testi için n=160 adet altyapı hazırlanmış ve örneklerin yarısı Vita YZ Colour Liquid renk solüsyonu ile renklendirilmiştir (n=40, n=80). Yüzey işlemi olarak kumlama ya da silika kaplama (Rocatec Junior, 3M ESPE) işleminin uygulandığı zirkonya altyapıların yarısı Vita VM9 tabaka seramiği, geri kalan örnekler Vita PM9 pres seramiği ile kaplanmıştır. Hazırlanan örneklerde, zirkonya ile veneer seramikleri arasındaki bağlantı direnci; makaslama ve mikrogerilim bağlantı testleri uygulanarak değerlendirilmiş, istatistiksel analiz Çok-Yönlü Varyans analizi ve Mann Whitney U testi ile yapılmıştır (p<0,05).

Makaslama ve mikrogerilim test yönteminden elde edilen sonuçlara göre; pres seramik, tabaka seramiğe kıyasla daha yüksek bağlantı direnç değerleri sergilemiştir (P<0,001). Yüzey işlemlerinden silika kaplamanın kumlamaya kıyasla bağlantı direncini arttırdığı gözlenmiştir (p<0,001). Beyaz zirkonya kullanımı renkli zirkonyaya kıyasla makaslama bağlantı direnç değerleri üzerinde anlamlı bir artış sağlarken (P=0,038), beyaz ya da renkli zirkonya kullanımı mikrogerilim bağlantı direnç değerleri bakımından anlamlı bir fark oluşturmamıştır (P= 0,183). SEM ve XRF analizleri ile kopma yüzeyleri incelenmiş, makaslama test örneklerinde yaygın olarak kombine, mikrogerilim test örneklerinde ise koheziv ve kombine kopma tespit edilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen veriler, zirkonya ile veneer seramiği arasındaki bağlantı direnci üzerinde, kullanılan yüzey işlemlerinin ve veneer seramiği uygulama yöntemlerinin etkili olduğunu, silika kaplama işlemi ve preslenen veneer seramiği kullanımının bağlantı direncini arttırdığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Bağlantı, Makaslama, Mikrogerilim, Seramik, Zirkonya

SUMMARY

Evaluation Of Physical Sufficiency Of Bond Strength Between Zirconium Oxide With Different Surface Treatments And Veneering Ceramics Fabricated By Different Methods

In recent years, zirconia is widely used strengthening core material for all ceramic systems which has advantages such as esthetics, biocompatibility and colour stability and bonding mechanism between zirconia and veneering ceramic is still unknown. The aim of our study is to evaluate the effect of surface treatments and different processing methods of veneer ceramics on shear and microtensile bond strengths of veneer ceramics and white and colored zirconia frameworks.

In this study, for shear bond strength test $n=80$ and for microtensile bond strength test $n=160$, zirconia frameworks were prepared from Vita In-Ceram YZ Cubes and half of the specimens were colored by using Vita YZ Colour Liquid ($n=40$, $n=80$). Sandblasting and silicoating (Rocatec Junieur, 3M ESPE) were applied as surface treatments and half of the zirconia frameworks were veneered with Vita VM9 layered ceramic or Vita PM9 pressable ceramic. Bond strength values of prepared specimens were evaluated by using shear bond and microtensile bond strength tests. Multi-Way ANOVA and Mann Whitney U tests were used for statistical evaluation ($P<0,05$).

According to the results in both testing methods; bond strength values for pressable ceramic was higher than layered ceramic in all groups ($P<0,001$) and as surface treatment silicoating improved the bond strength between zirconia and veneering ceramic compared with sandblasting ($P<0,001$). While white zirconia showed statistically higher shear bond strength values compared with colored zirconia ($P=0,038$), the microtensile bond strength values between white and colored zirconia was not significantly different ($P=0,183$). Fractured surfaces were analysed by using SEM and XRF. Combined fracture was most common seen fracture type for shear strength test specimens. Combined and cohesive fractures were both seen at microtensile test specimens.

According to the results of this study, surface treatments and processing methods of veneer ceramics has an effect on bond strength between zirconia framework and veneer ceramic. Silicoating and pressable veneering ceramics were both improved the bond strength.

Key Words: Bonding, Ceramic, Microtensile, Shear, Zirconia

KAYNAKLAR

- ABOUSHELIB, M.N., JAGER, N., KLEVERLAAN, C.J., FEILZER, A.J. (2005). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent. Mater.*, **21**: 984-991
- ABOUSHELIB, M.N., KLEVERLAAN, C.J., FEILZER, A.J. (2006). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent. Mater.*, **22**: 857- 863
- ABOUSHELIB, M.N., KLEVERLAAN, C.J., FEILZER, A.J. (2008a). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part 3: Double veneer technique. *J. Prosthodont.*, **17**: 9-13
- ABOUSHELIB, M.N., KLEVERLAAN, C.J., FEILZER, A.J. (2008b). Effect of Zirconia Type on Its Bond Strength with Different Veneer Ceramics. *J. Prosthodont.*, **17**: 401-8
- ABOUSHELIB, M.N., DE KLER, M., VAN DER ZEL, J.M., FEILZER, A.J. (2008c). Effect of veneering method on the fracture and bond strength of bilayered zirconia restorations. *Int. J Prosthodont.*, **21**: 237-240
- ABOUSHELIB, M.N., WANG, H. (2010). Effect of surface treatment on flexural strength of zirconia bars. *J. Prosthet. Dent.*, **104**: 98-104
- ALBAKRY, M., GUAZZATO, M., SWAIN, M.V. (2003). Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. *J. Dent.*, **31**: 181-8
- AL-DOHAN, H.M., YAMAN, P., DENNISON, J.B., RAZZOOG, M.E., LANG, B.R. (2004). Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *J. Prosthet. Dent.*, **91**: 349-55
- ANUSAVICE, K.J. (2003). Philips' science of dental materials. 11th Ed. St. Louis: Elsevier Science, Chapter 21
- ARDLIN, BI. (2002). Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent. Mater.*, **18**: 590-5
- ASHKANANI, H.M., RAIGRODSKI, A.J., FLINN, B.F., HEINDL, H., MANCL, L.A. (2008). Flexural and shear strengths of ZrO₂ and a high-noble alloy bonded to their corresponding porcelains. *J. Prosthet. Dent.*, **100**: 274-84

- BENETTI, P., BONA, A.B., KELLY, J.R. (2010). Evaluation of thermal compatibility between core and veneer dental ceramics using shear bond strength test and contact angle measurement. *Dent. Mater.*, **26**: 743-750
- BEUER, F., SCHWEIGER, J., EDELHOFF, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br. Dent. J.*, **204**: 505-511
- BEUER, F., SCHWEIGER, J., EICHBERGER, M., KAPPERT, H.F., GERNET, W., EDELHOFF, D. (2009). High-strength CAD/CAM- fabricated veneering material sintered to zirconia copings-A new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent. Mater.*, **25**: 121-8
- BONFANTE, E.A., COELHO, P.G., GUESS, P.C., THOMPSON, V.P., SILVA, N.R.F.A. (2010). Fatigue and damage accumulation of veneer porcelain pressed on Y-TZP. *J. Dent.*, **38**: 318-324
- BORGES, G.A., DE GOES, M.F., PLATT, J.A., MOORE, K., DE MENEZES, F.H., VEDOVATO, E. (2007) Extrusion shear strength between an alumina-based ceramic and three different cements. *J. Prosthet. Dent.*, **98**: 208-15
- CERCON CERAM PRESS ÜRÜN KATALOĞU (2006)
- CHAI, J., CHU, F.C.S., CHOW, T.W., LIANG, B.M.H. (2007). Chemical solubility and flexural strength of zirconia-based ceramics. *Int. J. Prosthodont.*, **20**: 587-95
- CHAI, J., CHU, F.C.S., CHOW, T.W. (2011). Effect of surface treatment on shear bond strength of zirconia to human dentin. *J. Prosthodont.*, **20**: 173-179
- CHEVALIER, J., DEVILLE, S., MÜNCH, E., JULLIAN, R., LAIR, F. (2004). Critical effect of cubic phase on aging in 3 mol% yttria-stabilized zirconia ceramics for hip replacement prosthesis. *Biomaterials*, **25**: 5539-45
- CHOI, B., HAN, J., YANG, J., LEE, J., KIM, S. (2009). Shear bond strength of veneering porcelain to zirconia and metal cores. *J. Adv. Prosthodont.*, **1**: 129-35
- CONRAD, H.J., SEONG, W.J., PESUN, I.J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.*, **98**: 389-404
- CURTIS, A.R., WRIGHT, A.J., FLEMING, G.J.P. (2006). The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *J. Dent.*, **34**: 195-206

- ÇÖMLEKOĞLU, M.E., DÜNDAR, M., ÖZCAN, M., GÜNGÖR, M.A., GÖKÇE, B., ARTUNÇ, C. (2008). Evaluation of bond strength of various margin ceramics to a zirconia ceramic. *J. Dent.*, **36**: 822-7
- DEHOFF, P.H., ANUSAVICE, K.J., WANG, Z. (1995). Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dent. Mater.*, **11**: 126-31
- DEKLER, M., DE JAGER, N., MEEGDES, M., VAN DER ZEL, J.M. (2007). Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. *J. of Oral Rehab.*, **34**: 841-847
- DELLA BONA, A., VON NOORT, R. (1995). Shear vs. Tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J. Dent. Res.*, **74**: 1591-6
- DENRY, I., KELLY, J.R. (2008). State of the art of zirconia for dental applications. *Dent. Mater.*, **24**: 299-307
- DERAND, P., DERAND, T. (2000). Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int. J. Prosthodont.*, **13**: 131-5
- DÜNDAR, M., ÖZCAN, M., GÖKÇE, B., ÇÖMLEKOĞLU, E., LEITE, F., VALANDRO, L.F. (2007). Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent. Mater.*, **23**: 630-636
- EL ZOHAIRY, A.A., de GEE, A.J., de JAGER, N., van RUIJVEN, L.J., FEILZER, A.J. (2004). The influence of specimen attachment and dimension on microtensile strength. *J. Dent. Res.*, **83**: 420-424
- ERSU, B., YÜZÜGÜLLÜ, B., CANAY, Ş. (2008). Sabit restorasyonlarda CAD/CAM uygulamaları. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **32**: 58-72
- FISCHER, J., STAWARCZYK, B. (2007). Compatibility of machined Ce-TZP/Al₂O₃ nanocomposite and a veneering ceramic. *Dent. Mater.*, **23**: 1500-5
- FISCHER, J., STAWARCZYK, B., TOMIC, M., STRUB, J.R., HAMMERLE, C.H.F. (2007). Effect of thermal misfit between different veneering ceramics and zirconia frameworks on in vitro fracture load of single crowns. *Dent. Mater. J.*, **26**: 766-72
- FISCHER, J., GROHMANN, P., STAWARCZYK, B. (2008a). Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent. Mater. J.*, **27**: 448-54.
- FISCHER, J., STAWARCZYK, B., HÄMMERLE, C.H. (2008b). Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. *J Dent.*, **36**: 316-21

- FISCHER, J., STAWARZCYK, B., TROTTMANN, A., HÄMMERLE, C.H. (2009). Impact of thermal misfit on shear strength of veneering ceramic/zirconia composites. *Dent. Mater.*, **25**: 419-23
- FLEGLER, S.L., HECKMAN, J.W., KLOMPARENS, K.L. (1993). Scanning and Transmission Electron Microscopy: An Introduction. Oxford Univ. Press.
- GÖKÇE, H.S., BEYDEMİR, B. (2002). Yüksek dirençli seramik sistemlerin dayanıklılığı. *Gülhane Tıp Dergisi*, **44**: 457-463
- GUAZZATO, M., PROOS, K., SARA, G., SWAIN, M.V. (2004). Strength, reliability and mode of fracture of bilayered porcelain/core ceramics. *Int. J. Prosthodont.*, **17**: 142-149
- GUAZZATO, M., ALBAKRY, M., RINGER, S.P., SWAIN, M.V. (2004). Strength, fracture toughness and microstructure analysis of a selection of all-ceramic materials. Par II. Zirconia based dental ceramics. *Dent. Mater.*, **20**: 440-456
- GUAZZATO, M., QUACH, L., ALBAKRY, M., SWAIN, M.V. (2005). Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *J. Dent.*, **33**: 9-18
- GUESS, P.C., KULIS, A., WITKOWSKI, S., WOLKEWITZ, M., ZANG, Y., STRUB, J.R. (2008). Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent. Mater.*, **24**: 1556-1567
- HATTA, M., SHINYA, A., YOKOYAMA, D., GOMI, H., VALLITTU, P.K., SHINYA, A. (2010). The effect of surface treatment on bond strength of layered porcelain and hybrid composite bonded to zirconium dioxide ceramics. *J. Prosthodont. Res.*, doi: 10.1016/j.jpor..10.005
- HEIKKINEN, T.T., MATINLINNA, J.P., VALLITTU, P.K., LASSILA, L.V.J. (2010) Effect of primers and resins on the shear bond strength of resin composite to zirconia. *SRX Dentistry*, **2010**: 1-7
- ISGRO, G., PALLAV, P., VAN DER ZEL, J.M., FEILZER, A.J. (2003). The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. *J. Prosthet. Dent.*, **90**: 465-473
- IPS EMAX ZIRPRESS ÜRÜN KATALOĞU (2009)
- KARAKOCA, S., YILMAZ, H. (2006). Zirkonyum ve sabit protezlerde kullanımı. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg. Suppl.*; 36-44
- KELLY, J.R. (2008). Dental ceramics what is this stuff anyway? *JADA.*, **139**: 4-7

- KELLY, J.R., DENRY, I. (2008). Stabilized zirconia as a structural ceramic: An overview. *Dent. Mater.*, **24**: 289-298
- KERN, M., THOMPSON, V.P. (1993). Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *Dent. Mater.*, **9**: 151-161
- KERN, M., WEGNER, S.M. (1998). Bonding to zirconia ceramic: Adhesion methods and their durability. *Dent. Mater.*, **14**: 64-71
- KERN, M. (2010). Controlled airborne-particle abrasion of zirconia ceramic restorations. *J. Prosthet. Dent.*, **103**: 127-128
- KIM, J.W., COVEL, N.S., GUESS, P.C., REKOW, E.D., ZHANG, Y. (2010). Concerns of hydrothermal degradation in CAD/CAM Zirconia. *J. Dent. Res.*, **89**: 91-95
- KOÇAK, A., TÜRKER, Ş.B. (2006). Diş hekimliğinde zirkonyum. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.*, **16**: 41-45
- KOMINE, F., SAITO, A., KOBAYASHI, K., KOIZUKA, M., KOIZUMI, H., MATSUMURA, H. (2010). Effect of cooling rate on shear bond strength of veneering porcelain to a zirconia ceramic material. *J. Oral.Sci.*, **52**: 647-652
- KOSMAC, T., OBLAK, C., JEVNIKAR, P., FUNDUK, N., MARION, L. (1999). The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent. Mater.*, **15**: 426-433
- LAWN, B.R., DENG, Y., THOMPSON, V.P. (2001). Use of contact testing in the characterization and design of all-ceramic crown-like layer structures: a review. *J. Prosthet. Dent.*, **86**: 495-510
- LORENTE, M.C., SCHERRER, S.S., RICHARD, J., DEMELLAYER, R., AMEZDROZ, M., WISKOTT H.W.A. (2010). Surface roughness and EDS characterization of a Y-TZP dental ceramic treated with the CoJet Sand. *Dent. Mater.*, **26**: 1035-1042
- LUGHI, V., SERGO, V. (2010). Low temperature degradation–aging-of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dent. Mater.*, **26**: 807-820
- LUTHARDT, R.G., HOLZHÜTER, M.S., RUDOLPH, H., HEROLD, V., WALTER, M.H. (2004). CAD/CAM-machining effects on Y-TZP zirconia. *Dent. Mater.*, **20**: 655-662
- MALKOÇ, M.A., SEVİMAY, M. (2009). Protetik diş hekimliğinde zirkonyum ve kullanım alanları. *SÜ. Dişhek. Fak. Derg.*, **18**: 208-216

- MANICONE, P.F., ROSSI, I.P., RAFFAELLI, L. (2007). An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J. Dent.*, **35**: 819-826
- NAKAMURA, T., WAKABAYASHI, K., ZAIMA, C., NISHIDA, H., KINUTA, S., YATANI, H. (2009). Tensile bond strength between tooth-colored porcelain and sandblasted zirconia framework. *J. Prosthodont. Res.*, **53**: 116-119
- O'BRIEN, W.J. (2002). Dental materials and their selection. 3th Ed. Chicago: Quintessence Pub. Co., Chapter 15.
- ÖZKURT, Z., KAZAZOĞLU, E., ÜNAL, A. (2010). In vitro evaluation of shear bond strength of veneering ceramics to zirconia. *Dent. Mater. J.*, **29**: 138-146
- PALLIS, K., GRIGGS, J.A., WOODY, R.D., GUILLEN, G.E., MILLER, A.W. (2004). Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J. Prosthet. Dent.*, **91**: 561-569
- PICONI, C., MACCAURO, G. (1999). Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*, **20**: 1-25
- POLAT, Z.S., TOPRAK, D., TACİR, İ.H., ESKİMEZ Ş. (2008). Sabit protezlerde kullanılan estetik altyapı materyalleri. *Dicle Dişhekimliği Dergisi*, **9**: 94-102
- POWERS, J.M., SAKAGUCHI, R.L. (2006). Craig's restorative dental materials. 12th Ed. New York: Mosby, Chapter 18
- POWERS, J.M., WATAHA, J.C. (2008). Dental materials: Properties and manipulation. 9th Ed. St. Louis. Mosby, Chapter 14
- RAIGRODSKI, A.J. (2004). Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J. Prosthet. Dent.*, **92**: 557-562
- ROCHA, E.P., ANCHIETA, R.B., JUNIOR, A.C.F., ALMEIDA, E.O., CATTANEO, P.M., KO, C.C. (2010). Mechanical behavior of ceramic veneer in zirconia-based restorations: A 3-dimensional finite element analysis using microcomputed tomography data. *J. Prosthet. Dent.*, **105**: 14-20
- SAITO, A., KOMINE, F., BLATZ, M.B., MATSUMURA, H. (2010). A comparison of bond strengths of layered veneering porcelains to zirconia and metal. *J. Prosthet. Dent.*, **104**: 247-257
- SCHERRER, S.S., KELLY, R.J., QUINN, G.D., XU, K. (1999). Fracture toughness (K_{Ic}) of a dental porcelain determined by fractographic analysis. *Dent. Mater.*, **15**: 342-348

- serc.carleton.edu (Carleton College Science Education Resource Center).
Erişim: http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/index.html
Erişim Tarihi: 19.09.2010
- STUDART, A.R., FİLSER, F., KOCHER, P., LÜTHY, H., GAUCKLER, L.J. (2007). Mechanical and fracture behavior of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent. Mater.*, **23**: 115-123
- SUNDH, A., SJÖGREN, G. (2004). A Comparison of fracture strength of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shapes and veneer ceramics. *J. Oral Rehab.*, **31**: 682-688
- SUNDH, A., MOLIN, M., SJÖGREN, G. (2005). Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent. Mater.*, **21**: 476-482
- SUNDH, A., SJÖGREN, G. (2006). Fracture resistance of all-ceramic zirconia bridges with different phase stabilizers and quality of sintering. *Dent. Mater.*, **22**: 778-784
- SWAB, J.J. (1991). Low temperature degradation of Y-TZP materials. *J. Mater. Sci.*, **26**: 6706-6714
- TAŞKONAK, B., BORGES, G.A., MECHOLSKY JR, J.J., ANUSAVICE, K.J., MOORE, B.K., YAN, J. (2008). The effects of viscoelastic parameters on residual stress development in a zirconia/glass bilayer dental ceramic. *Dent. Mater.*, **24**: 1149-1155
- THOLEY, M.J., BERTHOLD, C., SWAIN, M.V., THIEL, N. (2010). XRD² micro-diffraction analysis of the interface between Y-TZP and veneering porcelain: Role of application methods. *Dent. Mater.*, **26**: 545-552
- THOMPSON, J.Y., STONER, B.R., PIASCIK, J.R., SMITH, R. (2011). Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? *Dent. Mater.*, **27**: 71-82
- TSALOUCHOU, E., CATTELL, M.J., KNOWLES, J.C., PITTAYACHAWAN, P., MCDONALD, A. (2008). Fatigue and fracture properties of yttria partially stabilized zirconia crown systems. *Dent. Mater.*, **24**: 308-318
- VALANDRO, L.F., DELLA BONA, A., BOTTINO, M.A., NEISSER, M.P. (2005). The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J. Prosthet. Dent.*, **93**: 253-259
- VITA IN-CERAM YZ ÜRÜN KATOLOĞU (2009)
- VITA VM9 ÇALIŞMA KATALOĞU (2009)

WANG, H., ABOUSHELIB, M.N., FEILZER, A. (2008). Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dent. Mater.*, **24**: 633-638

WHITE, S.N., MIKLUS, V.G., MCLAREN, E.A., LANG, L.A., CAPUTO, A.A. (2005). Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J. Prosthet. Dent.*, **94**: 125-131

www.aku.edu.tr (Afyon Kocatepe Üniversitesi ders notları). Erişim: [http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DESLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TARAMALI%20ELEKTRON%20MIKROSKOBU\[6\].pdf](http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DESLER/BAHAR/MALZEME%20KARAKTERIZASYON%20TEKNIKLERI/TARAMALI%20ELEKTRON%20MIKROSKOBU[6].pdf). Erişim Tarihi: 21.09.2010

XIBLE, A.A., TAVAREZ, R.R.J., ARAUJO, C.R.P., BONACHELA, W.C. (2006). Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. *J. Prosthet. Dent.*, **95**: 224-229

ZARONE, F., RUSSO, S., SORRENTINO, R. (2011). From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dent. Mater.*, **27**: 83-96

ØILO, M., GJERDET, N.R., TVINNEREIM, H.M. (2008). The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. *Dent. Mater.*, **24**: 471-475

3M ESPE DENTAL ÜRÜNLER KATALOĞU (2008)

ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı: Ece

Soyadı: Yüksel

Doğum yeri ve tarihi: Ankara- 06.07.1983

Uyruğu: T.C.

Medeni durumu: Bekar

İletişim adresi: Gayret Mahallesi, Çınardibi Sokak, 21/7 Yenimahalle/Ankara

Ev Telefonu: 0312 344 28 50

II- Eğitimi

2006- : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi
Anabilim Dalı / Doktora

2001-2006: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi / Lisans

1998-2001: TED Ankara Koleji Özel Lisesi

1994-1998: TED Ankara Koleji Özel Ortaokulu

1989-1994: Gazi Osman Paşa İlkokulu

Yabancı Dil: İngilizce

III- Ünvanları

2006-2011: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi
Anabilim Dalı / Doktora Öğrencisi

IV- Mesleki Deneyimler

2006-2011: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi
Anabilim Dalı / Doktora Öğrencisi

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

IADR

VI- Bilimsel İlgi Alanları

Yayınları:

- Hızlı Prototip Üretim Teknolojileri ve Diş Hekimliğinde Kullanımı: Olgu Sunumu (Cumhuriyet Dental Journal-Ulusal Makale)
- Influence of marginal fit and cement types on microleakage of all-ceramic crown systems (Brazilian Oral Research-Uluslararası Makale)
- Fabrication Of Fixed Ceramo-Metal Restorations' Metal Framework By Layered Manufacturing, Dentistry Today, Struga, Makedonya, 2008 (Poster Sunumu)
- Sabit Protezlerde CAD-CAM Yöntemi ile Metal Alt Yapı Üretimi: Olgu Sunumu, 1. Uluslararası Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Kongresi, Diyarbakır, Türkiye, 2008 (Poster Sunumu)
- Influence Of All-Ceramic Crown Systems And Cement Types On Microleakage, IADR, Barselona, İspanya, 2010 (Poster sunumu)

VII- Bilimsel Etkinlikleri

Projeleri:

- CAD/CAM ve Isı- Basınç Yöntemi ile Elde Edilen (CİS- Adeziv Siman ile Yapıştırılan) Porselen Kronlarda Kole Adaptasyonu ve İnternal Uyum

- Farklı Yüzey Özelliklerine Sahip Zirkonyum ile Farklı Fabrikasyon Yöntemleri ile Üretilen Veneer Seramikleri Arasındaki Bağlantının Fizik Yeterliliğinin Değerlendirilmesi

Seminerleri:

- İmplant Destekli Mandibular Overdenture Protezlerde Bar Tutucu Uygulamaları
- Diş Hekimliğinde Lazer ile Tabakalayararak Üretim Teknikleri