

T.C.
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

175601

**FARKLI ORANLARDA ZEOLİT İLAVE EDİLMİŞ
FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANIN,
DÖKÜMÜN
BOYUTSAL DEĞİŞİKLİĞİNE VE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNE OLAN ETKİSİ**

MASTER TEZİ

DİŞ HEKİMİ
NİLGÜN ARI

DANIŞMAN
Prof. Dr. SENİHÇALIKKOCALOĞLU

İSTANBUL - 2004



T. C
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

**FARKLI ORANLARDA ZEOLİT İLAVE EDİLMİŞ
FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANIN,
DÖKÜMÜN
BOYUTSAL DEĞİŞİKLİĞİNE VE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNE OLAN ETKİSİ**

MASTER TEZİ

DİŞ HEKİMİ
NİLGÜN ARI

DANIŞMAN
Prof. Dr. SENİH ÇALIKKOC AOĞLU

İSTANBUL-2004

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Yüksek Lisans öğrencisi Dt. Nilgün ARI'nın çalışması jürimiz tarafından
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Master tezi olarak uygun görülmüştür.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Senih ÇALIKKOCAOĞLU

Üniversite : Yeditepe Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Ender KAZAZOĞLU

Üniversite : Yeditepe Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Ahmet ÜNAL

Üniversite : Yıldız Teknik Üniversitesi



ONAY

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 30.1.06.2004. tarih ve
.....04/12..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mübin SOYMAN

Müdür

ÖZET

Çalışmamızda, fosfat bağlantılı revetmanın (Fujivest II, GC Europe N. V., Leuven, Belgium) yapısına, moleküler elek özelliğinden dolayı % 2.5 - % 10 arasında değişen oranlarda zeolit minerali ilave edildi. Zeolit ilavesi ile, revetmanın geçirgenliğinin artırılması ve döküm yüzeyinin pürüzlülüğünün azaltılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, deney örneklerinin çap ve kalınlık ölçümleri döküm öncesinde ve döküm sonrasında yapılarak boyutsal değişim miktarı da araştırılmıştır.

Çalışmamızda, akrilik materyalinden (Pattern Resin, GC Europe N. V, Leuven, Belgium) 50 adet deney örneği hazırlandı. Deney örnekleri, revetmana katılan zeolit miktarına bağlı olarak, rastgele olacak şekilde 5 gruba ayrıldı. Gruplara ayrılan deney örneklerinde, döküm öncesi kalınlık, çap uzunluğu ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapıldı. Kalınlık ölçümleri, 50 büyütme stereo mikroskopunda (Carl Zeiss Jena 962, Germany) gerçekleştirildi. Çap uzunluğu ölçümleri ise, 50 büyütme profil projektörü (Mitutoyo Shadow Projector, Tokyo, Japan) kullanılarak yapıldı. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, Surfcom 120 A (Seimitsu Co., Ltd., Tokyo, Japan) cihazında ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) hesaplanarak gerçekleştirildi. Tüm ölçümler 3 kez tekrar edilerek, aritmetik ortalaması alındı. Birinci grup kontrol grubu olarak seçildi. İkinci grubun revetman tozuna % 2.5 oranında, üçüncü grubun revetman tozuna % 5 oranında, 4. grubun revetman tozuna % 7.5 oranında ve 5. grubun revetman tozuna % 10 oranında zeolit ilave edildi. Döküm sonrasında, kalınlık, çap uzunluğu ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri tekrar edildi..

Çalışmamızın sonucunda, tüm gruplarda hacimsel artış tesbit edilmiştir. Hacimsel artış en fazla % 1.87 ile 2. grupta, en az % 1.03 ile 5. grupta gerçekleşmiştir. Döküm sonrasında yüzey pürüzlülüğünün en az olduğu grup 4.41 μm ile 2. gruptur. Revetman içine farklı oranlarda zeolit ilave edilmesi ile, boyutsal değişim miktarı ve yüzey pürüzlülüğü artışı gruplar arasında istatistiksel olarak olmasa da, sayısal olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışma, zeolit mineralinin boyutsal değişimin ve yüzey pürüzlülüğünün azaltılmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Revetman, zeolit, yüzey pürüzlülüğü, boyutsal değişim

SUMMARY

The effect of different ratios of zeolite content in the phosphate-bonded investment on surface roughness and dimensional change of the casting

In this study, 2.5-10 weight % natural zeolite was added into phosphate bonded-investment because of its molecular sieve property. By adding zeolite, increasing of investment permeability and decreasing surface roughness of castings was aimed. In the present study, the effect of zeolite on the dimensional change was also investigated.

The prepared 50 acrylic (Pattern Resin, GC Europe N. V, Leuven, Belgium) specimens were divided into 5 groups randomly, each group containing 10 samples. Before the casting, thickness of specimens were measured in the 50 x magnifying stereo microscope (Carl Zeiss Jena 962, Germany). The diameter length was determined using a 50 x magnifying shadow projector (Mitutuyo Shadow Projector, Tokyo, Japan). Average surface roughness (R_a) was measured (μm) using a Surfcom 120 A (Seimutsu Co., Ltd., Tokyo, Japan) instrument. Each measurement was made 3 times. The first group was chosen as a control and no zeolite addition was performed. In the second group, 2.5 weight %, in the third group 5 % weight, in the fourth group 7.5 weight % and in the fifth group 10 weight % zeolite was added to investment powder.

According to our study, volumetric increase was determined in each group. The highest increase was observed in the second group with 1.87 %. The lowest one was observed in the fifth group with 1.03 %. The lowest surface roughness was determined in the second group with 4.41 μm . Although there was no statistically significant difference between groups, there were differences in the surface roughness and volumetric change values. It can be concluded that zeolite can be added to phosphate-bonded investment for decreasing surface roughness and dimensional change of casting.

Key words: Investment, zeolite, surface roughness, dimensional change

TEŞEKKÜR

Master eğitimim ve tez çalışmam süresince, varlığı ve desteği ile bana güven veren, büyük saygı duyduğum değerli danışman hocam Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı sayın **Prof. Dr. Senih Çalikkocaoğlu' na,**

Her konuda olduğu gibi, tez çalışmamın tüm aşamalarında da bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, sorunla karşılaştığım zamanlarda beni sabırla dinleyen ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam **Prof. Dr. Ender Kazazoğlu' na,**

Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya–Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nın sahip olduğu tüm olanaklardan yararlanmamı sağlayan, değerli vaktini ayırarak tezimin deney aşamalarının gerçekleşmesinde büyük emeği ve desteği olan **Prof. Dr. Ahmet Ünal' a,**

İhtiyacım olduğu her an bilgi ve düşüncelerine başvurduğum, tez konumun seçiminde ve özellikle tez çalışmamın zeolit minerali ile ilgili bölümünün her aşamasında büyük desteğini ve yardımını gördüğüm **Dr. L. Sevgi Özyeğin' e,**

Çalışmamın yüzey pürüzlülüğü ölçümlerini, Türk Standartları Enstitüsü Kalite Kampüsünde gerçekleştirmemi sağlayan belgelendirme uzmanı Sayın **Mehmet Özer' e,**

Her zaman yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm bölümümüzdeki **çalışma arkadaşlarıma,**

İş yerlerinin tüm olanaklarından yararlanmamı sağlayarak, tez çalışmamın en zahmetli laboratuvar aşamalarını, rahat ve huzurlu bir şekilde gerçekleştirdiğim sevgili **Optimal Diş Laboratuvarı sahiplerine** ve emeği geçen tüm **çalışanlarına,**

Tez çalışmamda malzeme desteği sağlayan **GC firmasına,**

Varlığımı borçlu olduğum ve hayatımın her aşamasında ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen sevgili **anne ve babama,**

Tezimin her aşamasında desteğini ve yardımını aldığım, en umutsuz zamanlarımda moral kaynağım olan **sevgili eşime,** yardımlarından ve sabrından dolayı,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Nilgün Arı

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
İÇ KAPAK	I
ÖZET	II
SUMMARY	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
KISALTMALARIN LİSTESİ	VIII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	IX
TABLoların LİSTESİ	X-XI
GRAFİKLERİN LİSTESİ	XII

1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN REVETMANLAR	4
2.1.1 REVETMANIN YAPISI	5
2.1.1.1 REFRAKTER MADDE	5
2.1.1.2 BAĞLAYICI MADDE	6
2.1.1.3 YARDIMCI MADDELER	6
2.1.2 REVETMANDA ARANILAN ÖZELLİKLER	7
2.1.3 REVETMANLARIN SINIFLANDIRILMASI	8
2.1.3.1 ALÇI BAĞLANTILI REVETMANLAR	8
2.1.3.2 FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANLAR	9
2.1.3.3 SİLİKA BAĞLANTILI REVETMANLAR	10
2.1.4 REVETMANDA GENLEŞME	11
2.1.4.1 FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANLARDA GENLEŞMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	14
2.1.5 DÖKÜM YÜZEYİNİN PÜRÜZLÜLÜĞÜNDE REVETMANIN ETKİSİ	17
2.2 ZEOLİT MİNERALİ	19

2.2.1 TANIM VE TARİHÇE	19
2.2.2 KRİSTAL YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI	20
2.2.3 ZEOLİTLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ	21
2.2.4 DOĞAL ZEOLİTLER	22
2.2.4.1 KLİNOPTİLOLİT VE KRİSTAL YAPISI	22
2.2.4.2 KLİNOPTİLOLİTİN UYGULAMA ALANLARI	23
2.2.5 TÜRKİYE'DE DOĞAL ZEOLİT YATAKLARI	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN REVETMAN	26
3.2 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN METAL	27
3.3 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN AKRİLİK MATERYALİ	28
3.4 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN ZEOLİT MİNERALİ, KİMYASAL BİRLEŞİMİ VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	30
3.5 DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI	32
3.6 DÖKÜM ÖNCESİ ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI	34
3.7 DENEY ÖRNEKLERİNİN DÖKÜM İÇİN HAZIRLANMASI VE DÖKÜM İŞLEMİ	37
3.8 DÖKÜM SONRASI ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI	43
3.9 DÖKÜM SONRASINDA OLUŞAN HACİMSEL ARTIŞIN HESAPLANMASI	44
3.10 İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME	44
4. BULGULAR	45
4.1 DÖKÜM ÖNCESİ İLE DÖKÜM SONRASI KALINLIK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	45
4.2 DÖKÜM ÖNCESİ İLE DÖKÜM SONRASI ÇAP UZUNLUKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	48
4.3 DÖKÜM ÖNCESİ İLE DÖKÜM SONRASI YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	51

4.4 DÖKÜM SONRASINDA OLUŞAN HACİMSEL ARTIŞIN GRUPLAR ARASINDA KARŞILAŞTIRILMASI	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	55
6. KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	75



KISALTMALARIN LİSTESİ

Ag	Gümüş
AlO ₄	Alüminyum oksit
Ca	Kalsiyum
Cr – Co	Krom - kobalt
Fe	Demir
K	Potasyum
Li	Lityum
Meq	Miliequivalent (miliekivalan)
Mg	Magnezyum
µm	Mikrometre
MOD	Mesio – Okluzal – Distal
MPa	Megapascal (Megapaskal)
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorid
NbC	Niyobyum karbid
Ni – Cr	Nikel – krom
R _a	Ortalama yüzey pürüzlülüğü
Rpm	Revaluation per minute (Dakikadaki devir sayısı)
SiO ₄	Silisyum oksit
Wt	Weight (Ağırlık)

ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ

		Sayfa No
Resim 2.1	Zeolitin gözenekli kristal yapısı	23
Resim 3.1	Çalışmamızda kullandığımız fosfat bağlantılı revetman	27
Resim 3.2	Çalışmamızda kullandığımız akrilik materyali	29
Resim 3.3	Deney örneklerinin hazırlandığı içi boş silindirler	33
Resim 3.4	Deney örneklerinin mikroskop camı arasında hazırlanışı	34
Resim 3.5	Kalınlık ölçümlerinin yapıldığı Carl Zeiss Jena 962 stereo mikroskobu	35
Resim 3.6	Kalınlık ölçümlerinde kullanılan metal tutucu	35
Resim 3.7	Çap ölçümlerinin yapıldığı referans çizgileri	36
Resim 3.8	Çap ölçümlerinin yapıldığı Mitutuyo Profil Projektörü	36
Resim 3.9	Ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinin yapıldığı Surfcom 120 A cihazı	38
Resim 3.10	Manşet içine yerleştirilmiş deney örneği	40
Resim 3.11	Revetmana zeolit ilave edilirken kullanılan hassas terazi	40
Resim 3.12	Çalışmamızda kullanılan vakum cihazı	42
Resim 3.13	Çalışmamızda dökümlerin yapıldığı santrifüjlu döküm makinesi	42
Resim 3.14	Deney örneklerinin dökümden çıktıktan sonra numaralandırılmış görüntüsü	43
Şekil 4.1	Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin kalınlıklarında meydana gelen yüzdesel artışı gösteren grafik	46

		Sayfa No
Şekil 4.2	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası kalınlık değerlerinin ortalamalarını gösteren grafik	47
Şekil 4.3	Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin çap uzunluklarında meydana gelen yüzdesel artışı gösteren grafik	49
Şekil 4.4	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası çap uzunlukları ortalamalarını gösteren grafik	50
Şekil 4.5	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalamalarını gösteren grafik	52
Şekil 4.6	Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin hacimlerinde meydana gelen yüzdesel artışı gösteren grafik	54

TABLolarIN LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1	Zeolitlerin ikincil yapı birimlerine göre sınıflandırılması	21
Tablo 2.2	Türkiye'deki doğal zeolit yatakları	22
Tablo 3.1	Çalışmamızda kullandığımız fosfat bağlantılı revetmanın fiziksel özellikleri	26
Tablo 3.2	Çalışmamızda kullandığımız kıymetsiz metal alaşımının fiziksel özellikleri	28
Tablo 3.3	Çalışmamızda kullandığımız akrilik materyalinin fiziksel özellikleri	29
Tablo 3.4	1996 yılı analiz raporuna göre Gördes klinoptilolitlerini oluşturan majör elementler	30
Tablo 3.5	1996 yılı analiz raporuna göre Gördes klinoptilolitlerini oluşturan minör elementler	31
Tablo 3.6	Çalışmamızda kullandığımız klinoptilolit mineralinin fiziksel özellikleri	32
Tablo 3.7	Deney gruplarında kullanılan revetman, zeolit ve distile su miktarı	39
Tablo 4.1	Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası kalınlık değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark	45
Tablo 4.2	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası kalınlık değerleri	47
Tablo 4.3	Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunluklarının istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark	48
Tablo 4.4	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası çap uzunlukları	50

		Sayfa No
Tablo 4.5	Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark	51
Tablo 4.6	Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	51
Tablo 4.7	Döküm sonrasında deney gruplarında meydana gelen hacimsel artışın istatistiksel değerlendirmesi	54



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş hekimliğinde, harab olmuş dişlerin restorasyonu ya da eksik dişlerin yerine koyulması amacı ile kullanılan kuron, köprü, inley, onley ve iskelet protez gibi restorasyonlar kayıp mum tekniği ile elde edilmektedir (1, 2, 3). Bu teknikte, mum modelin direkt veya indirekt yöntemle elde edilmesinden sonra revetman adı verilen bir kalıp maddesi içine alınması söz konusudur (4).

Kayıp mum tekniği ile döküm yapmak için geliştirilmiş bir tür seramik malzeme olan revetman, sertleştikten sonra ısıtılır ve mumun eriyip uzaklaşması ile birlikte dökümün yapılacağı boşluk elde edilmiş olur (5). Revetman, içine alaşımın döküleceği kalıp boşluğunu oluşturduğundan protezin hassasiyeti revetmanın özelliklerinden doğrudan etkilenmektedir (4, 5). Bir dökümden beklenen en önemli özellik, mum modelin tüm ayrıntılarını yansıtarak, hazırlanan diş dokusuna ya da yumuşak dokuya mümkün olduğu kadar yakın, rahatça oturması ve döküm yüzeyinin pürüzsüz olmasıdır (6, 7, 8, 9, 10). Elde edilen dökümün klinik olarak uygun sayılabilmesi için kullanılan revetmanda bulunması gereken bazı özellikler vardır. Döküm esnasında oluşan gazların kaçmasına olanak verecek şekilde gözenekli yapıda olmaları, döküm ısısına ve santrifuj basıncına dayanıklı olmaları, metal büzülmesininin revetmanın genişmesi ile karşılanması ve revetmanın metal yüzeyiyle reaksiyona girmemesi bu özelliklerin bir bölümünü oluşturmaktadır (4, 5, 11, 12). Gerçekte tüm özellikleri bir arada taşıyan revetmanı bulmak olanaksızdır. Revetmanın temel yapısını oluşturan refrakter maddelerin, bağlayıcıların ve diğer kimyasal maddelerin tipleri değiştirilip, oranları arttırılıp azaltılarak revetmanın özelliklerinin değiştirilmesi mümkündür (13). Bu konu ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları hali hazırda devam etmektedir.

Günümüzde altın gibi kıymetli metal alaşımlarının maliyetlerinin çok yüksek olması ve altın kaynaklarının azalması nedeni ile ekonomik alaşımlar olarak değerlendirilen baz metal alaşımlarının kullanımı artmıştır (14, 15, 16, 17). Baz metal alaşımlarının ergime derecelerinin oldukça yüksek olması nedeni ile bu metallerle çalışılırken bağlayıcı olarak amonyum dihidrojen fosfat ve magnezyum oksit ilave edilen fosfat bağlantılı revetmanların kullanılması gerekmektedir (4, 5, 14, 18, 19, 20, 21). Fosfat bağlantılı revetmanlarda döküm ısısının 300 C^0 olması ile kimyasal reaksiyon sonucu

amonyak gazı oluşmaktadır (20). Amonyak gazının revetman kalıp içinde fazlaca oluşması ya da tahliye olamaması sonucunda restorasyonun diş veya yumuşak doku ile uyumunu bozan pürüzlü, kusurlu dökümler elde edilmektedir. Revetman kalıp içinde oluşan, amonyak gibi istenmeyen gazların tahliyesi için çeşitli havalandırma metodları ve tipleme teknikleri geliştirilmiştir (6, 22). Bu metodlar döküm kalitesinin artırılmasında etkili olmakla birlikte kullanılan metal miktarını arttırdıkları için maliyeti yükseltmektedirler (23). Bu nedenle revetmanın, istenmeyen gazların çıkışına izin verecek şekilde geçirgen olması, döküm kalitesinin artırılması açısından önem kazanmaktadır (23).

Baz metal alaşımlarının dökümünde karşılaşılan diğer bir sorun ise boyutsal değişiklikdir. Döküm için hazırlanan mum model ile bu modelden elde edilen döküm örneği arasında boyutsal değişim olduğu bilinmektedir (24). Bu değişim birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, büyük oranda döküm metalinin soğurken gösterdiği büzülmeden kaynaklanmaktadır (3, 18). Bu büzülme en ideal koşullarda çalışılsa dahi önlenememektedir (3, 25). Altın alaşımları yaklaşık olarak % 1.5 (8, 26), nikel – krom (Ni – Cr) alaşımları gibi baz metal alaşımları ise % 2.4 oranında soğuma büzülmesi gösterirler (6, 10, 11, 27). Baz metal alaşımlarının altın alaşımlarına göre daha fazla miktarda büzülmelerinden dolayı özellikle bu metal alaşımlarının kullanıldığı dökümlerde, boyutsal değişiklik daha fazla gerçekleşmektedir. Bu durum yapılan dökümün tekrar edilme riskini arttırmaktadır. İdeal olarak, dökümden çıkan örneğin boyutsal olarak stabil olması gerekir (10, 28).

Literatürde, döküm kalitesini arttırmak amacı ile revetmanların yapısına zirkonya (29), alçı taşı (30, 31), kalsiyum oksalat (4), titanyum tozu (32), niyobyum karbid (33), borik asit, sodyum klorid (4, 34), potasyum sülfat (35), alüminyum fosfat (36) gibi bazı kimyasalların katıldığı bildirilmiştir. Bu kimyasalların çoğu refrakter madde olarak görev yapmakta ve revetmanın ısıl genişleme miktarını düzenlemektedir. Genleşme miktarının düzenlenmesi ile boyutsal olarak daha stabil dökümler elde edilmektedir.

Biz de çalışmamızda farklı kimyasal yapısı ve özellikleri nedeni ile, baz metal alaşımlarının dökümünde kullanılan fosfat bağlantılı revetmana bir doğal zeolit tipi olan klinoptilolit mineralini ilave ederek dökümün yüzey pürüzlülüğünün ve boyutsal değişiminin nasıl etkileneceğini araştırdık.

Zeolitler silikat grubu mineraller içinde özel yeri olan seramik yapısında minerallerdir. Kristalin yapıları bal peteği şeklindedir (37, 38, 39). Gözenekli yapıları ile azot, fosfor, klor gibi elementlerle, yağ, protein, glikoz ve metan gibi gazları adsorbsiyon özelliğine sahiptirler (39, 40). Yapısal özelliklerine bağlı olarak anyon, katyon gibi iyon değişimi yapabilirler (37, 41, 42). Zeolitler, alüminosilikat yapısında oldukları için aynı zamanda seramik maddelerdir. Seramik maddelerin ısıya karşı dirençli olmaları nedeni ile refrakter madde özellikleri de bulunmaktadır. Bir tür doğal zeolit olan klinoptilolit ise uzun yıllardan beri tarım ve hayvancılıkta (43), su kirliliğinin önlenmesinde (44) ve sağlık alanında (45, 46) kullanılmaktadır. Zeolitler, günümüz diş hekimliğinde, kanal patı (38), geçici dolgu maddesi (41), ağız gargarası (47) ve doku düzenleyiciler (48, 49, 50, 51) içerisinde gümüş ile kombine edilerek antibakteriyel etkinliğin artırılması (52) amacı ile kullanılmaktadır. Yaptığımız kaynak taramasında, gözenekli yapılarından dolayı moleküler elek görevi görmeleri ve refrakter madde özellikleri nedeni ile revetman içersine herhangi bir zeolit mineralinin katılmasına rastlamadık.

Üstün biyolojik uyuma sahip doğal zeolitler, ülkemizde bol miktarda bulunmaktadır (38). Özellikle Gördes zeolitleri yüksek oranda klinoptilolit içermektedir (38). Bu çalışmada, diğer kullanım alanlarındaki etkinliği dikkate alınarak fosfat bağlantılı revetman içersine zeolit ilave edilmiştir. Zeolit ilavesi ile, döküm sırasında oluşan amonyak gibi istenmeyen gazların, zeolit gözenekli yapısı sayesinde filtre edilmesi ve dökümün yüzey pürüzlülüğünün azaltılması amaçlanmıştır. Çalışmamızın diğer amacı ise, seramik yapısında olan zeolit revetman içindeki refrakter madde miktarını artırmasıyla dökümde meydana gelen boyutsal değişimin nasıl etkileneceğini araştırmaktır. Çalışmamızda, revetmana zeolit ilave edilerek, döküm kalitesinin artırılmasının yanı sıra, ülkemizdeki zengin zeolit yataklarının diş hekimliğinin daha önce hiç denenmemiş bir alanında değerlendirilmesi ile ülke ekonomisine katkıda bulunulması da düşünülmüştür.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN REVETMANLAR

Revetman, kayıp mum tekniği ile döküm yapmak için geliştirilmiş bir tür seramik malzemedir (5). Protez terimleri sözlüğünde ise metal alaşımın dökülebileceği kalıp boşluğunu oluşturan seramik bir madde olarak ifade edilmektedir (53). Revetman mum maketi sarar, sertleşir ve mumun ısıtılıp uçurulmasından sonra ergimiş metal alaşımın akıp yerleşeceği bir kalıp boşluğunu oluşturur.

Diş hekimliğinde kayıp mum tekniği kullanılarak yapılan ilk döküm 1897 yılında Philbrook tarafından gerçekleştirilmiştir (11). Ancak ilk bahsedildiği yıllarda fazla rağbet görmezken 1907 yılında Taggart'ın konuyu tekrar gündeme getirmesi ile daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (1, 11, 54). İlk uygulandığı yıllardan beri, sayısız metal restorasyon bu teknik ile dökülmüştür. Kayıp mum tekniği, hali hazırda kullanılarak tam metal restorasyonlar, iskelet protezler, seromo-metal restorasyonların alt yapıları ve de dökülebilir seramiklerden tam seramik restorasyonlar elde edilmektedir.

Protetik diş hekimliğinde, döküm aşamasında çeşitli metaller ve alaşımları ve de bu metallerle uyumlu farklı türde revetmanlar kullanılır. Revetman seçimindeki belirleyici faktör, dökülecek alaşımın ergime derecesidir (4, 19). Bazı altın alaşımları 900 C^0 , bazı krom alaşımları ise yaklaşık 1450 C^0 civarında dökülür. Her alaşım için döküleceği döküm ısısında, bütünlüğünü koruyabilen ve alaşımın büzülmesini karşılayabilen revetman tipi kullanılmalıdır (4). Kayıp mum tekniğinin ilk olarak uygulandığı yıllarda, restorasyonlar daha çok altın ve diğer kıymetli metal alaşımlarından yapıldığı için bu yıllarda daha çok yapısında kalsiyum sülfat ve toz silika bulunan alçı bağlantılı revetmanlar kullanılmaktaydı.

Günümüzde, altın alaşımlarının fiyatlarının çok artmış olması sabit ve hareketli protez yapımında maliyeti daha düşük olan bazı metal alaşımlarının kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır (14, 15, 16, 17). Bu alaşımların fiziksel özelliklerinin, altın alaşımlarından oldukça farklı olması sebebiyle, bu metallerin dökümünde yüksek ısıya karşı dirençli fosfat bağlantılı revetmanlar geliştirilmiştir (4, 5, 14, 18, 19, 20, 21).

Fosfat bağlantılı revetmanların diş hekimliğinde ilk kullanımı 1949 yılında Moore ve Watts tarafından gerçekleştirilmiştir (55). Revetmanın yapısındaki kimyasalların reaksiyonu sonucu oluşan silikofosfat yüksek ısılarda dayanıklılığı artırır. 1960 yılında ise Earnshaw, iskelet protezlerin dökümünde fosfat bağlantılı revetmanların kullanımından bahsetmiştir (56). Piyasada ANSI / ADA'nın 42 no'lu spesifikasyonuna uygun olarak inley, kuron ve diğer sabit restorasyonlar için tip I, iskelet ve diğer çıkarılabilir döküm restorasyonlar için de tip II denilen iki farklı fosfat bağlantılı revetman çeşidi vardır (5). Günümüzde diş hekimliğinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olan fosfat bağlantılı revetmanların yapısı, çeşitli kimyasalların katılması ile modifiye edilmekte ve döküm kalitesi artırılmaya çalışılmaktadır (23, 29).

2.1.1 REVETMANIN YAPISI

Revetmanların temel yapısı üç kısımdan oluşur: Refrakter madde, bağlayıcı madde ve diğer yardımcı maddeler.

2.1.1.1 REFRAKTER MADDE

Tüm revetman tiplerindeki refrakter madde temelde aynıdır. Silisyum di oksit veya diğer bir ifade ile silikanın farklı kristalin formatındaki oluşumlarıdır. Bu oluşumlar, silikanın polimorf şekilleri olup kuvartz, tridimit veya kristobalittir (4, 5). Farklı kristalin fazları revetmanda değişik genleşme değerlerinin oluşmasını sağlar, çünkü fiziksel özellikleri değişir. Kuvartz 575 C⁰ civarında alfa kuvartz şeklinden beta kuvartz şekline, kristobalit ise daha düşük ısıda, yaklaşık 210 C⁰ dolaylarında alfa şeklinden beta şekline döner (54). Aynı zamanda ısı uygulaması sonucunda birbirlerine de kolaylıkla geçiş yapabilirler (4). Bu maddeler seramik maddelerdir ve kalıp boşluğunun sert, dayanıklı olmasını sağlarlar. En büyük özellikleri, parçalanmadan yüksek sıcaklıklara dayanabilmeleridir. İster altın dökümleri için kullanılan revetmanlar olsun, isterse daha yüksek derecelerde dökülebilen metal alaşımlarının dökümünde kullanılan revetmanlar olsun, bu maddelerden birinin mutlaka revetmanın bileşiminde bulunması gerekir. Kuvartz % 1.4, kristobalit % 1.6 , tridimit ise % 1 oranında kalıp boşluğunda genleşmeye neden olur (4). Genleşme kimyasal bağların düzelmesi sonucu daha seyrek bir yapının oluşması ile meydana gelmektedir. Kuvartz uygun fiyatlı olması

nedeniyle fazla genleşme gerektirmeyen işlemlerde, tridimit en az genleşme ile lehim dökümlerinde ve kristobalit ise en yüksek genleşme ile hassas dökümlerde kullanılır (4, 5).

2.1.1.2 BAĞLAYICI MADDE

Refrakter maddeler tek başlarına yapışkan bir kitle oluşturamadıkları için bu maddeleri bir arada tutan bağlayıcı maddelere ihtiyaç vardır (5). Aynı zamanda bağlayıcı maddeler, revetmanın özelliklerini oluşturarak hangi metal alaşımları ile kullanılacağını belirler. Piyasada üç farklı tipte revetman bulunmaktadır. Bu revetmanların içindeki bağlayıcı maddeler:

2.1.1.2.a Altın ve altın alaşımlarının dökümlerinde kullanılan revetmanın bileşiminde bulunan Alfa veya beta kalsiyum sülfat hemihidrat,

2.1.1.2.b Paladyum, platin, baz metal alaşımları ve bazı dökülebilir porselenlerin dökümünde kullanılan revetmanın bileşiminde bulunan magnezyum oksit ve amonyum di hidrojen fosfat,

2.1.1.2.c Titanyum ve yüksek ergime derecesine sahip metallerin dökümünde kullanılan revetmanın bileşiminde bulunan etil silikattır (5).

2.1.1.3 YARDIMCI MADDELER

Refrakter ve bağlayıcı maddeler revetmanda aranılan özelliklerin oluşmasında yeterli olamadıkları için revetmanın bileşimine bazı yardımcı maddelerin katılması gerekir. Bu maddeler, sodyum klorür, borik asit, potasyum sülfat, kalsiyum oksalat veya magnezyum oksit gibi kimyasallardır (4, 35). Yardımcı maddeler döküm kalitesinin artırılmasında, dökümde meydana gelen boyutsal değişikliğin azaltılmasında önemli rol oynarlar. Alçı bağlantılı revetmanların yapısına az miktarda borik asit katılması ile revetmanın ısıl genleşme miktarı artırılırken, kalsiyum oksalat katılması ile yüksek ısıya karşı daha dirençli bir yapı elde edilir (4, 34).

2.1.2 REVETMANDA ARANILAN ÖZELLİKLER

Revetman, içine alaşımın döküleceği kalıp boşluğunu oluşturduğundan, protezin hassasiyeti revetmanın özelliklerinden doğrudan etkilenir (4, 5). Bu nedenle bir revetmanda bulunması gereken bazı özellikler vardır:

2.1.2.a Mum maketin şeklini, boyutunu ve üzerine işlenmiş detayları oluşturabilmelidir (4, 11).

2.1.2.b Mum modelin etrafına kolaylıkla uygulanabilmeli ve kısa sürede sertleşmelidir (5).

2.1.2.c Oda sıcaklığına ve yüksek sıcaklıklara dayanabilecek güçte olmalıdır (4, 5, 11).

2.1.2.d Yüksek ısılarda, erimiş alaşımın döküm boşluğuna yollanması için gerekli yüksek döküm kuvvetine karşı koyabilecek yeterli dayanıklılığa sahip olmalıdır (4, 11).

2.1.2.e Metalin döküm sıcaklığında ergimiş metalle reaksiyona girecek gazlar çıkartmamalıdır (5).

2.1.2.f Isı artışı ile ortaya çıkan reaksiyon gazlarının çıkışına izin verecek şekilde gözenekli yapıda olmalıdır (4, 5, 23).

2.1.2.g Metal alaşımının, büzülmesini kompanse edecek genleşme değerlerine sahip olmalıdır (4, 5, 11, 19, 57, 58).

2.1.2.h Döküm yüzeyinin pürüzsüz, kenarlarının net ve keskin çıkabilmesini sağlamalıdır (5, 11, 58).

2.1.2.ı Dökümden sonra metalden kolaylıkla ayrılabilmeli, metal yüzeyi ile reaksiyon vermemelidir (5, 58).

2.1.2.i Dökümden sonra revetman kalıp kırılıp atılacağından, fiyatı ucuz olmalıdır (5).

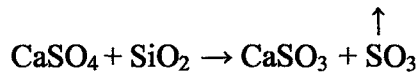
Sıralanan tüm bu özellikler ideal bir revetman için geçerlidir. Revetmanın yapısını oluşturan kimyasalların çeşidi ve miktarı revetmanda bulunması gereken özellikleri direkt olarak etkiler (13). Refrakter madde olarak kristobalit içeren revetmanlar kuvarz içerenlere göre daha fazla ısıl genleşme gösterirler (5). Gerçekte tüm bu özellikleri bir arada taşıyan bir revetman bulunmadığı için araştırmalar revetmana yeni kimyasallar ilave edilmesi yönünde hali hazırda devam etmektedir.

2.1.3 REVETMANLARIN SINIFLANDIRILMASI

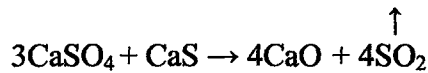
Revetmanlar yapılarında bulunan bağlayıcı maddeye göre sınıflandırılırlar:

2.1.3.1 ALÇI BAĞLANTILI REVETMANLAR

Alçı bağlantılı revetmanlar, % 60 - 65 oranında kuvarz veya kristobalit veya değişik oranlarda bu ikisinin bileşimi ile % 30 - 35 oranında alfa veya beta kalsiyum sülfat hemihidrat ve % 5 oranında bazı modifiye edici maddeler içerirler (5, 11). Revetman su ile karıştırılınca suyun bir kısmı kalsiyum sülfat dihidrat oluşur. Suyun geri kalan kısmı ise revetman kalıbın içinde eşit olarak dağılır ve fazla su diye anılır. Manşetin ısıtılmasının başlarında bu fazla su uçar. Alçı kristallerinin su ile karşılaşması sonucu kapiller hareket oluşur ve kristaller dışarı doğru itilir (59). Bu şekilde alçı bağlantılı revetmanlar sertleşme genişmesi gösterirler. Sıcaklık yükselerek 105 C⁰ olduğunda bu defa kalsiyum sülfat dihidrat su kaybetmeye başlar. Manşet ısıtılmaya devam edilince, dihidrat daha da çok su kaybeder ve kalsiyum sülfat anhidrite dönüşür (5). Sıcaklığın yükselmesiyle silikatlarda geçiş reaksiyonları oluşmaya başlar. Sıcaklığın etkisi ile refrakter maddenin kristal yapısının değişmesi sonucu, ısıl genişleme gerçekleşir (4). Sıcaklık, 800 C⁰ dolaylarına geldiğinde kalsiyum sülfatlar, aktif olarak silisyum ile birleşmeye başlar ve sülfür tri oksit gazı yoğun olarak çıkmaya başlar. Kimyasal reaksiyon şu şekilde gerçekleşir:



Reaksiyon sonucu oluşan kalsiyum sülfür, ortamdaki kalsiyum sülfat ile reaksiyona girer. Sülfür di oksit gazlarına ve kalsiyum oksite dönüşür. Kimyasal reaksiyon şu şekilde gerçekleşir:

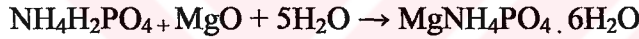


Bu reaksiyon yaklaşık 700 C⁰ dolaylarında oluşur. Gaz çıkışı bitene kadar manşetlerin bu sıcaklık dolaylarında tutulması gerekir. Revetmana gaz çıkışını sağlamak, belli oranda gözenekli yapı oluşturmak için karbon eklenir. Sıcaklığın tekrar artması ile

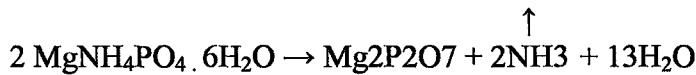
oluşan kalsiyum oksitler, silikatlarla birleşir ve kalsiyum silikatları oluştururlar. Çıkan gazlar ilk önce kılcal çatlaklar halindeki kanallardan tahliye olur. Sonra çatlakların boyutları artar ve dökümün santrifüj gücünü taşıyamıyacak hale gelir. Bu nedenle 700 C⁰ üstünde dökülebilen metal alaşımları, alçı bağlantılı revetmanlarla dökülemez (1, 4, 5, 11). Son zamanlarda alçı bağlantılı revetmanların yapısına eklenen kalsiyum oksalat, revetmanın 1000 C⁰ dolaylarına kadar dayanmasını sağlar. Yine de bu sıcaklık baz metal alaşımlarının, dökümü için yeterli değildir (4).

2. 1. 3. 2 FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANLAR

Temel dolgu yapıları silikatlar, yani kuvarz ve kristobalitlerdir. Bağlayıcı sistemleri magnezyum oksit ve amonyum di hidrojen fosfattır (4). Su ile karıştırıldıklarında fosfat ile oksit arasında bir reaksiyon oluşarak magnezyum amonyum fosfat oluşur. Kimyasal reaksiyon şu şekilde gelişir:



Sıcaklığın 300 C⁰ olması ile, amonyum silika fosfat parçalanarak, magnezyum pirofosfat, amonyak ve su oluşur. Su molekülleri ortamdan uzaklaşırken amonyağı da sürükleyerek atar. Amonyak gazı revetman kalıptan tahliye olamadığı takdirde, gaz boloncuklar halinde mum modelin yüzeyine yapışır. Bu durum sonrasında, döküm yüzeyinde döküm incileri oluşur (20). Kimyasal reaksiyon şu şekilde gelişir:



Ortamdaki diğer fosfatlar ve magnezyum pirofosfat silika ile reaksiyona girer ve dayanıklı magnezyum siliko fosfat yapılarını oluştururlar. Güçlü siliko fosfat yapı tüm kütleyi santrifüj gücüne karşı korur (20). Bu nedenle fosfat bağlantılı revetmanlar, yüksek sıcaklıklarda döküm gerektiren baz metal alaşımlarının, dökülebilir porselenlerin ve de paladyum alaşımlarının döküm işlemi sırasında kullanılırlar (4, 5, 14, 18, 19, 20, 21). Ancak fazla sert bir kitlenin oluşması döküm sonrası protezin

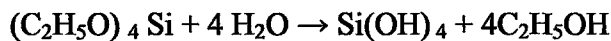
çıkartılmasında deformasyon sorunlarına yol açacağı için, sadece santrifuj basıncına karşı koyacak kadar sertlik istenir.

Revetmanın su ile karıştırılması sonucunda oluşan kristallerin, dışa doğru büyümesi ile aynen alçı bağlantılı revetmanlarda olduğu gibi, sertleşme genişmesi meydana gelir. Ancak bu genişleme baz metal alaşımlarının soğumaları esnasında gösterdikleri büzülmeyle karşılayacak boyutlarda gerçekleşmez. Bu nedenle fosfat bağlantılı revetmanlar su yerine üretici firmaların önerdiği oranlarda kolloidal silika içeren solüsyon ile karıştırılırlar (4, 58). Revetman tozunun su yerine kolloidal silika ile karıştırılması sonucunda sertleşme ve ısıl genişleme miktarı artarken, sertleşmiş revetmanın dayanıklılığı da artar (4, 11, 60). Oluşan genişleme, saf kolloidal silika solüsyonunun kullanılması sırasında en üst düzeyde gerçekleşirken, solüsyonun bir miktar distile su ile seyreltilmesi sonucunda istenilen oranlarda azaltılabilir. Bu şekilde dökümden kullanılacak olan alaşımın büzülme miktarına ve yapılacak restorasyonun tipine bağlı olarak genişleme miktarı artırılıp azaltılabilir (1). Kuron, köprü gibi restorasyonlarda genişleme istenirken kanal pini, inley ,onley gibi kuron veya kök içi restorasyonlarda bir miktar büzülme tercih edilir (11).

Dökümden önce revetmanın ısıtılması ile kristal yapının faz değiştirmesine bağlı olarak ısıl genişleme meydana gelir. Revetmanın diğer özelliklerini düzenlemek amacı ile formülasyonlarına % 5 oranında farklı kimyasallar eklenir.

2.1.3.3 SİLİKA BAĞLANTILI REVETMANLAR

Silika bağlantılı revetmanlar, silisyum dioksit versiyonu olan kuartz veya kristobalitin, silika jeli ile reaksiyon vermesi sonucu oluşurlar. Isının yükselmesiyle jelle bağlanan yapı güçlü silikat bağlarına dönüşür (4, 5). Bu yeni oluşum bir tür porselendir. Kimyasal reaksiyon şu şekilde gelişir:



Bağlayıcı solüsyon, genellikle etil silikat veya onun oligomerlerinin, seyreltik hidroklorik asit ve etil alkol ile karıştırılmasından elde edilir. Etil alkol, etil silikat ile suyun karışmasını kolaylaştırır. Çünkü normal koşullarda iki sıvı birbiriyle karışmaz

Etil silikat yavaşça hidrolize olur ve yan ürün olarak etil alkol açığa çıkar. Alkali ortamda silisik asit kuvarz veya kristobalit tozu ile karışarak silika jeli oluşturur. İstenilen pH toz içine magnezyum oksit koyularak elde edilir (4).

Hidrolize edilmiş etil silikat solüsyonları genellikle koyu renkli cam şişelerde hazırlanır ve korunur. Solüsyon zamanla jel haline geçer ve 3 - 4 hafta sonra vizkozitesi artar. Bu durumda yeni solüsyon hazırlamak gerekir.

Silikat bağlarının kurulmasında piperidin gibi aminlerden de yararlanılır. Bu maddelerin avantajı aynı anda hem hidroliz hem de jelasyonu sağlayabilmeleridir. Ancak hidroliz reaksiyonu sonucu kabul edilemeyecek bir büzülme meydana gelir (4, 5). Materyalin döküm ısısında yeterli dayanıklılıkta olabilmesi için, bağlayıcı solüsyon içine mümkün olduğu kadar fazla miktarda toz katılması, dolayısıyla biraz koyuca karıştırılması gerekir (4, 5). Bu büyük ve küçük partikül büyüklüğündeki tozların beraberce kullanılmasıyla sağlanır. Böylece küçük tozlar büyükler arasındaki boşlukları doldurur. Sonuçta, dayanıklı bir revetman kalıp elde edilir. Silika bağlantılı revetmanlar dayanıklı yapılarından dolayı yüksek derecelerde eriyebilen iskelet protez metal alaşımlarının dökümünde ve günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan titanyum dökümlerinde kullanılırlar (5, 61).

Silika bağlantılı revetmanlarda, manşet ısıtılırken ilk dönemde bir miktar ön büzülme meydana gelir. Bu büzülmenin nedeni, jel içindeki suyun ve alkolün buharlaşmasıdır. Büzülme, ısının artması ile yerini kristal yapının faz değişimine ve ısıl genişlemeye bırakır (4, 5). Sıcaklık istenen değerlere geldiğinde, beklenen genişleme meydana gelir.

2.1.4 REVETMANDA GENLEŞME

Döküm işleminde kullanılan metal ve metal alaşımlarının sertleşmeleri sırasında büzülme göstermelerinden dolayı kalıp boşluğunu oluşturan revetmanın genişlemesi, restorasyonun boyutsal stabilitesi açısından çok önemlidir (5, 11, 19, 57).

Revetman genişleme göstermediği takdirde, mum modelden daha küçük dökümler elde edileceği için kuron - köprü gibi restorasyonların yerlerine oturabilmesi mümkün olmaz (6). Ayrıca restorasyon kenarlarının kısa sonlanmasına da neden olabilir (28, 62). Diğer yandan revetmandaki genişleme miktarı, metalin büzülme miktarından

çok fazla olursa restorasyon olması gereken boyutlardan daha geniş olur. Bu durum sabit protetik restorasyonlarda iki dezavantajı beraberinde getirir. Birincisi, restorasyonun diş dokusundan uzakta olması tutuculuğun azalmasına neden olur. İkincisi, siman hattının ve marjinal açıklığın horizontal yönde artması ile sonuçlanır. Siman yüzeyinin pürüzlü ve ağız ortamında çözünebilen bir yapıya sahip olduğu düşünülürse, restorasyonun kenar uyumunun iyi olmaması sonucunda, siman hattının genişlemesi, dişeti iltihabına ve çürük oluşumuna neden olacaktır (61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68).

Restorasyonun boyutsal stabilitesini sağlayabilmek için revetman genişleme tekniklerinden yararlanır. Metal büzülmesinin karşılanmasında kullanılan 3 çeşit revetman genişleme mekanizması vardır. Bunlar: Sertleşme genişmesi, higroskopik genişleme ve ısıl genişmedir (24, 69). Revetmanın toplam genişmesi bu üç genişleme mekanizması sonucu elde edilen genişlemelerin toplamına eşittir.

Sertleşme genişmesi, revetman kalıp açık havada sertleşirken meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu, maddenin fiziksel boyutlarında görülen çizgisel genişleme olarak tanımlanır (5). Genleşme yöntemleri arasında en az etkili olan sertleşme genişmesidir (24). Burada genişleme revetmanın yapısında bulunan silikanın kristalizasyonu sonucu kristallerin dışa doğru büyümesi neticesinde gerçekleşir. Sertleşme genişmesi ortalama % 0.4 oranındadır (11). Revetman sertleşirken, kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan ısı mum modelin genişmesine de neden olur. Revetmanın sertleşmesi sırasında meydana gelen genişleme ile ekzotermik reaksiyon sonucu mum modelin bünyesinde meydana gelen genişleme “ etkili sertleşme genişmesi ” olarak tanımlanır (6, 11). Revetman en yüksek ekzotermik reaksiyon ısısına ulaştığında kimyasal reaksiyonların birçoğu tamamlanmış ve sertleşme genişmesinin de büyük kısmı bitmiş olur (1). Tüm bu işlemler revetman manşete döküldükten sonraki 1 saat içinde gerçekleşir. Bu nedenle manşetin, mum uçurma aşamasından önce 1 saatten daha fazla bekletilmesinin genişlemeye önemli bir katkısı yoktur (58). Bu aşamada revetman yüksek ısılarla karşı dirençli bir yapı kazanmış olur (1). Revetman sıvı halde iken ve yumuşak mum kullanılmış ise mum model daha fazla genişleyebilir. Başka bir ifade ile, sertleşme genişmesi sırasında oluşan ısı, mum modelin yumuşama derecesinden daha yüksek ise etkili sertleşme genişmesi daha fazla olur (1, 69). Ancak bu durum, revetman tamamı ile sertleştikten sonra mum modelde

şekil değişikliklerine, özellikle de mesial - okluzal - distal (MOD) inley gibi restorasyonların yan duvarlarında dışa doğru açılmalara neden olur (6, 71). Bu nedenle mum modelin genişmesinin, etkili sertleşme genişmesine katkısı dikkate alınmayarak modeldeki şekil değişikliğini engellemek amacı ile, inley mumu gibi daha sert, eğilmeye karşı dirençli mumlar tercih edilir ya da ekzotermik reaksiyon ısısı düşürülür (1, 2). Diğer bir görüş ise, çapı daha geniş manşetlerin kullanılmasıdır. Manşet çapının genişlemesi sertleşme ısısını arttırarak genişleme miktarının artmasına neden olacaktır. Genel olarak alçı bağlantılı revetmanlarda oluşan en yüksek ekzotermik reaksiyon ısısı fosfat bağlantılı revetmanlara oranla daha düşüktür. Fosfat bağlantılı revetmanlarda ekzotermik reaksiyon genellikle 50 C^0 dolaylarında gerçekleşmektedir (2).

Higroskopik genişleme, revetman kalıbın sertleşmesi esnasında ilave su absorbe etmesine bağlı olarak görülen çizgisel artışı ifade eder. Revetmanın suyun bol olduğu ortamda sertleşmesi, kristaller arasındaki boşlukların daha fazla olmasına ve sonuçta genişlemenin artmasına yol açar (4, 5). Aynı zamanda sertleşme sırasında kaybolan su revetman kalıbın sulu ortamda tutulması ile karşılanır (11). Higroskopik genişlemenin miktarı kullanılan yöntemle bağlı olarak % 1.2 ile % 2.2 arasında değişkenlik gösterir (11). Revetman metal manşete alındı ise oluşan genişleme, revetman kalıbın çizgisel artışından çok, mum modelin ılık su neticesinde genişmesi sonucu oluşur (11). Çünkü metal manşet kullanılması, kristallerin dışa doğru büyümesini engelleyeceği için sertleşme genişmesi daha az meydana gelir (6).

Higroskopik genişleme üç yöntemle sağlanır:

2.1.4.I Revetman manşete alınmadan önce, manşetin iç yüzeyine nemli amyant, cam yünü veya kartondan şerit sarılır. Revetman sertleşme sırasında gerekli suyu manşetin iç yüzeyine sarılı bu şeritlerden alır (4). Ülkemizde gerek ekonomik olması gerekse amyantın kanserojen olması nedeni ile karton kullanılmaktadır.

2.1.4.II Revetmanın bulunduğu manşet ılık su banyosuna koyulur. Çok kullanılan bu yöntemde revetman kalıbın ılık suyu emmesi ile higroskopik genişleme sağlanır.

2.1.4.III Daha kontrollü genişleme sağlayan bu yöntemde ise, ölçülü miktarda su revetmanın üst yüzeyine püskürtülür (11). Temel kural olarak, suyla karıştırılıp akıcı bir hamur haline getirilen revetman yüzeyine sonradan fazla su katılırsa, higroskopik genişleme artar. Ancak revetmanın absorbe ettiği su sonsuza kadar genişlemeye neden

olmaz. Bunun kritik bir noktası vardır. Bu miktardan sonra artık genleşme gerçekleşmez ve revetmanın fiziksel özelliklerinde bozulmalar meydana gelir (5).

Genel olarak higroskopik genleşme, sertleşme genleşmesinden 2 - 4 defa daha çoktur (5). Fakat her ikisi de aynı anda başlayıp aynı anda sonlandıklarından birbirlerinden ayrılabilmeleri oldukça zordur.

Isısal genleşme, mumun uçurulması safhasında sertleşmiş revetman kalıpta, sıcaklığın artmasına bağlı olarak görülen boyutsal artış olarak tanımlanır (5). Revetmanın ısıtılması sırasında, yapısında bulunan refrakter madde faz değişimine uğrar (4). Isısal genleşme, bu faz değişimine bağlı olarak revetmanın daha gevşek bir yapı kazanması sonucunda gerçekleşir. Revetman içinde bulunan refrakter madde alfa şeklinde bulunur ve oda sıcaklığında daha stabildir. Mum uçurma işlemi sırasında sıcaklığın artmasına bağlı olarak alfa şekline beta şekline dönüşür. Beta şekli, yüksek sıcaklıklara karşı daha dirençlidir (5). Sıcaklık, 573 C^0 olduğunda, alfa kuvarz beta kuvarza, beta kuvarz sıcaklık 870 C^0 olduğunda beta tridimite dönüşür. Bu madde ise, sıcaklık 1475 C^0 olduğunda beta kristobalit olur. Beta kristobalit, sıcaklık 1700 C^0 olduğunda erimiş ve kaynamış silika şekline dönüşür. Refrakter maddeler arasındaki bu geçiş revetman kalıbın genleşmesini ve metal büzülmesinin karşılanmasını sağlar. Genleşme miktarı kristobalitte en yüksek, tridimite en alçaktır. Refrakter madde olarak kristobalit ilave edilen revetmanlar, sıcaklık artışlarına karşı daha hassastırlar (54). Bu nedenle daha yavaş ısıtılmaları gerekir. Aksi takdirde sıcaklıktaki ufak değişim sonrasında, revetman kalıbın boyutlarındaki hızlı artış, revetmanın çatlamasına ve hatalı dökümlerin gerçekleşmesine neden olur (6, 54).

2.1.4.1 FOSFAT BAĞLANTILI REVETMANLARDA GENLEŞMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.1.4.1.a Su / toz oranı revetmanın genleşme miktarı gibi diğer tüm fiziksel özellikler üzerinde etkilidir. Su / toz oranının artmış olması, revetman kalıbın sertleşme ve ısısal genleşme miktarını azaltır. Bu nedenle su / toz oranı üretici firmaların önerileri doğrultusunda ayarlanmalıdır (4, 6, 10, 13, 60).

2.1.4.1.b Su-genleşme solüsyonu oranı, fosfat bağlantılı revetmanların genleşmesinde etkili diğer bir faktördür. Kollaidal silika ilave edilen özel solüsyonun miktarı arttıkça genleşme miktarı da artar. Genleşme miktarı revetman tozu sadece solüsyon ile karıştırıldığı durumda en fazladır. Silika ilave edilen solüsyon su ile seyreltildikçe genleşme miktarı düşer (5, 9, 10, 11, 28, 58).

2.1.4.1.c Rutubetli ortamda saklanan ve 2 - 3 yılı geçmiş eski revetmanlarda genleşme miktarı daha azdır (5).

2.1.4.1.d Revetmanın metal manşete alınması kristallerin dışa doğru büyümesini engelleyeceği için oluşan genleşme miktarını azaltır (6).

2.1.4.1.e Manşetin iç yüzeyinin nemli karton ya da amyant şerit ile kaplanması higroskopik genleşmeyi artırır. Bu şeridin manşetin yüksekliği ile aynı boyda olması durumunda higroskopik genleşme en etkili durumdadır (6, 57, 72).

2.1.4.1.f Revetmanın karıştırılması ile su banyosuna daldırılması arasında geçen süre, kitlenin total genleşmesi üzerine etkili bir rol oynar. Şayet bu süre uzayacak olursa, higroskopik genleşme azalır. Bu nedenle genel olarak, mum maket manşete alındıktan hemen sonra su banyosuna konulması gerekir (5).

2.1.4.1.g Su banyosu sıcaklığının, etkili sertleşme genleşmesi ve higroskopik genleşme üzerine etkisi vardır. İdeal olarak manşetin 38 C⁰ sıcaklığındaki su banyosunda bekletilmesi gerekir (11).

2.1.4.1.h Mum modelin manşet içindeki konumu revetmanın genleşme miktarını etkilemektedir. Genleşmenin ideal seviyede olabilmesi için mum model manşetin üst yüzeyinden 6 mm aşağıda olmalıdır. Bu durum aynı zamanda yüzeyin pürüzlü olmamasını da sağlar (6).

2.1.4.1.ı Fosfat bağlantılı revetmanların formülasyonunda refrakter madde olarak kristobalit kullanılması, kuvarz içerenlere göre ısısal genleşme miktarında artışa neden olur (5). Ayrıca, formülasyonlarındaki bağlayıcı madde miktarının artması revetmanın sertleşme genleşmesini artırır (13).

2.1.4.1.i Mum modelin şekli, genleşmenin yönü üzerinde etkili olan bir faktördür (8, 70). MOD inley mum model, okluzalden tijlenirse mesio - distal yöndeki genleşme daha az olurken, tij yan yüze yerleştirilirse mesio - distal genleşme miktarı artar (6). Aynı marka revetman-alaşım kombinasyonu farklı mum model şekilleri kullanıldığında, meydana gelen genleşme miktarı da farklılık gösterir (8, 70).

2.1.4.1.j Revetmandan beklenen genişlemenin miktarı dökümü yapılan restorasyonun çeşidi ile yakından ilgilidir (7, 8). Kuron - köprü gibi kuron dışı restorasyonlarda, inley-onley gibi kuron içi restorasyonlara oranla daha fazla miktarda genişleme istenir (1, 6). Kuron içi restorasyonlarda meydana gelen metal büzülmesi yapıştırma simanı ile giderilebilir. Fakat kuron dışı restorasyonlarda restorasyonun hazırlanan diş oturumaması ile sonuçlanır. Kuron dışı restorasyonları kendi aralarında genişleme açısından ele alacak olursak, kısa okluza - gingival boyut ve okluzale doğru gittikçe daralan tarzda bir diş kesimi yapılmışsa ek retansiyona ihtiyaç vardır (73). Böyle bir durumda, metalin büzülme miktarını karşılamak için daha az revetman genişlemesine ihtiyaç duyulur (6).

2.1.4.1.k Mum modelin yapıldığı mumun sertliği ya da yumuşama ısısı etkili sertleşme genişmesi üzerine etkilidir (10). Mum model yumuşak mumdan yapılırsa, kimyasal reaksiyon sonucu açığa çıkan ısı mum modelin genişlemesine ve dolayısıyla etkili sertleşme genişmesinin artmasına neden olur (1, 2). Bazı araştırmacılar mumun yumuşama ısısının yanı sıra akışkanlığının ve mum modelin şeklinin de metal büzülmesinin karşılanmasında etkili olduğunu ileri sürmektedirler (2, 7, 8, 74, 75). Akışkanlık oranının artması, metalin büzülme miktarını azaltır. Kalın mum modellerle ya da inley mumu gibi yumuşama ısısı yüksek mumlarla çalışıldığında çapı daha geniş manşetlerin kullanılması önerilir (2). Manşet çapının artması revetman kalıbın sertleşme reaksiyonu sırasında açığa çıkan sıcaklığın artmasına; buna karşılık etkili sertleşme genişmesinin artışına neden olur (2).

2.1.4.1.l Revetmanın genişlemesine etki eden diğer bir faktörde manşet çapıdır (3, 24, 26). Manşet çapının artması genişleme miktarını arttırmaktadır. Mum modelin kalınlığı arttıkça yada mumun yumuşama derecesi arttıkça manşet çapı da arttırılmalıdır (2).

2.1.4.1.m Direkt olarak genişleme üzerine etkili olmasa da dökümün boyutsal stabilitesi üzerinde etkili diğer bir faktör de revetmanın ön ısıtılma safhası ile döküm aşaması arasındaki süredir. Bu süre 2 dakikayı aşarsa revetman kalıp soğuyacağı için olması gerekenden daha küçük dökümler elde edilir (6, 10).

2.1.5 DÖKÜM YÜZEYİNİN PÜRÜZLÜLÜĞÜNDE REVETMANIN ETKİSİ

Bir revetmanda bulunması gereken en önemli özelliklerden biri, döküm sonrasında döküm yüzeyinin mümkün olduğu kadar pürüzsüz, düzgün çıkmasına olanak vermesidir (4, 5, 6, 7). Normal koşullar altında, döküm yüzeyi mum modele göre her zaman daha pürüzlüdür (19). Döküm işlemi bitip revetman kalıp kırıldıktan sonra, döküm yüzeyinin minimum pürüzlülükte çıkmasının birçok avantajı vardır. Birincisi, laboratuarda bitim işlemleri için harcanan efordan ve zamandan büyük ölçüde tasarruf sağlar (1, 18, 20). Bu durum, özellikle Ni - Cr alaşımları gibi tesviye ve cila işlemleri kolay olmayan oldukça sert baz metal alaşımları ile çalışıldığında büyük önem kazanır (3). Ayrıca, döküm yüzeyinden revetman kalıntılarının temizlenmesi için uygulanan kumlama işleminin süresi de kısalmaktadır. Bunun yanında, pürüzlülük azaldığı için daha küçük partikül boyutlu alüminyum oksit tozları döküm yüzeyinin temizlenmesinde yeterli olur. Zira, kumlama metal yüzeyinde çok küçük boyutlarda da olsa aşınmaya (76, 77), hassas restorasyon kenarlarında distorsiyona (78) ve alüminyum partiküllerinin metal yüzeyine yapışarak porselen bağlantısının olumsuz yönde etkilenmesine neden olur (79).

İkinci olarak, bitim işlemlerinin uygulanmadığı hassas, ince restorasyon kenarlarının ve restorasyonun iç yüzeyinin hazırlanan diş dokusuyla uyumunu kolaylaştırır. Pürüzlü kenarlar, kuron, köprü ve inley gibi restorasyonlarda dökümün uyumunu olumsuz yönde etkileyerek (1, 9, 80), mevcut siman kalınlığının artmasına neden olur (30). Maksimum siman kalınlığı bazı literatürlerde $30 \mu\text{m}$ (8, 70) ve ANSI / ADA'nın 8 no'lu spesifikasyonunda çinkofosfat siman için ise $25 \mu\text{m}$ olarak kabul edilmiştir (81). Siman kalınlığının bu değerlerin üstüne çıkması, siman materyalinin ağız ortamında çözünmesine ve restorasyonun başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olur (78).

Üçüncü olarak, pürüzlü yüzeyler korozyona ve restorasyonun renk değişimine neden olduğu için (6, 82), döküm yüzeyinin pürüzsüz olması ile restorasyonun uzun dönem başarısı sağlanmış olur. Pürüzlü restorasyon yüzeyinin beraberinde getirdiği diğer bir problem ise plak birikimidir (66, 78, 82, 83). Özellikle dişeti ile temas halinde olan restorasyon kenarlarının pürüzlü olması dişetinde irritasyona ve sonuçta dişeti iltihabına neden olur.

Döküm yüzeyinin pürüzlülüğüne etki eden revetmana ait faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz:

2.1.5.a Revetmanın geçirgenliği, döküm yüzeyinin pürüzlülüğünü etkilemektedir. Kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan gazların tahliyesini sağlamak için revetmanların gözenekli yapıda olmaları gerekir (23). Yüksek ergime derecesine sahip metallerde gaz birikimi daha fazla olduğu için dökümün pürüzlü olma ihtimali daha yüksektir (23). Alçı ve fosfat bağlantılı revetmanlar, döküm esnasında oluşan gazların tahliyesine silika bağlantılı revetmanlara oranla daha kolay olanak verirler. Silika bağlantılı revetmanlar hemen hemen gözeneksiz bir yapıya sahiptirler (4).

2.1.5.b Revetmanın çok fazla su ya da solüsyon ile karıştırılması pürüzlülüğü arttırmaktadır. Mum uçurma safhasında, sıvının buharlaşması nedeniyle revetman pürüzlü bir yapı kazanır. Bu durum, ergimiş haldeki metalin daha fazla revetman içine girmesine neden olur (70). Diğer yandan, fazla su kullanılmasına bağlı olarak revetmanın ince kıvamlı olması, döküm basıncına dayanamayarak kırılmasına ve sonuçta yüzeyi pürüzlü dökümlerin yapımına neden olur (6).

2.1.5.c Revetmanın karbon içermesi yüzey pürüzlülüğünü artırıcı bir etkiye sahiptir (19).

2.1.5.d Büyük partiküllü revetmanlarla çalışıldığında mum model ile revetman arasında geniş boşluklar oluşur. Bu boşluklara ergimiş haldeki metalin girmesi döküm yüzeyinin pürüzlü olmasına neden olur (8, 19, 70). Genel olarak ince grenli revetmanlarla çalışıldığında daha pürüzsüz dökümler elde edilir (13).

2.1.5.e Revetman kalıbın fazla ısıtılması pürüzlülükte etkili diğer bir faktördür (9, 19, 70, 80). Özellikle alçı bağlantılı revetmanlar çok yüksek sıcaklıklarda dekompoze olurlar. Bunun sonucunda sülfür dioksit ve sülfür trioksit açığa çıkarak dökümün pürüzlü olmasına neden olur (9, 19).

2.1.5.f Dökümü yapılan materyal ile revetmanın reaksiyona girmesi pürüzlü dökümlere neden olur (19).

2.1.5.g Revetman kalıp içerisinde oluşan istenmeyen gazların tahliye olabilmesi için mum model etrafındaki revetman kalınlığı çok fazla olmamalıdır. İdeal olarak mum model manşetin açık yüzeyinden 6 mm'den daha fazla aşağıda konumlanmamalıdır (6). Mum modelin çok derinde konumlanması erimiş metalin revetman kalıbı tam olarak dolduramaması sonucu " geri basınç porözitesine " neden olur (6).

2.1.5.h Revetmanın elde spatülle karıştırılması yerine özel karıştırma cihazında vakum altında karıştırılması ve revetmanın sertleşirken basınç altında tutulması döküm yüzeyindeki pürüzlülüğü ve döküm incilerinin olma olasılığını azaltmaktadır (19, 20, 84).

2.2 ZEOLİT MİNERALİ

2.2.1 TANIM VE TARİHÇE

Zeolit kelime olarak, Yunanca'da “ kaynayan taş ” anlamındadır (37, 38). İlk kez 1756 yılında İsveçli mineralog Freiherr Axel Fredrick Cronstedt tarafından bir bakır madeninde bulunmuştur (38). Cronstedt, bulmuş olduğu ilk zeolit mineralini ısıttığında mineralden kaynamaya benzer şekilde su köpüğü oluştuğunu görmüş ve bu nedenle bulduğu yeni mineral için zeo: kaynama, lithos: taş köklerinden oluşan kaynayan taş ifadesini kullanmıştır.

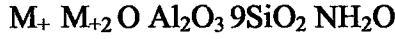
Zeolitler, genel anlamda içersinde alkali ve toprak alkali elementler bulunan kristal yapıda sulu silikatlardır (37, 38, 52, 85). Doğada genellikle volkanik kökenli kayaların boşluklarında, jeolojik ve iklimsel şartlara bağlı olarak oluşurlar (37, 38).

Bir mineral türü olarak 1750'lerden buyana bilinmesine rağmen, endüstriyel alandaki önemi ancak bulunduktan iki asır sonra anlaşılabilmiştir. 1927 yılında x ışınlarının, minerallerin tesbitinde kullanılmaya başlanmasından sonra 1930 yılında Taylan tarafından ilk kez zeolitin kristal yapısı belirlenmiştir (38). Zeolitlerin kristal yapılarının belirlenmesiyle birlikte, yüksek iyon değiştirebilme kapasiteleri (41, 42), adsorbsiyon (37, 38, 40) ve moleküler elek özellikleri (42, 86) tanınmış oldu. Ancak o yıllarda sadece volkanik kayaç çatlak ve oyuklarında bulunduğu düşünülüyordu. Doğal zeolit kaynaklarının endüstriyel uygulamalar için yetersiz kalacağı düşüncesiyle, sentetik zeolit üretim fikri gelişmiştir. Bu amaçla, 1948 yılında bir amerikan firması olan Union Carbide Corporation tarafından başlatılan zeolit sentezine yönelik araştırmalar olumlu sonuç vermiştir. Bugün piyasada 250' den fazla yapay zeolit minerali mevcuttur.

Ülkemizde ise ilk olarak, ancak 1971 yılında Gölpazarı - Göynük civarında varlığı bildirilmiştir. İlk zeolit üretimi ise, “ İncal madencilik ” tarafından 1995 yılında Gördes zeolitlerinin işlenmesiyle başlamıştır (38).

2.2.2 KRİSTAL YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI

Zeolitler, genel anlamda içersinde alkali, toprak alkali elementler ve su bulunduran üç boyutlu kristal yapıya sahip silikat yapılardır (37, 38, 52, 85). İskelet yapılarındaki silisyum / alüminyum (Si / Al) oranlarının, içerdikleri katyon cinsinin ve miktarlarının farklılık göstermesine rağmen; aşağıdaki genel formül ile ifade edilebilirler:



Burada M_+ , bir alkali katyon olup genellikle sodyum (Na^+), potasyum (K^+), nadiren de lityum (Li^+) olur. M_{+2} ise, bir toprak alkali katyondur ve genellikle magnezyum (Mg^{+2}), kalsiyum (Ca^{+2}), demir (Fe^{+2}), nadiren de baryum (Ba^{+2}), silisyum (Si^{+2}) olur (38, 87). Kristal yapının temel birimi silisyumoksit (SiO_4) veya alüminyumoksit (AlO_4) tetrahedralleridir. Buna birincil yapı ünitesi denilmektedir. Birincil yapı üniteleri, yapılarında bulunan oksijen atomlarından birini karşılıklı paylaşarak ikincil yapı birimlerini oluştururlar. İkincil yapı birimleri de üç boyutlu olarak farklı şekillerde birleşip farklı çap ve boyutlarda kanallar meydana getirerek zeolit kristallerinin mikro gözenekli son yapısını oluştururlar (37, 38). Zeolit kristallerinin yapısındaki su molekülleri ve değişebilir katyonlar bu kanallarda bulunurlar. Kanal veya boşluk miktarı toplam hacmin % 30'u ile % 50'si arasındadır (37, 38).

Zeolitlerin sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın sınıflandırma şekli ikincil yapı birimlerine göre yapılan sınıflandırmadır. Bunun haricinde daha dar anlamda zeolitleri kanal açıklıklarına göre dar, orta ve geniş kanallı, Si / Al oranlarına göre düşük, orta ve yüksek silikalı ve doğadan elde edilip edilmemesine bağlı olarak sentetik veya doğal olarak sınıflandırabiliriz. Zeolitler, ikincil yapı birimleri esas alındığında Tablo 2.1'de görüldüğü gibi 7 ana gruba ayrılırlar.

Tablo 2.1: Zeolitlerin ikincil yapı birimlerine göre sınıflandırılması

GRUP	İkincil yapı birimi
1	Tek dörtlü halkalı (S4R)
2	Çift dörtlü halkalı (D4R)
3	Tek altılı halkalı (S6R)
4	Çift altılı halkalı (D6R)
5	Kompleks 4-1 (T_5O_{10})
6	Kompleks 5-1 (T_8O_{16})
7	Kompleks 4-4-1 ($T_{10}O_{20}$)

2.2.3 ZEOLİTLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Zeolitler, kristal yapılarındaki kanallar ve bu kanallarda yer alan değişebilir kationlar sayesinde, silikat grubu mineraller içinde özel bir yere sahip olan minerallerdir. Zeolitlerin farklı yapıları birtakım özelliklere sahip olmalarını ve bu özellikler nedeni ile de çok geniş bir alanda kullanılmalarını sağlar. Zeolitlerin genel özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz (38):

2.2.3.a Katalitik etki özelliği: Zeolitlere katalitik özellik kazandıran temel unsurlar; kristal yapıdaki mikrogözenekli kanallar, yapıdaki hidrojen ve hidroksil iyonları ile kationlardır. Mikrogözenekli kanallar kapiller etki sonucu bir basınç oluşturmakta ve bu da yapı içersine difüzlenen moleküllerin reaksiyon hızını arttırmaktadır.

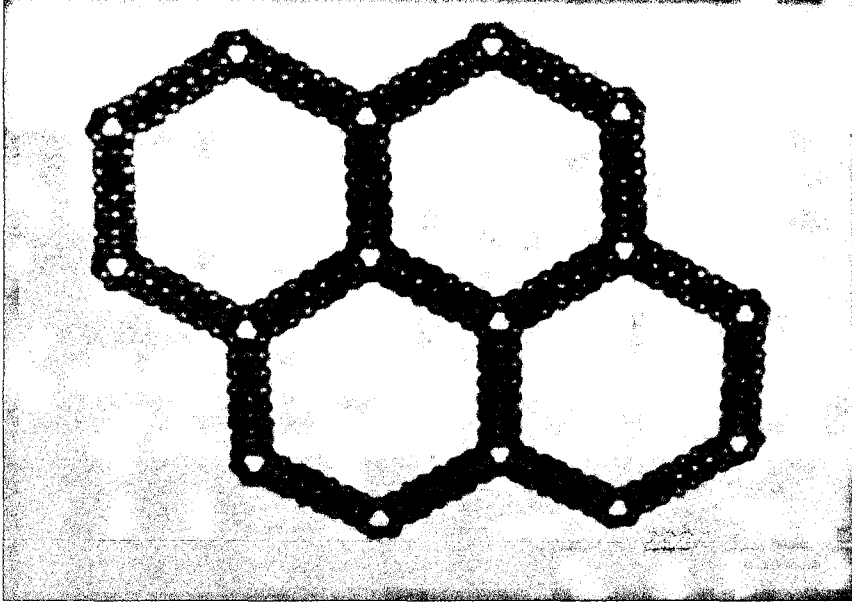
2.2.3.b İyon değiştirebilme özelliği: Bu özellik yapıdaki AlO_4 tetrahedrallerinden kaynaklanan negatif yükleri dengelemek için yerleşmiş bir veya iki değerli Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} gibi katyonlar sayesinde sağlanır. Bu katyonlar hem inorganik hem de organik katyonlarla yüksek iyon değiştirebilme kapasitesine sahiptir.

2.2.3.c Adsorpsiyon ve moleküler elek özelliği: Sahip oldukları düzenli yapıda ve belirli çaptaki mikrogözenekli kanallar sayesinde hem moleküler elek ve hem de adsorptif özellik kazanırlar. Kanalarda yeralan ve molekül geçişlerini engelleyen su molekülleri uzaklaştırılarak dehidrate hale getirilen zeolitlerin adsorptif ve moleküler elek özelliği artmaktadır.

2.2.4 DOğAL ZEOLİTLER

2.2.4.1 KLİNOPTİLOLİT VE KRİSTAL YAPISI

Klinoptilolit, 7 gruba ayrılan zeolitler içinde yedinci gruba dahil olan, kompleks 4-4-1 yapısında bir doğal zeolit mineralidir. Birim hücre formülü, $Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{30}]24H_2O$ şeklindedir (37). Yapıda sodyumdan başka en çok bulunan diğer katyonlar Ca^{++} , K^+ ve Mg^{++} 'dur. Kristal yapıdaki toplam boşluk hacmi % 34 olup Si / Al oranı ise 2.7 – 5.3 arasındadır. Klinoptilolit minerali kullanılmadan önce ısıl işlem ile aktive edilir. Sıcaklık $300 C^0$ olduğunda, klinoptilolit kanallarında yer alan su moleküllerinin büyük bir kısmı yapıdan uzaklaşmaktadır. Isıl işlem ile bir taraftan kanallardaki etkin gözenek çapını küçülten su molekülleri yapıdan uzaklaştırılarak klinoptilolitin adsorptif özelliği artırılır. Diğer taraftan da kanallardaki katyonların yerlerinin değişmesine neden olunur (38).



Resim 2.1: Zeolitin gözenekli kristal yapısı (J. M. Thomas ve W. J. Thomas, 1997)

2.2.4.2 KLİNOPTİLOLİTİN UYGULAMA ALANLARI

2.2.4.2.a Nükleer atıklardaki radyoaktif maddelerin uzaklaştırılmasında (38),

2.2.4.2.b Sanayi atık sularından kurşun, civa gibi ağır metallerin uzaklaştırılmasında (38, 44),

2.2.4.2.c Şehir atık sularından ve içme sularından toksik etkiye sahip amonyumun uzaklaştırılmasında (38, 44),

2.2.4.2.d Hava kirliliğine yol açan kükürt, korbondioksit ve benzeri gazların tutulmasında (38),

2.2.4.2.e Su sertliğinin giderilmesi ve içme suyu kalitesinin yükseltilmesinde (38),

2.2.4.2 f Gübre katkı maddesi olarak (38),

2.2.4.2.g Tarım topraklarının pH dengesinin sağlanmasında (38),

2.2.4.2.h Tarım ilaçları için taşıyıcı madde olarak (38),

2.2.4.2.ı Hayvan ağıllarındaki kötü kokuların giderilmesinde (38, 43),

2.2.4.2.i Hayvan yemi katkı maddesi olarak (38),

2.2.4.2.j Kanser tedavisinde (38, 45, 46),

2.2.4.2.k Şeker hastalığında glikoz adsorpsiyonunda (38),

- 2.2.4.2.1 Diyaliz cihazlarında azot adsorbsiyonunda (38),
- 2.2.4.2.m Akne tedavisinde (38),
- 2.2.4.2.n Diyare tedavisinde (38),
- 2.2.4.2.o Diş hekimliğinde gümüş (Ag) ile kombine edilerek kanal patı içinde (39),
- 2.2.4.2.ö Diş hekimliğinde Ag ile kombine edilerek doku düzenleyicilerin içinde (48, 49, 50, 51),
- 2.2.4.2.p Diş hekimliğinde Ag ile kombine edilerek doku düzenleyicilerin içinde (48, 49, 50, 51),
- 2.2.4.2.r Diş hekimliğinde Ag ile kombine edilerek ağız gargaraları içinde (47)
- 2.2.4.2.s Diş hekimliğinde Ag ile kombine edilerek geçici dolgu maddelerinin içinde (41),
- 2.2.4.2.ş İnşaat sanayinde hafif yapı elamanı olarak (38),
- 2.2.4.2.t Oksijen üretiminde (38) kullanılmaktadır

2.2.5 TÜRKİYE’DE DOĞAL ZEOLİT YATAKLARI

Ülkemizde ilk defa 1971 yılında Gölpazarı - Göynük civarında zeolit oluşumları saptanmıştır. Tablo 2. 2’ de Türkiye’ de tesbit edilmiş olan doğal zeolit yatakları ve türleri verilmiştir. Türkiye’de detaylı rezerv etüdü yapılmış tek zeolit sahası Manisa - Gördes civarındaki Maden Teknik Arama Enstitüsü tarafından (MTA) ruhsatlı alandır. Sahada 18 milyon ton görünür zeolit rezervi tesbit edilmiştir (38).

Tablo 2.2: Türkiye’ deki doğal zeolit yatakları

YÖRE	ZEOLİT TÜRÜ
Balıkesir - Bigadiç	Klinoptilolit
Manisa - Gördes	Klinoptilolit
Gediz - Hisarcık	Klinoptilolit
Kütahya - Şaphane	Klinoptilolit
Emet –Yukarı yoncağaç	Klinoptilolit
İzmir - Urla	Klinoptilolit
Kapodokya bölgesi	Klinoptilolit, Şabazit, Erionit
Polatlı, Mülk, Oğlakçı, Ayaş	Analsim
Nallıhan, Çayırhan, Beypazarı	Analsim
Bahçelik, Gölpaazarı, Göynük	Analsim
Kalecik, Çandır, Şabanözü, Hasayaz	Analsim

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN REVETMAN

Çalışmamızda içeriğinde karbon bulunmayan, Ni - Cr ve Cr – Co alaşımlarının dökümü için üretilmiş olan Fujivest II fosfat bağlantılı revetmanını (GC Europe N. V., B-3001 Leuven, Belgium, Lot no: 0305071) kullandık (Resim 3. 1). Çalışmamızda her bir deney örneğinin manşete alınması için 100 gr. revetman kullanıldı. Buna göre 1. grupta 1000 gr., % 2.5 zeolit ilave edilen 2. grupta 975 gr., % 5 zeolit ilave edilen 3. grupta 950 gr., % 7.5 zeolit ilave edilen 4. grupta 925 gr. ve % 10 zeolit ilave edilen 5. grupta ise 900 gr. olmak üzere toplam 4 kg. 750 gr. fosfat bağlantılı revetman kullanıldı. Revetmanın 23 C⁰ lik oda ısısında ve %100 konsantrasyonda özel solüsyonu kullanıldığında gösterdiği fiziksel özellikler aşağıdaki tabloda görülmektedir (88):

Tablo: 3.1: Çalışmamızda kullandığımız fosfat bağlantılı revetmanın fiziksel özellikleri

Sertleşme genişmesi	% 2.5
Isısal genişme	% 1
Toplam genişme	% 3.3
Çalışma süresi	6 dk.
Akıcılık	63 mm



Resim 3. 1 Çalışmamızda kullandığımız Fujiinvest II fosfat bağlantılı revetman

3.2 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN METAL

Çalışmamızda metal destekli porselen restorasyonların alt yapısının hazırlanmasında kullanılan Wiron 99 (Bego, Bremen, Germany, Lot no: 50225) kıymetsiz metal alaşımını kullandık. Bu alaşım berilyum içermeyen, sabit protetik restorasyon yapımında kullanılan Ni - Cr metal alaşımıdır. İçeriğinde, % 65 nikel, % 22.5 krom, % 9,5 molibden, % 1 niyobyum, % 1 silisyum, % 0.5 demir, % 0.5 selenyum ve maksimum % 0.02 oranında karbon bulunmaktadır (89). Çalışmamızda her bir deney örneğinin dökümü için yaklaşık 5.5 gr ağırlığında olan metal külçelerden 2 adet kullanılmıştır. Çalışmamızda kullandığımız metalin fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (89)

Tablo: 3. 2 Çalışmamızda kullandığımız baz metal alaşımın fiziksel özellikleri

Renk kodu	gümüş
Yoğunluğu	8,2 gr / cm ³
Döküm ısısı	1420 C ⁰
Elastiklik modülü	205.000 (MPa)
Uzama sınırı	330 (MPa)
Vickers sertliği	180
Ergime aralığı	1310 -1250 C ⁰

3.3 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN AKRİLİK MATERYALİ

Çalışmamızda deney örneklerinin yapımında, ağız içinde de kullanılabilen ve özellikle implant üst yapılarının hazırlanmasında modelaj maddesi olarak kullanılan Pattern resin LS (GC Europe N. V., B-3001 Leuven, Belgium, Lot no: 0304151) akrilik materyalini kullandık (Resim 3.2). Deney örneklerinin mum yerine akrilikten hazırlanması sayesinde döküm öncesi çap, kalınlık ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, örnekler herhangi bir şekil değişikliğine uğramadan yapıldı. Çalışmamızda kullandığımız akrilik materyalin fiziksel özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (90):

Tablo 3. 3: Çalışmamızda kullandığımız akrilik materyalinin fiziksel özellikleri

Polimerizasyon büzülmesi (30 dakika sonra)	% 0,36
Polimerizasyon büzülmesi (24 saat sonra)	% 0,37
Bükülme direnci (37 C ⁰ , 10 dakika sonra)	63 Megapaskal (MPa)
Sertleşme süresi	4 dakika



Resim 3. 2: Çalışmamızda kullandığımız Pattern Resin LS akrilik materyali

3.4 ÇALIŞMAMIZDA KULLANILAN ZEOLİT MİNERALİ, KİMYASAL BİRLEŞİMİ VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Çalışmamızda Manisa - Gördes bölgesindeki MTA ruhsatlı alandan alınan doğal zeolitlerden klinoptilolit mineralini kullandık. Kimyasal analiz için, Gördes zeolit havzasından alınan toz numune öncelikle 105 C⁰'de ısıtılma tabi tutulmuştur. Daha sonra toz numuneyi oluşturan majör ve minör elementler x - ray floransans analizi ile tesbit edilmiştir (91). Tablo 3.4'de, Gördes klinoptilolitlerinin yapısında bulunan majör elementler, Tablo 3.5'de minör elementler, tablo 3.6'da ise fiziksel özellikleri görülmektedir:

Tablo 3.4: 1996 yılı kimyasal analiz raporuna göre Gördes klinoptilolitlerini oluşturan majör elementler

ELEMENT	KONSANTRASYON (%)
SiO ₂	65.72
Al ₂ O ₃	10.88
TiO ₂	0.07
Fe ₂ O ₃	1.9
Na ₂ O	0.65
K ₂ O	2.98
CaO	2.55
MgO	0.98
P ₂ O ₃	0.035
SO ₃	0.06
Glv	14.10

Tablo 3. 5: 1996 yılı kimyasal analiz raporuna göre Gördes klinoptilolitlerini oluşturan minör elementler

ELEMENT	KONSANTRASYON (mg / kg)
As	35
Ba	342
Br	5.5
Cd	1.4
Cl	189
Cr	18
Cu	< 3
F	331
Hg	< 0.3
Mn	358
Mo	25.4
Ni	6
Pb	85
Sb	8,7
Se	1.3
Sn	7
Ti	1.9
Zn	41
Zr	92

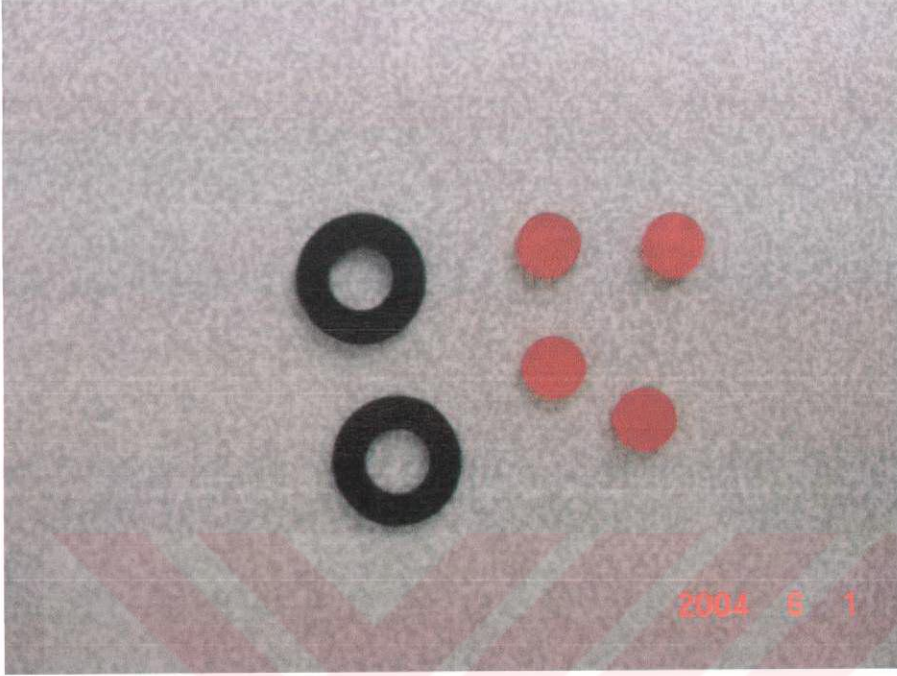
Tablo 3.6: Çalışmamızda kullandığımız klinoptilolit mineralinin fiziksel özellikleri

Renk	Grimsi beyaz
Yoğunluk	1.2 – 1.42 gr / cm ³
Su tutma kapasitesi	% 25.1 - 36
Erime derecesi	130 C ⁰
Kasyon değişirme kapasitesi	1.8 mequival / gr.
MOH' s sertliği	3.5 - 4
Partikül büyüklüğü	D ₅₀ = 9.68 μm
Görünür porözite	% 35.6 – 43.1

3.5 DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI

Çalışmamızda, revetman kalıp içersine yerleştirmek üzere disk şeklinde 50 tane akrilik deney örneği hazırlandı. Akrilik numuneler, kompozit disklerin yapılması için literatürün (92, 93, 94) önerdiği şekilde, mikroskop camı ve asetat kağıdı kullanılarak hazırlandı. Her deney örneğinin yapımı için akıcı kıvamdaki akriliğin döküldüğü içi boş plastik silindirler kullanıldı (Resim 3.3). Düz bir zemin üzerine yerleştirilen mikroskop camının üzerine akriliğin hava ile temasını tamamı ile kesmek için asetat kağıdı koyuldu. Asetat kağıdı üzerine yerleştirilen plastik silindirin içersine akıcı kıvamda hazırlanan akrilik döküldü. Akriliğin üstü tekrar asetat kağıdı ve mikroskop

camı ile kapatılarak parmak basıncı ile polimerizasyon tamamlanıncaya kadar yaklaşık 3 dakika beklendi (Resim 3.4).



Resim 3.3 : Deney örneklerinin hazırlandığı içi boş silindirler

Her deney örneği yapılırken yeni bir plastik silindir kullanıldı. Silindirlerin çap uzunluklarıyla kalınlıkları arasında fabrikasyon olarak küçük farklılıklar bulunduğu için hazırlanan deney örneklerinin çap ve kalınlıkları da birbirinden farklılık gösterdi. Akrilik deney örneklerinin çapları, döküm öncesi ölçüm sonuçlarına göre 9.13 – 9.24 mm, kalınlıkları da 2.80 – 2.83 mm arasında değişmektedir.

Hazırlanan deney örneklerinin kenarları, ölçüm yaparken daha iyi sonuç alabilmek için 240 No'lu (Atlas abrasiv, İngiltere) silikon karbit kağıt zımpara ile zımparalandı. Deney örneklerinin alt ve üst yüzeylerine dokunulmadı.

Elde edilen numuneler rastgele olacak şekilde, 10'dan 59'a kadar numaralandırıldı ve her bir numune aynı şekilde numaralandırılmış küçük plastik şişelere ayrı ayrı koyuldu. Böylelikle, 10 - 19 arası 1. grup, 20 - 29 arası 2. grup, 30 - 39 arası 3. grup, 40 - 49 arası 4. grup ve 50 - 59 arası 5. grup olacak şekilde deney örnekleri 10 numunedan oluşan 5 gruba ayrıldı. Birinci grup, kontrol grubu olarak seçildi. Deney örnekleri

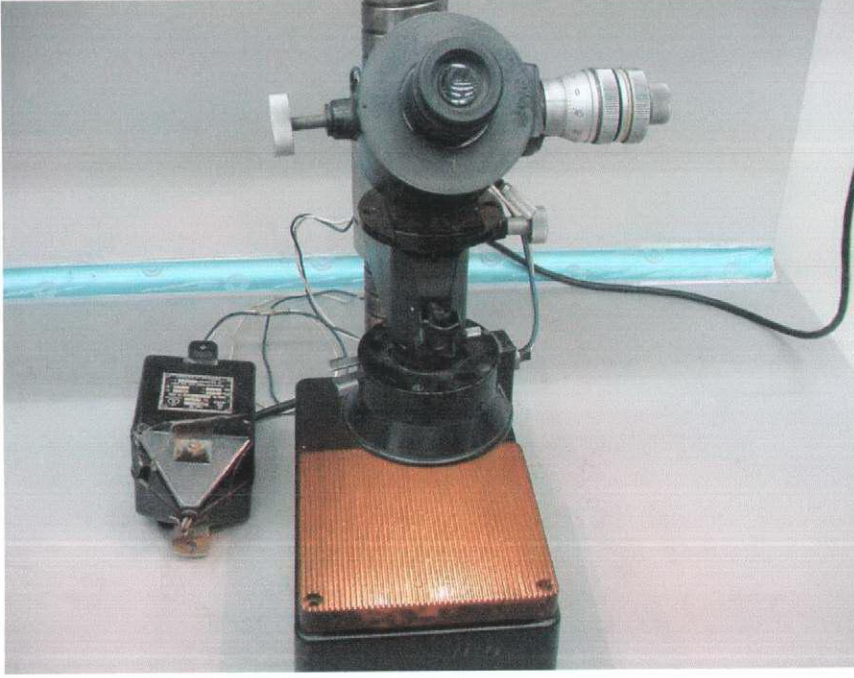
gruplara ayrıldıktan sonra döküm öncesi kenar kalınlığı, çap uzunluğu ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapıldı.



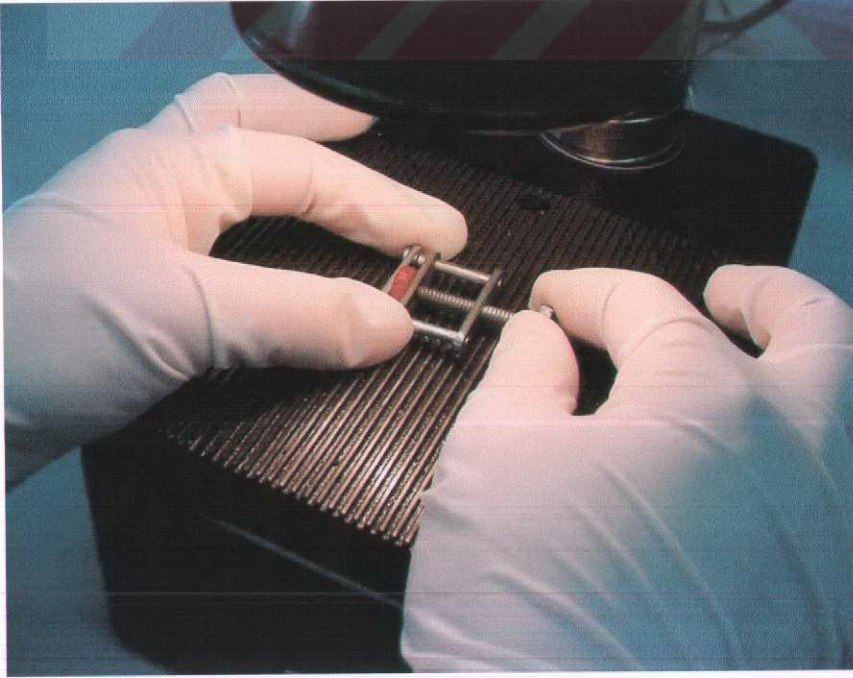
Resim 3.4: Deney örneklerinin mikroskop camı arasında hazırlanışı

3.6 DÖKÜM ÖNCESİ ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI

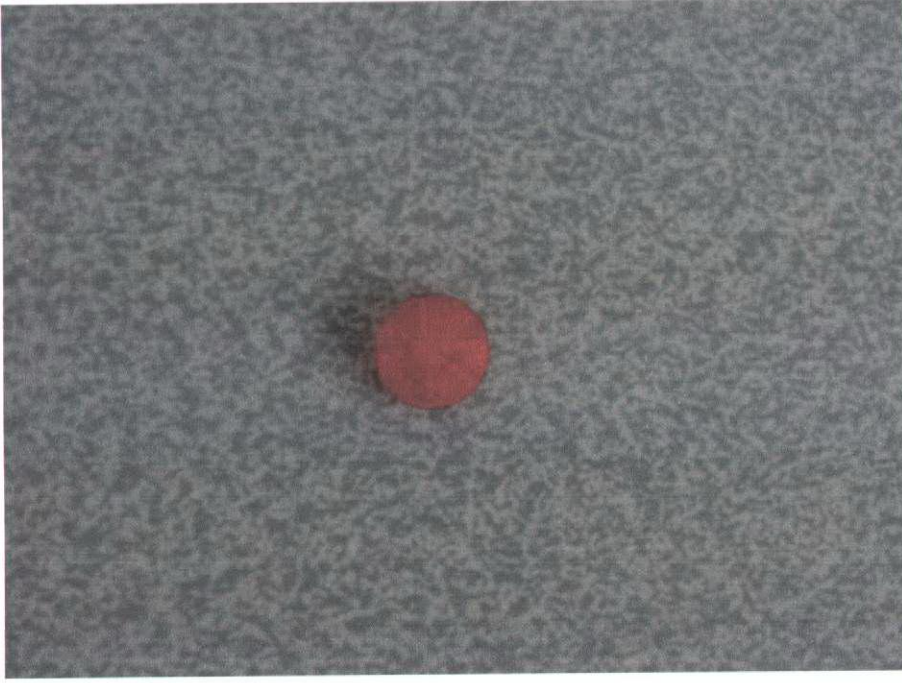
Çalışmamızın kalınlık ve çap uzunluğu ölçümleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya – Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda var olan mikroskoplar da yapıldı. Kalınlık ölçümlerini yapmak için deney örneklerinin kenarında 3 ayrı bölgede referans noktaları oluşturuldu. Referans noktalarının birbirinden ayrılabilmesi için farklı frezlerle çalışarak farklı karakterde izler oluşturuldu. Daha sonra 50 büyütme ve 0.01 mm hasasiyetindeki stereo mikroskopunda (Carl Zeiss Jena, 962, Germany) numunelerin kenarında oluşturulmuş olan 3 farklı referans noktasından kalınlık ölçümleri yapıldı (Resim 3.5). Mikroskop altında ölçüm yaparken deney örneklerini dik konumlandırabilmek ve örnekler arası standardizasyonu sağlamak için metal tutucu kullanıldı (Resim 3.6). Elde edilen 3 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her bir numunenin ortalama kalınlığı milimetre cinsinden kaydedildi.



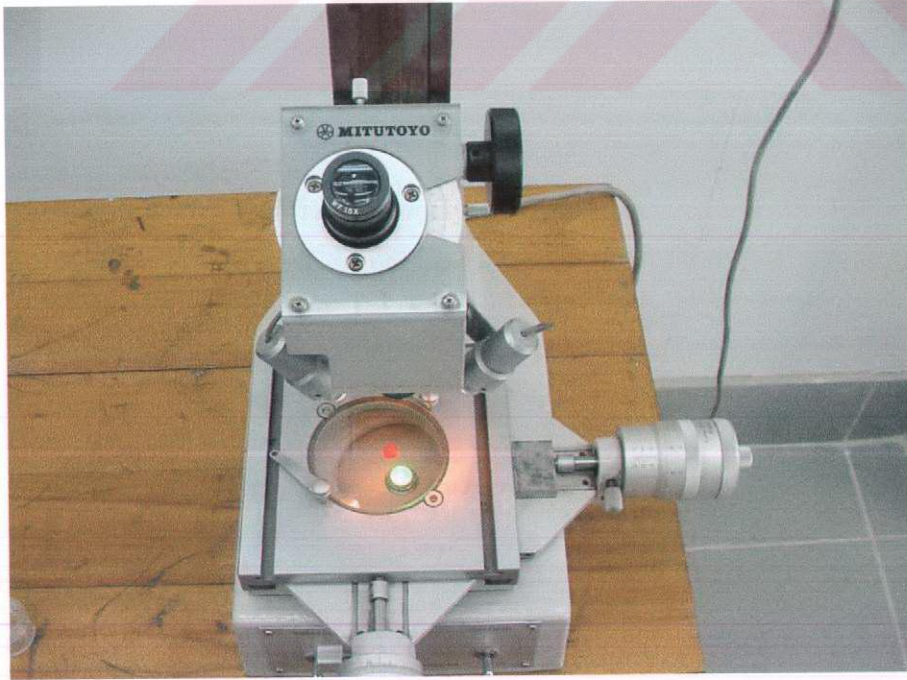
Resim 3.5: Kalınlık ölçümlerinin yapıldığı Carl Zeiss Jena 962 stereo mikroskobu



Resim 3. 6: Kalınlık ölçümlerinde kullanılan metal tutucu



Resim 3.7: ap lümlerinin yapıldığı referans çizgileri



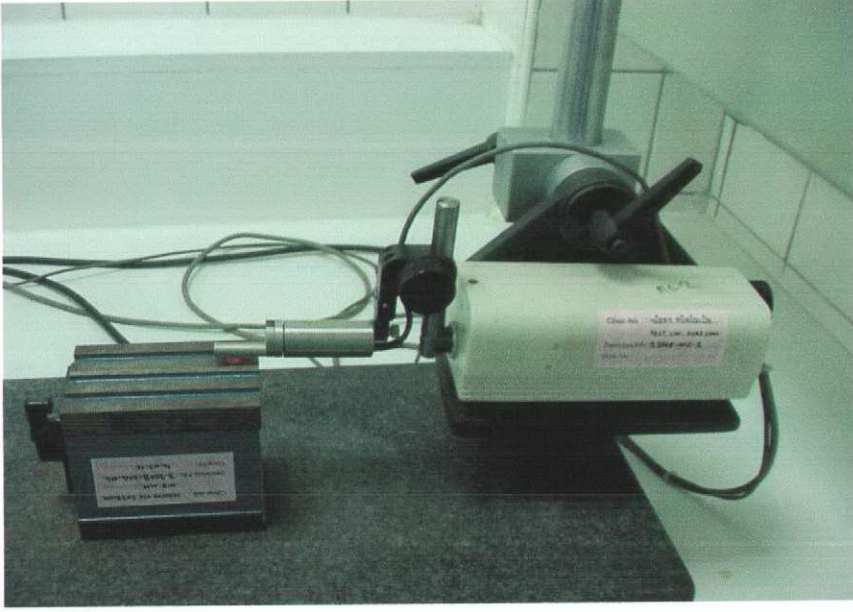
Resim 3.8: ap lümlerinin yapıldığı Mitutoyo Profil Projektörü

Çap uzunluklarının ölçülebilmesi için deney örneklerinin bir yüzeyinde 3 farklı bölgede ve farklı karakterde referans çizgileri oluşturuldu (Resim 3.7). Tüm gruptaki numunelerin çap uzunlukları 50 büyütme, ölçüm hassasiyeti 0.01 mm olan atölye mikroskopunda (Mitutoyo shadow projector, Tokyo, Japon) DIN 7184 (96) standartlarında belirtilen kurallara uygun olarak ölçüldü (Resim 3.8). Mikroskop tablasının 360° dönebilmesi sayesinde çap uzunlukları 3 ayrı ekseninde okundu. Her ölçüm 3 kez tekrarlandı. Elde edilen 9 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her numunenin döküm öncesi ortalama çap uzunluğu milimetre cinsinden kaydedildi.

Çalışmamızın yüzey pürüzlülük ölçümleri Türk Standartları Enstitüsü Kalite Kampüsünde bulunan ve ölçüm aralığı 4 mm olan yüzey analiz cihazı (Surfcom 120 A, Seimutsu Co., Ltd., Japan) ile yapılmıştır. Ölçümler, her numunenin referans noktası oluşturulmamış yüzeyinin merkezinden DIN 4762 (95) standartlarında belirtilen kurallara uygun olarak yapıldı.(Resim 3.9). Her numune için 3 ölçüm yapıldı ve bu 3 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her numune için R_a değerleri mikrometre (μm) cinsinden kaydedildi.

3.7 DENEY ÖRNEKLERİNİN DÖKÜM İÇİN HAZIRLANMASI VE DÖKÜM İŞLEMİ

İlk ölçümleri tamamlanan deney örnekleri 3 mm çapında ve 1.8 cm uzunluğundaki tij mumu (Renfert, Germany) ile tek tek tijlendi. Daha sonra, 3 cm çapında ve 4.5 cm yüksekliğindeki manşetlere kenarda oluşturulan referans noktalarının arasından dik olarak yerleştirildi. (Resim 3.10). Deney örnekleri ile manşetin üst yüzeyi arasında her manşette standart olarak 5 mm bırakıldı. Daha sonra her bir grupta kullanılacak olan revetman tozu, kontrol grubu dışındaki gruplara zeolit minerali katılarak hazırlandı. Revetman tozuna zeolit minerali ilave edilirken ölçüm aralığı 1gr. - 2 kg. olan ve ± 1 gr. hassasiyetle ölçüm yapan hassas terazi (Extent, EK 3052-P, China) kullanılmıştır



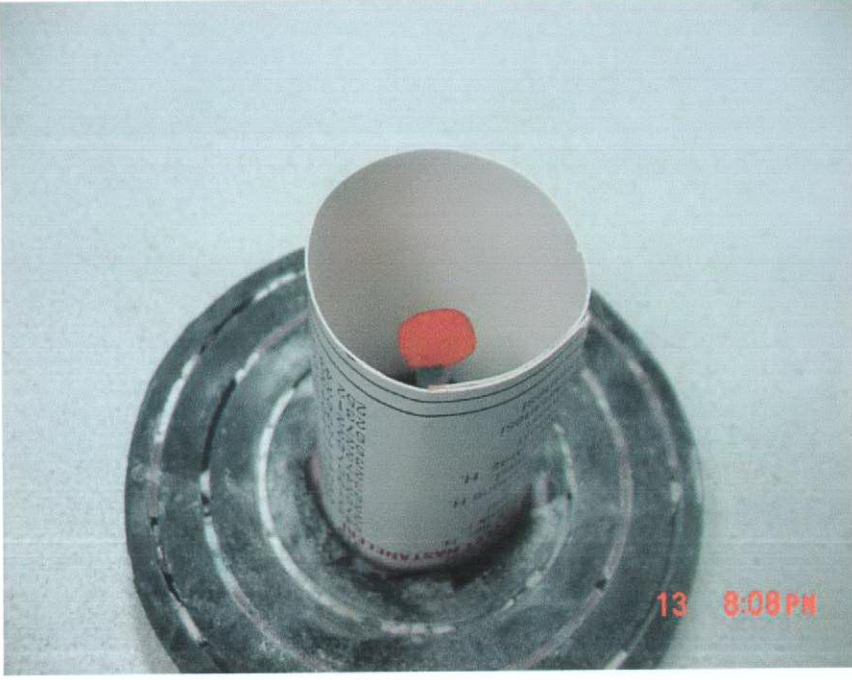
Resim 3.9: Ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinin yapıldığı Surfcorm 120 A cihazı

(Resim 3.11). Revetman ile zeolitin tam olarak karışmasını sağlamak amacı ile karışım cam kavanoz içinde literatürde (84, 97) bahsedildiği şekilde 2 dakika boyunca ters yüz edilmiştir. Revetman özel genleşme solüsyonu kullanılmadan % 100 distile suyla hazırlanmıştır. Zeolit ilave edilen gruplarda, çalışmamızda kullandığımız

klinoptilolit mineralinin % 25 - % 36 arasında su tuma özelliği olduğu için, yeterli akışkanlığı sağlamak amacı ile distile su miktarı artırılmıştır. Her bir deney grubunda kullanılan revetman, zeolit ve distile su miktarı aşağıdaki tabloda görölmektedir:

Tablo 3. 7 : Deney gruplarında kullanılan revetman, zeolit ve distile su miktarları

GRUP	REVETMAN	ZEOLİT	DİSTİLE SU
1. Grup (% 0 Zeolit)	10 x 100 gr.	-	10 x 22 mlt.
2. Grup (% 2.5 Zeolit)	10 x 97.5 gr.	10 x 2.5 gr.	10 x 22.5 mlt.
3. Grup (% 5 Zeolit)	10 x 95 gr.	10 x 5 gr.	10 x 23 mlt.
4. Grup (% 7.5 Zeolit)	10 x 92.5 gr.	10 x 7.5 gr	10 x 23.5 mlt.
5. Grup (% 10 Zeolit)	10 x 90 gr.	10 x 10 gr.	10 x 24 mlt.



Resim 3.10: Manşet içine yerleştirilmiş deney örneği



Resim 3.11: Revetmana zeolit ilave edilirken kullanılan hassas terazi

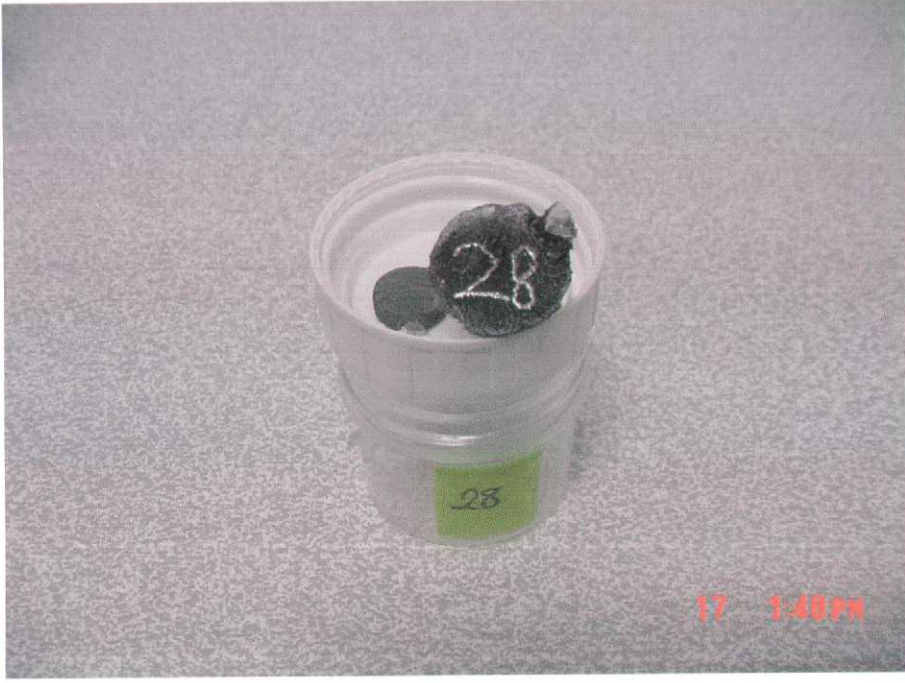
Tüm deney örnekleri tiplendikten ve revetman tozları hazırlandıktan sonra deney örneklerinin revetmana alınması işlemine geçildi. Deney örneklerinin revetmana alınması, mum uçurma ve döküm işlemleri sırasında, üretici firmaların önerilerine uyuldu. Revetmana alma işlemine 1. gruptan başlandı. Biası ortadan kaldırmak amacı ile, ilk önce her grupta 5 deney örneği revetmana alındı. İkinci aşamada ise son gruptan başlanarak geriye kalan diğer 5 deney örneği revetmana alındı. Tablo 3.7’de belirtilen miktarlardaki revetman tozu ve distile su önce spatülle 10 saniye karıştırıldıktan sonra, vakum makinesine (Smart - mix, Amann, Avusturia) koyuldu (Resim 3.12). Karışım 15 sn. vakum altında (-650 mm Hg) tutulduktan sonra dakikada 720 devir (rpm) olacak şekilde 60 sn. boyunca yine vakum altında mekanik olarak karıştırıldı. Deney örnekleri revetmana alındıktan sonra sertleşmesi için oda sıcaklığında (23 C⁰ / 73⁰ F) 20 dakika bekletildi. Her deney örneğinin numarası revetman sertleştikten sonra, üst yüzeyine işaretlendi. Manşetlerin üst yüzeyi keskin bir bıçak ile kazınarak sertleşmenin tamamlandığı anlaşıldıktan sonra, revetmana alma sırasındaki prosedür uygulanarak beşerli gruplar halinde manşetler soğuk haldeki fırına yerleştirildi. Fırının ısısı kademeli olarak arttırıldı. İlk önce ısı dakikada 3 C⁰ arttırılarak oda sıcaklığından 260 C⁰ ye getirildi ve bu sıcaklıkta 1 saat tutuldu. Daha sonra ısı dakikada 6 C⁰ arttırılarak 580 C⁰ ye getirildi ve bu sıcaklıkta yarım saat tutuldu. Son olarak ısı dakikada 9 C⁰ arttırılarak 900 C⁰ ye getirildi ve bu sıcaklıkta 40 dakika tutuldu. Mum uçurma işlemi tamamlanan manşetler fırından çıkartıldıktan hemen sonra santrifüjlü döküm makinesinde (DS1, Seit, İtalya) 1420 C⁰ de 45 sn. çevirim süresince döküm yapıldı (Resim 3.13). Dökümü yapılan manşetler oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı. Soğuma tamamlanınca üst yüzeydeki deney örneği numarası, manşetin altında kafa oluşturan metal üzerine frez yardımı ile kazındı (Resim 3.14) Daha sonra revetman kırılarak deney örnekleri manşetten çıkartıldı. Revetman kalıntıları deney örnekleri üzerinden el aletleri yardımı ile kabaca temizlendi. Ayrıntılı temizlik için, dökümler içinde en fazla % 7 oranında hidroflorik asit bulunan temizleme solüsyonuna (Ceramex, Renfert, Almanya) konularak, ultrasonik temizleyicide (EMS Finishing, İtalya) 12 dakika. tutuldu. Standardizasyonu sağlamak için, tüm laboratuvar işlemleri tek bir teknisyen tarafından aynı dış laboratuvarında aynı koşullar altında yapılmıştır.



Resim 3.12: Çalışmamızda kullanılan vakum cihazı



Resim 3.13 : Çalışmamızda dökümlerin yapıldığı santrifüjlü döküm makinesi



Resim 3.14: Deney örneklerinin dökümden çıktıktan sonra numaralandırılmış görüntüsü

3.8 DÖKÜM SONRASI ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI

Döküm sonrası kalınlık ölçümleri deney örneklerinin dökümden çıktığı şekliyle döküm öncesi ölçümleri ile aynı şekilde yapıldı. Döküm öncesi ölçümlerinin yapıldığı referans noktaları, döküm sonrasında da deney örneklerinin üzerinde aynı şekilde bulunuyordu. Ölçümler referans noktalarından aynı stereo mikroskop kullanılarak yapıldı. Elde edilen 3 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her numunenin döküm sonrası ortalama kenar kalınlığı mm. cinsinden kaydedildi

Döküm sonrası çap ölçümleri deney örneklerinin dökümden çıktığı şekliyle döküm öncesi ölçümleri ile aynı şekilde yapıldı. Ölçümler döküm üzerinde aynı şekilde bulunan referans noktalarından aynı atölye mikroskobu kullanılarak 3 kez yapıldı. Elde edilen 9 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her numunenin döküm sonrası ortalama çap uzunluğu mm. cinsinden kaydedildi.

Döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümleri deney örneklerinin dökümden çıktığı şekliyle aynı yüzden ve aynı ölçüm cihazı kullanılarak yapıldı. Her

numune için 3 ölçüm yapıldı ve bu 3 ölçümün aritmetik ortalaması alınarak her bir numune için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri μm cinsinden kaydedildi.

3.9 DÖKÜM SONRASINDA OLUŞAN HACİMSEL ARTIŞIN HESAPLANMASI

Döküm sonrasında deney örneklerinde meydana gelen hacimsel artış aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı:

Hacimsel Artış Formülü: $[(d_1^2 \times h_1) - (d_0^2 \times h_0) / (d_0^2 \times h_0)] \times 100 = \% X \text{ artış}$

d_1 = Döküm sonrası çap uzunluğu h_1 = Döküm sonrası kalınlık
 d_0 = Döküm öncesi çap uzunluğu h_0 = Döküm öncesi kalınlık

3.10 İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Her grubun, döküm öncesi çap, kalınlık ve ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ile döküm sonrası ölçümlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farklılık, Wilcoxon istatistiksel analiz testi ile değerlendirilmiştir.

Döküm öncesi çap, kalınlık ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aritmetik ortalamalarının gruplar arasındaki farklılığı Mann Whithney - U istatistiksel analiz testi ile değerlendirilmiştir.

Döküm sonrası çap, kalınlık ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aritmetik ortalamalarının, gruplar arasındaki farklılığı da Mann Whithney - U istatistiksel analiz testi ile değerlendirilmiştir. Döküm sonrasında deney örneklerinde meydana gelen hacimsel artış gruplar arasında yine Mann Whithney - U istatistiksel analiz testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde, % 95' lik güven aralığında değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

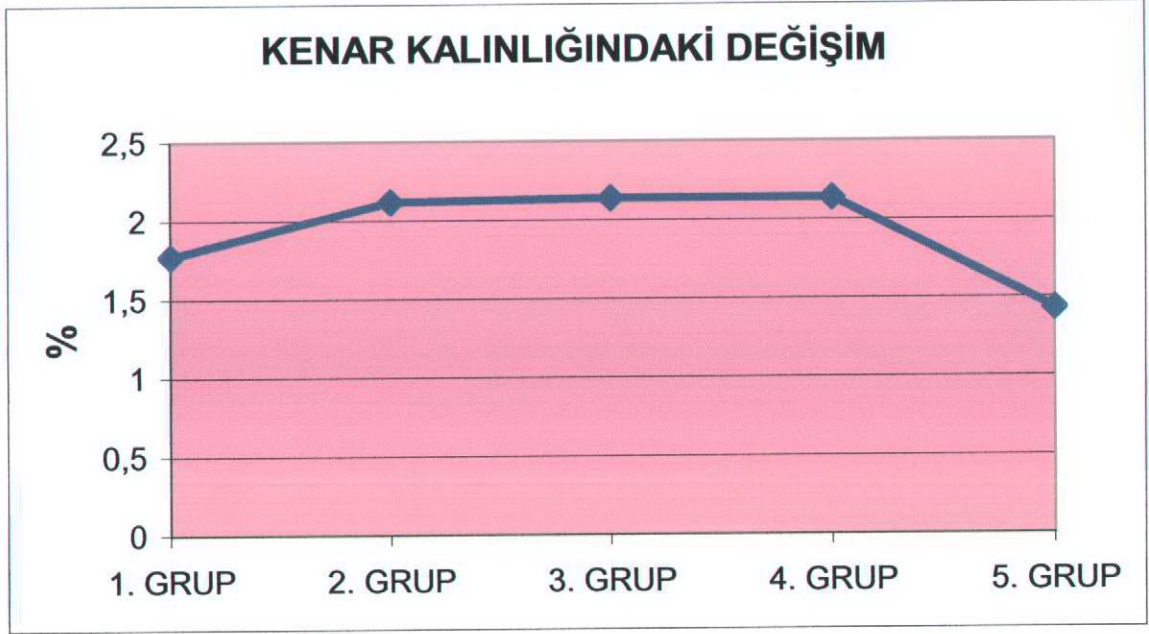
Bulguların değerlendirilmesinde, deney örneklerinin döküm öncesi ve döküm sonrası çap, kalınlık ve yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki fark esas alınmıştır. Ayrıca, döküm sonrası ve döküm öncesi ölçüm sonuçlarının, gruplar arasındaki farklılığından yararlanılmıştır.

4.1 Döküm öncesi ile döküm sonrası kalınlık değerlerinin karşılaştırılması

Çalışmamızın kalınlık ölçümleri bölümünden elde ettiğimiz verilere göre, döküm öncesi ile döküm sonrası ortalamalar arasındaki fark tüm gruplar için eksi değerdedir (Tablo 4.1). Diğer bir ifade ile döküm sonrasında tüm gruplarda kalınlık artışı tesbit edilmiştir (Grafik 4.1). Deney gruplarının, döküm öncesi ile döküm sonrası kalınlık değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistik sonuçlarına göre, ortalamalar arası fark tüm gruplarda anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.1) ($p < 0.05$). Grafik 4.1’ de görüldüğü gibi, kalınlık artışının en az olduğu grup % 1.43’lük artışla % 10 zeolit ilave edilen 5. gruptur. Kenar kalınlığındaki değişimin, en fazla olduğu gruplar ise % 2.14’lük artış ile % 5 zeolit ilave edilen 3. grup ve % 7.5 zeolit ilave edilen 4. gruptur.

Tablo 4.1: Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası kalınlık değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark

GRUP	“p” değeri	$X_{\text{önce}} - X_{\text{sonra}}$ (mm)	Fark (%)
1.GRUP _{önce} – 1. GRUP _{sonra}	p= 0.02	-0.05	1.77
2.GRUP _{önce} – 2. GRUP _{sonra}	p= 0.005	-0.06	2.12
3.GRUP _{önce} – 3. GRUP _{sonra}	p= 0.005	-0.06	2.14
4.GRUP _{önce} – 4. GRUP _{sonra}	p= 0.04	-0.06	2.14
5.GRUP _{önce} – 5. GRUP _{sonra}	p= 0.03	-0.04	1.43

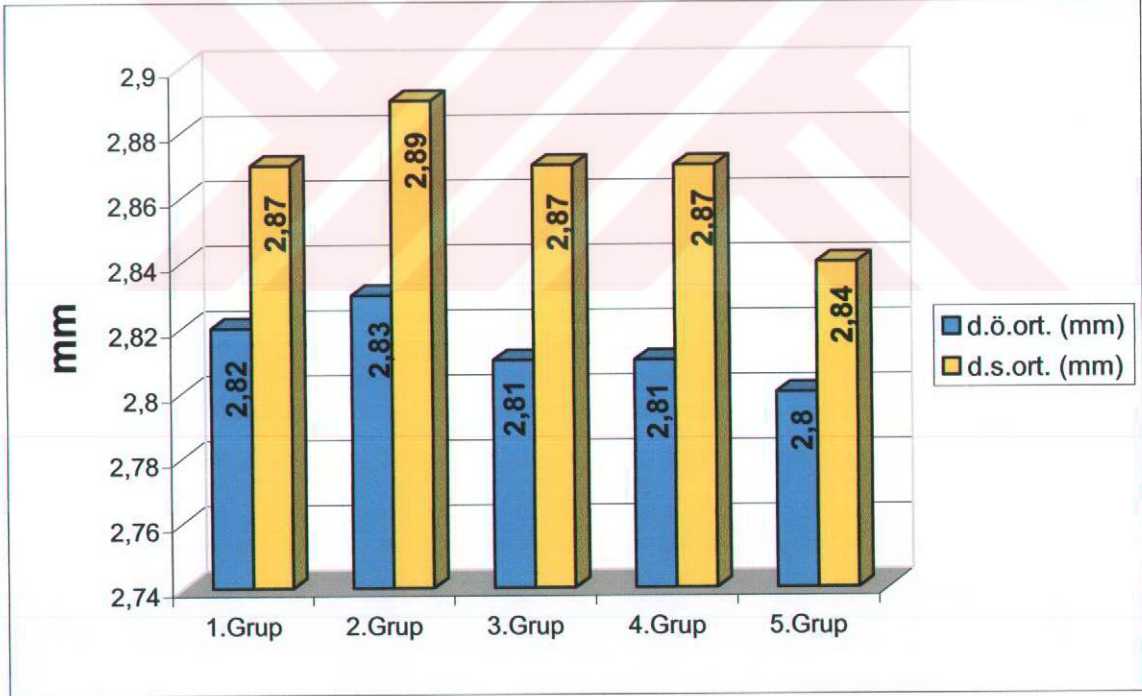


Şekil 4.1: Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin kalınlıklarında meydana gelen yüzdesel artışı gösteren grafik

Döküm öncesi kalınlık değerleri, gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmış ve anlamlı bir farklılığın olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.2) ($p > 0.05$). Döküm öncesi kalınlık verilerine göre, kalınlığın en fazla olduğu grup 2.83 mm ile 2. grup iken kalınlığın en az olduğu grup ise 2.8 mm ile 5. gruptur (Tablo 4.2) (Grafik 4.2). Döküm sonrası kalınlık değerlerinin ortalamaları da aynı istatistiksel analiz testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, % 2.5 zeolit ilave edilen 2. grup ile % 10 zeolit ilave edilen 5. grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Tablo 4.2’de görüldüğü gibi, kalınlığın en fazla olduğu grup döküm sonrasında da 2.89 mm ile 2. gruptur. Kalınlığın en az olduğu grup ise, yine döküm öncesinde olduğu gibi 2.84 mm ile 5. gruptur (Tablo 4.2) .

Tablo 4.2: Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası kalınlık değerleri

GRUP	n	$\bar{x}_{\text{önce}} (\text{mm}) \pm \text{sd}$	$\bar{x}_{\text{sonra}} (\text{mm}) \pm \text{sd}$
1.GRUP	10	2.82 ± 0.09	2.87 ± 0.09
2. GRUP	10	2.83 ± 0.1	2.89 ± 0.1
3. GRUP	10	2.81 ± 0.1	2.87 ± 0.1
4. GRUP	10	2.81 ± 0.1	2.87 ± 0.08
5. GRUP	10	2.8 ± 0.03	2.84 ± 0.05



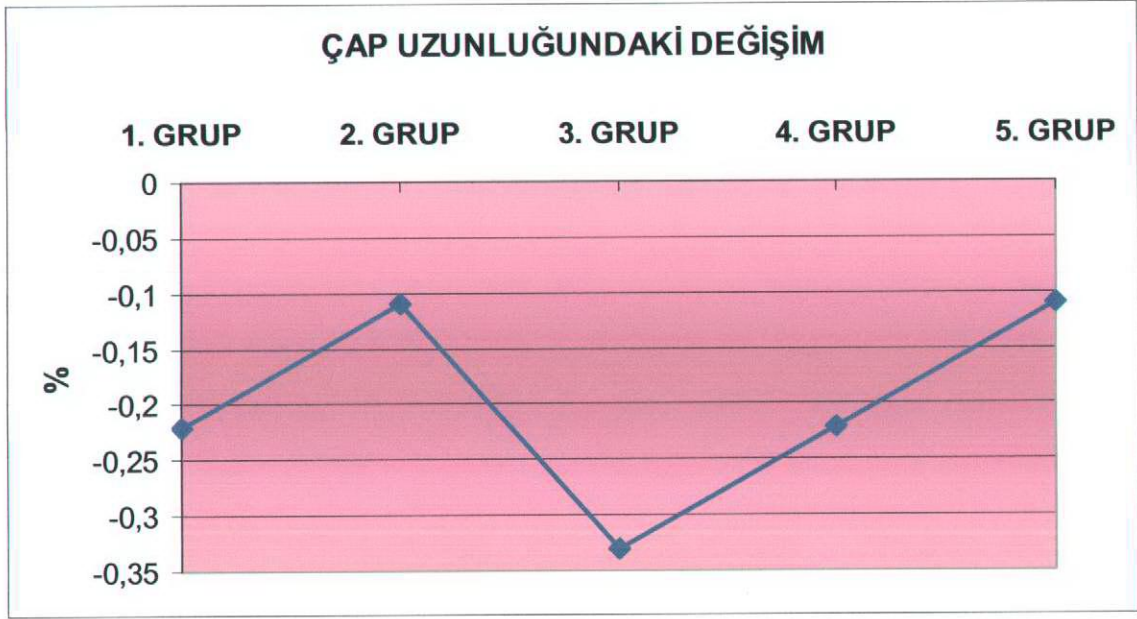
Şekil 4.2: Gruplara göre döküm öncesi ve sonrası kalınlık değerlerinin ortalamalarını gösteren grafik

4.2 Döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunluklarının karşılaştırılması

Çalışmamızın çap ölçümleri bölümünden elde ettiğimiz verilere göre, döküm öncesi ile döküm sonrası ortalamalar arasındaki fark tüm gruplar için artı değerdedir (Tablo 4.3). Ortalamalar arasındaki farkın artı değerde olması, döküm sonrasında tüm grupların çap uzunluğunun azaldığını göstermektedir (Grafik 4.3). Tüm grupların döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunlukları karşılaştırıldığında, 3. grubun döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunlukları arasındaki fark ileri derecede anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Ayrıca, 4. grubun döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunlukları arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.3) ($p < 0.05$). Diğer grupların döküm öncesi ve sonrası çap uzunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Tablo 4.3). Grafik 4.3’ de görüldüğü gibi, çap uzunluğundaki azalma % 0.11 ile en az % 2.5 zeolit ilave edilen 2. grup ile % 10 zeolit ilave edilen 5. gruptadır. Çap uzunluğundaki değişimin, en fazla olduğu grup ise % 0.33 ile % 5 zeolit ilave edilen 3. gruptur.

Tablo 4.3: Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası çap uzunluklarının istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark

GRUP	“p” değeri	$X_{\text{önce}} - X_{\text{sonra}}$ (mm)	Fark (%)
1.GRUP _{önce} – 1. GRUP _{sonra}	p= 0.37	0.02	-0.22
2.GRUP _{önce} – 2. GRUP _{sonra}	p= 0.21	0.01	-0.11
3.GRUP _{önce} – 3. GRUP _{sonra}	p= 0.0064	0.03	-0.33
4.GRUP _{önce} – 4. GRUP _{sonra}	p= 0.01	0.02	-0.22
5.GRUP _{önce} – 5. GRUP _{sonra}	p= 0.11	0.01	-0.11

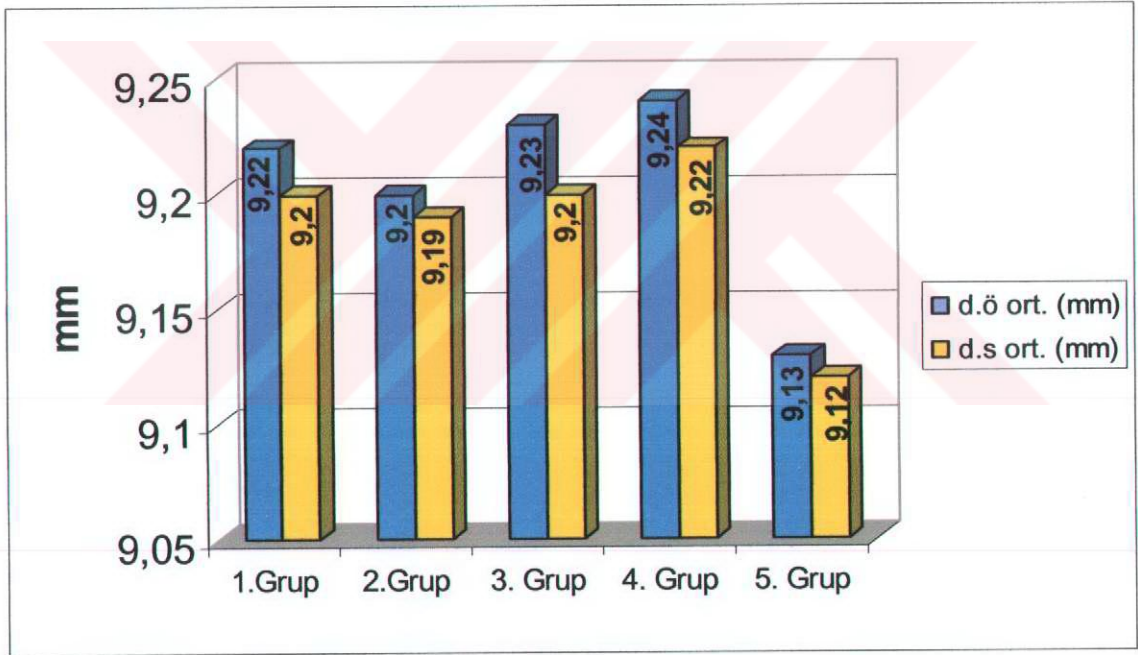


Şekil 4. 3: Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin çap uzunluklarında meydana gelen yüzdesele artış gösteren grafik

Döküm öncesi çap uzunlukları, gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, kontrol grubu olan 1. grup ile % 10 zeolit ilave edilen 5. grup, % 5 zeolit 3. grup ile % 10 zeolit ilave edilen 5. grup ve % 7.5 zeolit ilave edilen 4. grup ile % 10 zeolit ilave edilen 5. grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tesbit edilmiştir ($p < 0.05$). Döküm öncesi çap verileri incelendiğinde, çap uzunluğunun en fazla olduğu grup 9.24 mm ile % 7. 5 zeolit ilave edilen 4. gruptur. Çap uzunluğunun en az olduğu grup ise 9.13 mm ile % 10 zeolit ilave edilen 5. gruptur (Tablo 4.4) (Grafik 4.3). Döküm sonrası çap uzunlukları da, aynı istatistiksel analiz testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Döküm öncesi sonuçlarında olduğu gibi, döküm sonrasında da çap uzunluğunun en fazla olduğu grup 9.22 mm ile 4. gruptur. Çap uzunluğunun en az olduğu grup ise 9.12 mm ile 5. gruptur (Tablo 4.4). Döküm sonrasında da, 1. grup ile 5. grup, 3. grup ile 5. grup ve 4. grup ile 5. grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 4.4: Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası çap uzunlukları

GRUP	n	$\bar{x}_{\text{önce}} (\text{ mm }) \pm \text{sd}$	$\bar{x}_{\text{sonra}} (\text{ mm }) \pm \text{sd}$
1.GRUP	10	9.22 \pm 0.1	9.2 \pm 0.1
2. GRUP	10	9.2 \pm 0.06	9.19 \pm 0.05
3. GRUP	10	9.23 \pm 0.08	9.2 \pm 0.08
4. GRUP	10	9.24 \pm 0.08	9.22 \pm 0.08
5. GRUP	10	9.13 \pm 0.08	9.12 \pm 0.1



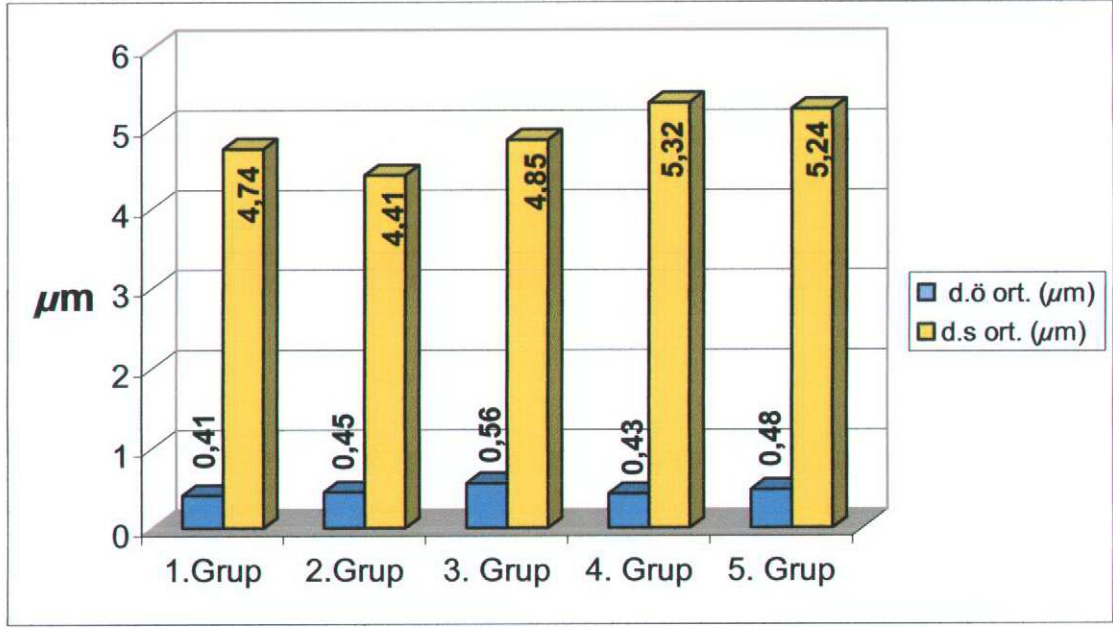
Şekil 4.2: Gruplara göre döküm öncesi ve sonrası çap uzunluklarının ortalamalarını gösteren grafik

4.3: Döküm öncesi ve sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması

Çalışmamızın ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinden elde ettiğimiz verilere göre, döküm öncesi ile döküm sonrası R_a değerlerinin ortalamaları arasındaki fark tüm gruplar için eksi değerdedir (Tablo 4.5). Diğer bir ifade ile döküm sonrasında tüm gruplarda ortalama yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Tüm grupların döküm öncesi ile döküm sonrası R_a değerleri, istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, ortalamalar arası fark tüm gruplarda anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 4.5). Grafik 4.5’de görüldüğü gibi, R_a değerindeki artışın en az olduğu grup $-3.96 \mu\text{m}$ ’lik artış ile % 2.5 zeolit ilave edilen 2. gruptur. Yüzey pürüzlülüğündeki artışın en fazla olduğu grup ise $-4.89 \mu\text{m}$ ’lik artış ile % 7.5 zeolit ilave edilen 4. gruptur .

Tablo 4.5: Grupların döküm öncesi ile döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi ve ortalamalar arasındaki fark

GRUP	“p” değeri	$X_{\text{önce}} - X_{\text{sonra}} (\mu\text{m})$
1.GRUP _{önce} – 1. GRUP _{sonra}	p=0.005	-4.33
2.GRUP _{önce} – 2. GRUP _{sonra}	p= 0.005	-3.96
3.GRUP _{önce} – 3. GRUP _{sonra}	p= 0.005	-4.29
4.GRUP _{önce} – 4. GRUP _{sonra}	p=0.005	-4.89
5.GRUP _{önce} – 5. GRUP _{sonra}	p= 0.005	-4.76



Şekil 4.5: Gruplara göre döküm öncesi ve sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalamalarını gösteren grafik

Döküm öncesi R_a değerlerinin ortalamaları, gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistik sonuçlarına göre, döküm öncesinde gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p < 0.05$). Ancak sayısal farklılık bulunmaktadır. Tablo 4.6' da görüldüğü gibi, döküm öncesinde R_a değerinin en az olduğu grup $0.41 \mu\text{m}$ ile kontrol grubudur. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün en fazla olduğu grup ise $0.56 \mu\text{m}$ ile 3. gruptur. Döküm sonrası R_a değerlerinin ortalamaları da aynı istatistiksel analiz testi ile değerlendirilmiştir. İstatistik sonuçlarına göre, döküm sonrasında da gruplar arasında ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$). Döküm sonrasında, R_a değerinin en az olduğu grup $4.41 \mu\text{m}$ ile 2. grup iken, en fazla olduğu grup ise $5.32 \mu\text{m}$ ile 4. gruptur (Tablo 4.6) (Grafik 4.5).

Tablo 4. 6: Gruplara göre döküm öncesi ve döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerler

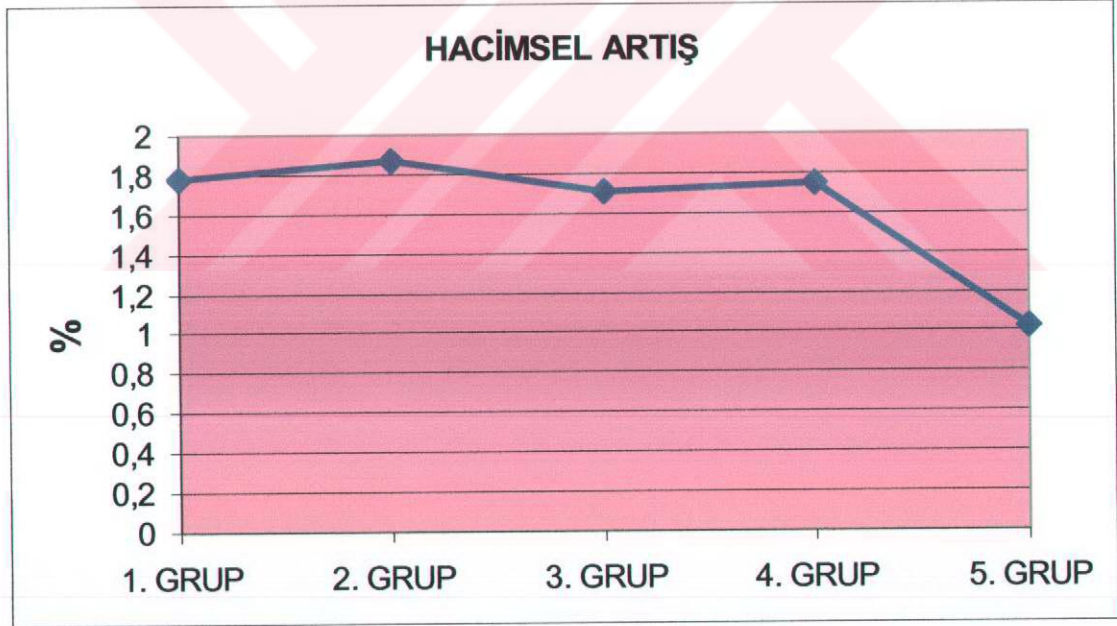
GRUP	n	$x_{\text{önce}}(\mu\text{m}) \pm \text{sd}$	$x_{\text{sonra}}(\mu\text{m}) \pm \text{sd}$
1.GRUP	10	0.41 ± 0.1	4.74 ± 1.95
2. GRUP	10	0.45 ± 0.18	4.41 ± 1.68
3. GRUP	10	0.56 ± 0.21	4.85 ± 2.66
4. GRUP	10	0.43 ± 0.12	5.32 ± 1.32
5. GRUP	10	0.48 ± 0.7	5.24 ± 1.82

4.4 Döküm sonrasında oluşan hacimsel artışın gruplar arasında karşılaştırılması

Çalışmamızda elde edilen verilerin, hacimsel artış formülüne uyarlanması sonucunda deney örneklerinin hacimsel olarak arttığı tesbit edilmiştir (Tablo 4.7). Elde edilen veriler gruplar arasında istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistik sonuçlarına göre, deney grupları arasında hacimsel artış açısından anlamlı bir farklılık yoktur (Tablo 4.7) ($p < 0.05$). Ancak sayısal farklılık bulunmaktadır. Grafik 4.7’de görüldüğü gibi, hacimsel artışın en fazla olduğu grup % 1.87 ile % 2.5 zeolit ilave edilen 2. gruptur. Hacimsel artışın en az olduğu grup ise % 1.03 ile % 10 zeolit ilave edilen 5. gruptur.

Tablo 4.7 : Döküm sonrasında deney gruplarında meydana gelen hacimsel artışın istatistiksel değerlendirmesi

HACİMSEL ARTIŞ				
GRUP	x (%)	sd	min	max
1. GRUP	1.78	2.29	-1.68	5.47
2. GRUP	1.87	0.96	0.39	3.37
3. GRUP	1.71	1.39	0.25	4.69
4. GRUP	1.75	2.9	-2.58	8.02
5. GRUP	1.03	1.51	-2.27	2.65



Şekil 4.6: Gruplara göre döküm sonrasında deney örneklerinin hacimlerinde meydana gelen yüzdesel artışı gösteren grafik

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Zeolitler, bal peteği şeklindeki kristalin yapılarından dolayı silikat grubu mineraller içinde özel yeri olan minerallerdir. Gözenekli yapıları sayesinde, azot, fosfor, klor gibi elementleri, ağır metal iyonlarını, radyoaktif ürünleri ve yağ, protein, glikoz ve metan gibi doğal gazları kolaylıkla tutabilirler (38). Moleküler elek ve adsorbsiyon özelliğinin yanı sıra yüksek iyon değiştirebilme özellikleri bulunmaktadır (37, 38). Özellikle, doğal zeolitler; eriyonite tipi hariç yapay zeolitlere göre daha biyouyumludurlar. Bu çok yönlü özelliklerinden dolayı, endüstrinin birçok alanında ve sağlık sektöründe aktif olarak kullanılmaktadırlar (38, 45, 46). Zeolitler, günümüzde kanal dolgu patları (39), doku düzenleyicileri (48, 49, 50, 51), geçici dolgu maddeleri (41) ve ağız gargaraları (47), içersine ilave edilerek diş hekimliğinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, sabit protetik restorasyonların dökümünde kalıp boşluğunu oluşturmak amacı ile üretilmiş olan fosfat bağlantılı revetmanın yapısına % 2.5 ile % 10 arasında değişen oranlarda zeolit minerali ilave edilmiştir. Zeolitın gözenekli kristal yapısından dolayı, revetman içine ilave edilmesi ile revetmanın geçirgenliğinin artacağı ve dökümün yüzey pürüzlülüğünün azalacağı düşünölmüştür. Çalışmamızda, dökümden çıkan örneklerin yüzey pürüzlölükleri araştırılırken, zeolit ilavesi ile revetman içindeki refrakter madde miktarının artmasıyla boyutsal değişimin nasıl etkileneceği de araştırılmıştır.

Yaptığımız kaynak taramasında, gerek revetmanın geçirgenliğini arttırarak amonyak gibi istenmeyen gazların filtre edilmesi gerekse refrakter madde özelliğinden dolayı revetmanın genişmesini kontrol etmek amacı ile revetman içine zeolit katılmasına rastlamadık.

Protetik restorasyonun klinik başarısında önemli rol oynayan yüzey pürüzlölüğü ve boyutsal değişiklik bugüne kadar birçok araştırmaya konu olmuştur (1, 9, 10, 12, 18, 19, 21, 23, 26, 62, 80, 82). Bu araştırmalarda yüzey pürüzlölüğü belirlenirken, ışık veya elektron mikroskobunda çekilmiş fotoğraflardan (9, 21, 22), döküm yüzeyini analiz eden cihazlardan (1, 12, 18, 19, 76, 80, 82) ve döküm yüzeyinin direkt olarak göz ile muayenesinden faydalanılmıştır (9, 20).

Çalışmamızda, yüzey pürüzlülüğü değerlendirilirken yüzey analiz cihazı kullanılan araştırmalar rehber olarak alınmıştır (1, 18, 19, 76, 82). Döküm yüzeyinin pürüzlülüğü bu çalışmalara benzer şekilde ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçülerek değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda, Johnson ve ark.'ın (19) çalışmalarına benzer şekilde pürüzlülük ölçümü döküm öncesinde de yapılmıştır. Bu ölçüm ile deney örneklerinin döküm öncesinde minimum pürüzlülükte olduğu belirlenirken, döküm öncesi ile döküm sonrası arasındaki fark da tesbit edilmiştir.

Literatürde, dökümde meydana gelen boyutsal değişikliğin araştırılmasında çok çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Konstantoulakis ve ark. (1), Ito ve ark. (2), Gelbard ve ark. (67), Tjan ve ark. (61), Açıkgöz ve ark. (24), Smith ve ark. (28), Low ve ark. (76), Teteruck ve ark. (69) kuron şeklindeki dökümlerin kenar uyumlarını güdük üzerinde mikroskopla inceleyerek boyutsal değişimi incelemiştir. Blackman (18), tip III altın alaşımından hazırladığı kuronların çap uzunluklarını bitim çizgisi hizasında mikroskop altında ölçmüştür. Saas ve ark. (26), köprü şeklinde hazırladıkları mum örneğin mesio - distal uzunluğunu döküm örneğin mesio - distal uzunluğu ile mikrometre kullanarak karşılaştırmıştır. Lacy ve ark. (57), boyutsal değişimi, silindir şeklinde hazırladıkları mum örneklerin çap ve boy uzunluklarını döküm örnekler ile karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Fusuyama (8), döküm hassasiyetini araştırdığı çalışmasında MOD tarzındaki dökümlerin vertikal yer değiştirme miktarını ölçmüştür. Ho ve ark. (10), kuron dökümlerin belirli bölgelerine açtıkları çentiklerin boyutsal değişimini araştırmıştır. Blackman ve ark. (75), titanyumdan dökükleri iskelet protezlerin vertikal ve horizontal düzlemlerdeki boyutsal değişimini, referans noktaları arasındaki mesafeleri ölçerek değerlendirmişlerdir.

Biz çalışmamızda boyutsal değişimi değerlendirirken, Lacy ve ark.'ın (57), revetmanın sertleşme genişmesini ve dökümün boyutsal değişimini etkileyen faktörleri araştırdığı çalışmasını rehber olarak aldık. Çalışmamızda, Lacy ve ark.'ın (57), çalışmasına benzer şekilde, döküm öncesinde ve döküm sonrasında deney örnekleri üzerine işaretlenmiş referans noktaları arasından, mikroskop altında çap ve kalınlık ölçümü yapılmıştır. Boyutsal değişim ifade edilirken çap ve kalınlık değerlerinin; döküm öncesi ile döküm sonrası arasındaki farktan yararlanılmıştır.

Literatür taramasının sonuçlarına göre; bizim çalışmamızla paralellik gösteren çalışmalarda (1, 2, 10, 18, 19, 21, 24, 57, 62, 69, 70), deney örnekleri inley

mumundan hazırlanmıştır. Çalışmamızda deney örnekleri; ölçü materyali, ölçünün döküldüğü alçının genleşme miktarı gibi boyutsal stabilitede etkili diğer faktörleri elimine etmek için Johnson ve ark.'ın (19), çalışmasında olduğu gibi disk şeklinde hazırlanmıştır. Deney örneği materyali olarak, diğer çalışmalardan farklı olacak şekilde bükülme direnci, hazırlandıktan 10 dakika sonra 63 MPa olan ve dökümde artık bırakmayan akrilik materyali kullanılmıştır. Çalışmamızda kullandığımız revetmanın, toplam genleşme miktarının büyük bölümü sertleşme genleşmesinden oluşmaktadır. Deney örneği materyali olarak akrilik kullanılması, revetman sertleşirken deney örneklerinde oluşabilecek şekil değişikliğini de elimine etmiştir.

Deney örnekleri bu çalışmada, Konstantoulakis ve ark. (1), Blackman (2) ve Johnson ve ark.'ın (19), çalışmalarına benzer şekilde standardizasyonu sağlamak için tek bir kişi tarafından manşete alınmıştır. Herbir deney örneği, tek olacak şekilde ve dik pozisyonda manşet içine yerleştirilmiştir. Tij mumu ölçümlerin yapıldığı referans noktalarının arasından bağlanmıştır. Deney örneği ile manşetin üst yüzeyi arasındaki mesafe Johnson ve ark.'ın (19) çalışmalarında olduğu gibi 5 mm. olacak şekilde standardize edilmiştir.

Döküm sonrasında revetman kalıntılarının temizlenmesi amacı ile uygulanan kumlama işleminin döküm yüzeyinde değişikliğe neden olduğu bilinmektedir (76, 77, 80, 82). Özellikle yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı çalışmalarda revetman kalıntılarının yüzeyde değişikliğe neden olmadan temizlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışmamızda dökümden çıkan örnekler, Konstantoulakis ve ark.'ın (1), çalışmasında olduğu gibi, 12 dakika boyunca en fazla % 7 oranında hidroflorik asit içeren temizleyici solüsyon kullanılarak ultrasonik temizleyicide temizlenmiştir.

Döküm işleminin aşamalarındaki değişikliklerden ya da revetman içeriğinin farklılığından kaynaklanan boyutsal değişimlerin, örnekler dökümden çıktığı şekli ile değerlendirilmesi tavsiye edilmektedir (10). Ancak döküm yüzeyinde meydana gelen oksit tabakası; boyutsal değişimin kenar uyumuna bakılarak değerlendirildiği yöntemlerde kenar açıklığı ile boyutsal değişim arasındaki ilişkinin anlaşılmasını güçleştirmektedir. Gerçek boyutsal değişimin, oksit tabakasından kaynaklanan yüzey pürüzlülüğünün neden olduğu kenar açıklığının elimine edilerek hesaplanması gerekmektedir (8). Oksit tabakasının olumsuz etkisi; baz metal alaşımlarının dökümünde kullanılan ve alçı bağlantılı revetmanlara göre daha iri partiküllerden oluşan

fosfat bağlantılı revetmanlar kullanıldığında daha da belirginleşmektedir (10). Biz de çalışmamızda Ho ve ark.'ın (10), önerdiği gibi deney örneklerini dökümden çıktığı şekli ile yüzeyine herhangi bir müdahalede bulunmadan değerlendirdik.

Döküm için hazırlanan mum model ile bu modelden elde edilen döküm örneği arasında boyutsal değişim olduğu bilinmektedir (24). Bu değişim birçok faktöre bağlı olmakla birlikte büyük oranda döküm metalinin soğurken gösterdiği büzülmeden kaynaklanmaktadır (3, 18). Bu büzülme en ideal koşullarda çalışılsa dahi önlenememektedir (3, 25). Literatürde döküm metali dışında boyutsal stabilitede etkili birçok faktörden bahsedilmiştir. Ölçü materyali (18), ölçü alım tekniği (18), ölçünün döküldüğü alçının genleşme miktarı (18), siman pay verniğinin kalınlığı (18), döküm mumu (2), manşet çapı (24, 26), restorasyonun çeşidi ve revetman (3, 18) boyutsal stabilitede etkili diğer faktörlerdir.

Ito ve ark.(2), döküm mumlarının fiziksel özelliklerinin dökümün boyutsal değişikliğindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında, farklı özellikteki mumlarla hazırlanmış kuron örneklerden elde edilen dökümlerin kenar açıklıkları incelenmiştir. Çalışmada, mumunun fiziksel özelliklerinin boyutsal değişiklikte belirgin derecede etkili olduğu, mumun akışkanlığı arttıkça dökümden beklenen büzülmenin azaldığı bulunmuştur. Araştırmacılar, inley mumu gibi akışkanlığı az olan mumlarla çalışıldığında ya da mum kalınlığının arttığı durumlarda manşet çapının artırılması gerektiğini bildirmişlerdir. On üç deney mumu arasında, en yüksek yumşama ısısına, en yüksek bükülme direncine ve 45 C⁰ sıcaklıkta en düşük akışkanlığa sahip olan 6 nolu mumun kullanıldığı dökümlerde % 1.3 oranında büzülme saptanmıştır. Diğer mumlardan elde edilen dökümlerde meydana gelen büzülme miktarı ise % 0.2 ile % 0.8 arasında değişmektedir. Ito ve ark.'ın (2), bulunduğu değerler bizim çalışmamızın sonuçları ile farklılık göstermektedir. Bizim çalışmamızda kullandığımız akrilik materyalinin bükülme direnci ve yumşama ısısı Ito ve ark.'ın (2), kullandığı mumlardan daha fazladır. Bu durumda, döküm sonrasında deney örneklerinin araştırmacıların tesbit ettiğinden daha fazla oranda büzülmesi beklenmelidir. Çalışmamızda, tüm deney örnekleri çap uzunluğu açısından ortalama % 0.11 ile % 0.33 arasında büzülme göstermiştir. Kenar kalınlığı açısından ise, ortalama % 1.77 ile % 2.14 arasında genleşme tesbit edilmiştir. Genleşme miktarı büzülme miktarından

daha fazla olduğu için, çalışmamızın sonucunda kontrol grubu da dahil olmak üzere tüm gruplarda hacimsel artış tesbit edilmiştir.

Revetman, içine alایشının döküleceği kalıp boşluğunu oluşturduğundan dökümün boyutsal değişiminin karşılanmasıda önemli rol oynar (4). İdeal olarak, döküm metalinin büzülme miktarının, döküm mumu ile revetmanın genişleme miktarının toplamına eşit olması gerekir. Dökümün boyutsal stabilitesi, revetmanın genişleme miktarından direkt olarak etkilendiği için revetmanın genişmesinde etkili faktörlerin tümü boyutsal stabilitede de etkilidirler. Su - toz oranı (5, 6, 10, 13, 60), su - genişleme sıvısı oranı (5, 9, 10, 11, 28, 58), revetman içindeki refrakter maddenin cinsi (4, 5), manşet iç yüzeyinin nemli şerit ile kaplanıp kaplanmaması ve bu şeridin yüksekliği (6, 57, 72), mum modelin manşet içindeki konumu (6), mum modelin konfigürasyonu (6, 8, 70) ve manşet çapı (24, 26) fosfat bağlantılı revetmanların genişmesinde etkili faktörlerdir.

Shell ve Hollenback (72), yaptıkları çalışmada, manşet içine yerleştirilen amyant şeridin uzunluğu ile dökümün boyutsal stabilitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Amyant şeridin manşetin üst yüzeyine kadar uzatıldığı grupta, döküm örnekleri % 0.4 oranında mum örneklere göre daha uzun bulunmuştur. Şeridin, manşetin her iki tarafından 3 mm kadar kısa yerleştirildiği grupta ise, döküm örnekler mum örneklerden % 0,6 oranında daha kısa bulunmuştur. Biz çalışmamızda, zeolitin su tutma özelliğinden dolayı manşet içinde nemli şerit kullanmadık. Çalışmamızda, zeolitin refraktif madde özelliğinin, revetmanın ıssal genişmesine dolayısıyla da dökümün boyutsal değişimine olan etkisi araştırıldığı için, higroskopik genişmeden yararlanmadık. Zeolit - higroskopik genişme etkileşiminin boyutsal stabilitedeki etkisi, ayrı bir araştırma konusu olarak düşünölmüştür.

Açıkgöz ve ark (24), köprü şeklinde hazırladıkları örneklerin dökümünde 30 mm., 48 mm. ve 65 mm. çap uzunluğundaki manşetleri kullanmışlardır. Dökümden çıkan örnekler, kenar uyumu açısından değerlendirilmiştir. Işık mikroskobunda çekilen fotoğraflardan elde edilen veriler sonucunda, manşet çapının döküm uyumundaki etkisi ileri derecede anlamlı bulunmuştur. Geniş çaplı manşetle dökülen örneklerde, kenar açıklığı daha az bulunmuştur. Saas ve ark. (26), 20 mm. uzunluğunda hazırladıkları köprü örnekleri, 4 farklı manşeti kullanarak döküm elde etmişlerdir. Dökümlerin mesio - distal uzunlukları başlangıç değerleri ile karşılaştırıldığında, manşet çapı

daraldıkça dökümde meydana gelen boyutsal değişimin arttığı tesbit edilmiştir. Biz çalışmamızda, deney örneklerimize en yakın boyutlarda deney örneği kullanmış olan Ito ve ark.'ın (2), çalışmalarına benzer şekilde 30 mm. çapında manşet kullandık. Çalışmamızda; kullanılan zeolit ve revetman miktarını arttıracığı için daha geniş manşet kullanımından kaçınılmıştır.

Davis (71), çalışmasında, tam kuron ve MOD inley şeklinde hazırladığı örneklerin yarısının dökümünde her iki ucu açık diğer yarısının dökümünde ise her iki ucu kapalı manşet kullanmıştır. Elde edilen dökümlerden, simantasyon sonrasında kesitler alınmış ve meydana gelen boyutsal değişiklik araştırılmıştır. Kapalı manşetin kullanıldığı gruplarda, sertleşme genleşmesi kontrol altına alındığı için boyutsal değişikliğin miktarı azalmıştır. Biz çalışmamızda, laboratuvar ortamında rutin olarak kullanılan açık uçlu manşet ile çalıştık.

Çalışmamızın boyutsal değişimin araştırıldığı bölümünden elde ettiğimiz veriler; tüm deney gruplarında çap uzunluklarının azaldığını ancak kenar kalınlıklarının arttığını göstermektedir. Bu durum bize, deney örneklerinin horizontal yönde büzüldüğünü, vertikal yönde ise genişlediğini göstermektedir. Elde ettiğimiz bu sonuç Blackman ve ark.'ın (75), bulduğu sonuçlarla paralellik göstermektedir. Araştırmacılar iskelet protez şeklindeki dökümlerde % 2.6 oranında horizontal yönde büzülme, % 1.8 oranında vertikal yönde genişleme tesbit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda, horizontal yönde en az büzülme % 1.77 ile % 10 zeolit ilave edilen 5. grupta gerçekleşmiştir. Vertikal yönde en az genişleme ise % 0.11 ile % 2.5 ve % 10 zeolit ilave edilen 2. ve 5. grupta gerçekleşmiştir. Deney örneklerinin çap uzunluklarının azalmasına karşın kenar kalınlıklarının artmasının sebebini; tam olarak açıklayamamakla birlikte açık uçlu manşet kullanmamızdan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Manşet ucunun açık olması nedeniyle revetman kalıp bu yönde daha fazla genişleyebilirken, manşet duvarlarının kısıtlaması sonucunda yanlara doğru daha az genişmiştir. Revetmanın, deney örneği etrafında her yerde eşit genleşmemesi sonucunda, çap ölçümlerimizi etkileyen geometrik form değişikliği oluştuğunu düşünmekteyiz.

Lacy ve ark. (57), silindir şeklinde hazırladıkları numunelerin çap ve boy uzunluklarını döküm öncesinde ve sonrasında mikroskop altında karşılaştırmışlardır. Araştırmada, karıştırma hızı, manşet içine yerleştirilen asbest şeridin uzunluğu ve revetman sertleşirken örneklerin bekletilme ortamı ile boyutsal değişim arasındaki ilişki

araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda, incelenen 3 faktörün de dökümün boyutsal stabilitesinde etkili olduğu tesbit edilmiştir. En fazla genleşme her iki revetmanda da, karışım hızı 1750 rpm olduğunda, örnekler revetmana alındıktan sonra 24 saat boyunca nemli ortamda tutulduğunda ve manşetin iç yüzeyinin tamamı asbest şerit ile örtüldüğünde saptanmıştır. Bu koşullar altında fosfat bağlantılı revetmanın kullanıldığı grupta çap % 0.85, boy % 0.47 oranında artarken, alçı bağlantılı revetmanın kullanıldığı grupta ise çap % 0.55, boy ise % 0.42 oranında artmıştır. Bizim çalışmamızın sonuçları; çap uzunluğu açısından Lacy ve ark.'ın (57), çalışmasından farklıdır. Kalınlık artışı açısından ise paralellik göstermekle birlikte sayısal farklılık bulunmaktadır. Çalışmamızda kalınlık artışı en fazla % 2.14 ile 3. ve 4. grupta gerçekleşmiştir. Çap uzunluğu ise, en fazla olarak 3. grupta % 0.33 oranında azalmıştır.

Çalışmamızda, döküm metali olarak Ni - Cr esaslı baz metal alaşımı kullanılmıştır. Baz metal alaşımlarının büzülme miktarları ortalama % 2.4 dir (6, 10, 11, 27). Çalışmamızda; zeolitın su tutma özelliğinden dolayı zeolit ilave edilen gruplarda sıvının miktarını arttırmak zorunda kalacağımız için özel genleşme sıvısını kullanmadık. Genleşme sıvısının miktarının artırılması; toplam genleşme miktarını etkileyeceği için, zeolit ilavesi ve boyutsal değişim arasındaki ilişkinin belirlenmesinde güçlük yaratabilirdi. Çalışmamızda, genleşme sıvısını kullanmadığımızı ve muma göre daha az genleşebilen akrilik metaryali ile çalıştığımızı düşünürsek, kullandığımız revetmanın toplam genleşme miktarı, üretici firma tarafından belirtilen % 3.3 lük toplam genleşme miktarından daha az olacaktır. Bu durumda; kontrol grubunda beklenen boyutsal artış % 0.9'u geçmemelidir. Çalışmamızda, tüm gruplardaki deney örneklerinde hacimsel artış tesbit edilmiştir. Bu artış, 1. grupta % 1.78, 2. grupta % 1.87, 3. grupta % 1.71, 4. grupta % 1.75 ve 5. grupta % 1.03 olarak saptanmıştır. Kontrol grubumuzdaki, deney örnekleri beklenenden daha fazla miktarda hacimsel büyüme göstermiştir. Bu durumun, deney örneklerimizin formundan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Fusayama (8) ve Teteruck (70), dökümde meydana gelen büzülmenin mum modelin şeklinden etkilendiğini bildirmiştir. Dolayısıyla, yaptığımız çalışma farklı formdaki deney örnekleri ile yapıldığında daha değişik sonuçların elde edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Revetman kalıpta meydana gelen genleşmenin miktarı, revetmanın yapısına katılan kimyasal maddelerden etkilenmektedir (4, 13). Bu kimyasal maddelerin çoğu yüksek

ısıya karşı dirençli refrakter malzemelerdir. Revetman içindeki refrakter maddenin yüksek sıcaklıklarda faz değiştirmesi ile revetmanın ısısal genişmesi sağlanır (4, 5). Literatürde alçı bağlantılı ve fosfat bağlantılı revetmanların yapısına genişleme miktarını arttırmak amacı ile, zirkonya (29), alçı taşı (30, 31), kalsiyum oksalat (4), titanyum tozu (32), niyobyum karbid (33), borik asit, sodyum klorid (4, 34), potasyum sülfat (35), alüminyum fosfat (36) gibi bazı kimyasalların katıldığı bildirilmiştir. Bu kimyasalların çoğu refrakter madde olarak görev yapmakta ve revetmanın genişleme miktarını arttırmaktadır. Ancak bizim çalışmamızla paralellik gösteren bu literatürler (29, 30, 31, 32, 33, 34, 36) yerel dille yazılmış oldukları için tam metinlerinin okunması mümkün olmamıştır. Çalışma sonuçları, ingilizce özetlerde yazan kadarı ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda bu literatürlerde revetmanın genişleme miktarı, Engler ve ark.'ın (27), Hutton ve ark.'ın (58), Takahashi ve ark.'ın (13) çalışmalarında olduğu gibi çeşitli cihazlar yardımı ile direkt olarak ölçülmüştür.

Tsuruta ve ark. (33), alçı bağlantılı revetmanın yapısına % 0.5 ile % 5 arasında değişen oranlarda niyobyum karbid (NbC) ilave etmişlerdir. Döküm uyumunun ve revetmanın genişleme miktarının araştırıldığı çalışmada en iyi sonuç % 2 oranında NbC katılan grupta bulunmuştur. Earnshaw (34), alçı bağlantılı revetmanın içine borik asit ve sodyum klorid (NaCl) ilave ederek genişleme miktarındaki değişimi araştırmıştır. Isısal genişmenin ölçüldüğü çalışmada, en yüksek genişleme % 0.2 oranında NaCl katılan grupta bulunmuştur. Nakai (32), alçı bağlantılı revetmanın yapısına genişleme sağlayıcı madde olarak titanyum tozu ilave etmiştir. Çalışmanın sonucunda titanyum ilavesi ile genişlemenin arttığı ve en yüksek genişlemenin % 1.57 ile % 10 oranında toz titanyumun katıldığı grupta bulunmuştur. Hung ve ark. (29), fosfat bağlantılı revetmanların yapısına zirkonya katarak titanyum dökümleri için yeterli genişmeyi sağlamaya çalışmışlardır. Çalışmada, zirkonya ilavesinin kenar uyumuna olan etkisi de araştırılmıştır. En yüksek ısısal genişleme miktarı, % 1.62 ile % 5 oranında zirkonya ilavesinin olduğu grupta elde edilmiştir. Kenar açıklığının en az olduğu grup 21.70 μm ile yine % 5 oranında zirkonya ilavesinin olduğu grup olarak bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda, fosfat bağlantılı revetman içine refrakter madde olarak zeolit minerali ilave edilmiştir. Zeolitin revetmanın genişleme miktarını ve dolayısıyla dökümün boyutsal stabilitesini etkileyeceği düşünülmüştür. Çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler doğrultusunda, hacimsel artışın en fazla görüldüğü grup olması nedeni

ile revetman kalıpta meydana gelen genişlemenin en fazla oranda % 2.5 zeolit ilave edilen 2. grupta gerçekleştiğini düşünmekteyiz. Zeolit ilavesi ile revetmanın genişmesi arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşabilmesi için, ileriki çalışmalarda, genişleme miktarının direkt yöntemlerle ölçülmesi gerekmektedir. Boyutsal stabilite açısından bakıldığında, gerek çap uzunluğu gerekse kenar kalınlığı açısından en az değişim % 10 zeolit ilave edilen 5. grupta meydana gelmiştir. Ancak, 5. grupta tesbit edilen boyutsal değişimin, protetik açıdan restorasyonun uyumunu ve kenar açıklığını nasıl etkileyeceğini görmek için, ileriki çalışmalarda kuron şeklindeki deney örnekleri ile çalışılmasının yararlı olacağı kanısındayız. Sonuç olarak tüm bu veriler bize, zeolitinin % 2.5 gibi düşük oranlarda revetmana katılması ile genişlemenin arttığını, % 10 oranında ilave edilmesi ile de azaldığını düşündürmektedir.

Dökümden çıkan restorasyonun döküm incilerinden yoksun mümkün olduğu kadar pürüzsüz olması beklenir. Pürüzsüz döküm yüzeyi; laboratuarda bitim ve cila işlemleri için harcanan zamandan büyük ölçüde tasarruf sağlar (1, 18, 20). Ayrıca, korozyonun engellenmesinde (6, 82), plak oluşumunun azaltılmasında (66, 78, 82, 83), restorasyonun diş ile olan uyumunun arttırılmasında (1, 9, 80), önemli payı vardır.

Literatürde, dökümün yüzey pürüzlülüğüne etki eden birçok faktörden bahsedilmiştir. Metalin ergime derecesinin (1, 23) ve döküm basıncının yüksek olması (6, 12, 70, 80), tij mumunun yeterli kalınlıkta olmaması (6, 22), mum modelin gereğinden fazla kalın olması, yüzeyinin pürüzlü olması, aşırı nemli olması ya da mum model manşete alınırken fazla vibrasyon yapılması (6, 21), bu faktörler arasındadır.

Dökümün yüzey pürüzlülüğünde önemli rol oynayan diğer bir faktör ise revetmandır. Revetmanın geçirgenliği (23), karıştırıldığı solüsyonun miktarı (6, 70), hazırlanırken silika içeren özel solüsyonunun kullanılıp kullanılmaması (12), karbon içerip içermemesi (19), partikül büyüklüğü (8, 19, 70), revetman kalıbın ısıtılma miktarı (9, 19, 70, 80), döküm alaşımı ile reaksiyona girmesi (11,12) ve karıştırılma şekli (19, 80, 84) döküm yüzeyinin pürüzlü olmasında önemli etkiye sahip faktörlerdir.

Baz metal alaşımları gibi ergime derecesi yüksek metallerle çalışırken, erimiş haldeki döküm metalinin revetman kalıba hızlı bir şekilde girmesi dökümün kusurlu olması ile sonuçlanır (23). Metalin kalıba hızlı girişi amonyak ve benzeri gazların kaçışını engeller. Revetman kalıp içinde gaz birikimi, döküm yüzeyinin pürüzlü

olmasına neden olur. Bu açıdan bakıldığında, revetmanın zararlı gazların kaçışına izin verecek ölçüde geçirgen ya da gözenekli olması oldukça önemlidir.

Ballard ve ark. (23), yaptıkları çalışmada fosfat bağlantılı ve alçı bağlantılı revetmanların yapısına geçirgenliği arttırmak için akrilik polimer ilave etmişlerdir. Çalışmada, revetmanların geçirgenlikleri özel bir düzenekle ölçülerek polimer ilavesinin revetmanın geçirgenliğine etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar, modifiye edilmiş revetmanlarda polimer ilavesinin hem alçı hem de fosfat bağlantılı revetmanların geçirgenliğinin artırılmasında etkili olduğunu tesbit etmişlerdir. En iyi sonuç; % 10 polimer ilave edilen gruplarda bulunurken, aynı sonuca % 5 polimer ilave edilen grupların sadece birkaçında ulaşılmıştır. Biz de çalışmamızda, fosfat bağlantılı revetmanın yapısına adsorbsiyon ve moleküler elek özelliklerinden dolayı çeşitli oranlarda doğal zeolit ilave ettik. Çalışmamızda zeolit ilavesi ile revetman geçirgenliğinin artırılması ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün azaltılması amaçlanmıştır. Ancak revetman geçirgenliği Ballard ve ark.'ın (23), çalışmasında olduğu gibi direkt olarak ölçülmemiştir.

Johnson ve ark.'ı (19), çalışmalarında, revetman çeşidinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini araştırmışlardır. Alçı bağlantılı revetmanların kullanıldığı Ni - Cr alaşımı dökümlerinde, ortalama yüzey pürüzlülüğü 13.61 μm ve 14.24 μm bulunmuştur. Araştırmacılar, fosfat bağlantılı revetmanların kullandığı gruplarda ortalama yüzey pürüzlülüğünü 4.82 μm ve 2.297 μm olarak bulmuşlardır. Aydın (82), Cr - Co alaşımından hazırlanmış dökümlerde farklı cilalama ve bitim işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini araştırmıştır. Aydın (82), fosfat bağlantılı revetman kullandığı çalışmasında, hiçbir işlem uygulanmamış dökümlerde ortalama yüzey pürüzlülüğünü 5.7 μm olarak tesbit etmiştir. Biz çalışmamızda, döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülüğünü zeolit katılmamış kontrol grubunda 4.74 μm olarak bulduk. Zeolit katılmış gruplarda ise, 4.41 μm ile 5.32 μm arasında değişim gösterdiğini tesbit ettik. Çalışmamızda, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamasına rağmen ortalama yüzey pürüzlülüğü % 2.5 zeolit ilave edilen 2. grupta sayısal olarak en düşük değerde bulunmuştur.

Döküm öncesi ile döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülüğü arasındaki fark, % 7.5 ve % 10 oranında zeolit ilave edilen gruplarda diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum bize, revetman içindeki zeolit miktarı % 5'in üzerine çıktığında

metalin revetman ile reaksiyona girdiğini ve metalin revetman yüzeyine daha fazla yapıştığını düşündürmektedir. Fusayama ve ark.'ı (12), döküm sırasında, sıvı haldeki metalin revetman kalıbın duvarlarına yapışmasını döküm yüzeyinin pürüzlü olmasında oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Döküm metali ile zeolit katkılı revetman arasındaki etkileşimin anlaşılabilmesi için gelecekte araştırmaların bu yönde devam etmesi gerektiği inancındayız.

Döküm sonrası ortalama yüzey pürüzlülük değerleri, Ni - Cr alaşımı ve fosfat bağlantılı revetman kullanmış olan diğer araştırmacıların (19, 82) sonuçları paralellik göstermektedir. Ancak, tahmin edilen pürüzlülük değerlerinden daha yüksektir. Bu durumun, Cooney ve ark.'ın (9) da belirttiği gibi revetmanı hazırlarken silika ilave edilen özel karıştırma sıvısını kullanmamış olmamızla ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda, deney örneklerimiz Johnson ve ark.'ın (19) çalışmalarına benzer şekilde döküm öncesinde oldukça pürüzsüz olmalarına rağmen döküm işleminden sonra yüzey pürüzlülüğü tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde artmıştır ($p>0.05$). Bu bulgu, yüzey pürüzlülüğünün baz metal alaşımlarının dökümünde döküm kalitesini olumsuz yönde etkileyen bir faktör olduğunu destekler tarzdadır.

Blackman (18), hızlandırılmış döküm tekniğinin boyutsal değişimlere ve yüzey pürüzlülüğe olan etkisini araştırdığı çalışmasında, altın alaşımından yapılmış dökümlerde ortalama yüzey pürüzlülüğünü $4 \mu\text{m}$ 'den, Konstantoulakis ve ark. (1) ise, benzer çalışmalarında $3 \mu\text{m}$ 'den az bulmuşlardır. Bizim çalışmamızın sonuçları bu araştırmacıların sonuçlarına göre daha yüksektir. Bunun nedeninin, Blackman (18) ile Konstantoulakis ve ark.'ın (1) dökümde altın alaşımı kullanırken bizim baz metal alaşımı kullanmamızla ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Varmilyae ve ak. (16), Barreto ve ark. (14) revetman ile baz metal alaşımı arasındaki uyumun dökümün kalitesinde önemli etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde gerek yüzey pürüzlülüğü gerekse boyutsal değişimin araştırıldığı çalışmalarda (16, 18, 19), fosfat bağlantılı revetman – metal alaşımı birlikteliğinin değişmesi ile bulunan sonuçların da değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla, çalışmamızda bulduğumuz sonuçların, farklı revetman ve ya metal alaşımı kullanılması durumunda değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızdan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Döküm sonrasında tüm gruplarda hacimsel artış tesbit edilmiştir. Ancak sayısal farklılık bulunmaktadır. Hacimsel artış en fazla, %1.87 ile %2.5 zeolit ilave edilen 2. grupta gerçekleşirken, en az %10 zeolit ilave edilen 5. grupta gerçekleşmiştir.
- 2) Hacimsel artışın 2. grupta en fazla oranda görülmesi sonucunda, bu grupta revetman kalıbın daha fazla oranda genişlediğini düşünmekteyiz. Revetmanın genişleme miktarı ile zeolit ilavesi arasındaki ilişkinin, gelecekte yapılacak olan çalışmalarda ısısal genişleme miktarının direkt yöntemlerle ölçülerek belirlenmesi gerektiği inancındayız.
- 3) Revetman içine farklı oranlarda zeolit ilave edilmesi ile boyutsal değişimin miktarı istatistiksel olarak olmasa da sayısal olarak farklılık göstermektedir. Bu araştırmanın sonucunda, ülkemizde yüksek oranda bulunan zeolit mineralinin revetmanın genişlemesinin kontrolünde kullanılabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızın bundan sonraki araştırmalara zemin oluşturacağı kanaatindeyiz.
- 4) Döküm sonrasında deney örneklerinin hepsinde yüzey pürüzlülüğü istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde artmıştır. Döküm sonrasında yüzey pürüzlülüğü en az 3, 96 μm ile % 2, 5 zeolit ilave edilen 2. grupta artmıştır.
- 5) Zeolit ilavesinin % 2.5 oranının üzerinde, yüzey pürüzlülüğünü arttırması bize, revetmanın metal ile reaksiyona girmiş olabileceğini düşündürmektedir. Döküm metali ile zeolit katkılı revetman arasındaki ilişkinin, bu çalışmadan sonra incelenmesi gereken konu olduğunu düşünmekteyiz.

6. KAYNAKLAR

1. Kontstantoulakis E., Nakajima H., Woody D. R., Miller A. W. Marginal fit and surface roughness of crown made with accelerated casting technique. J Prosthet Dent, 80: 337-45, 1998.
2. Ito M., Yamagishi T., Oshida Y., Munoz A. C. Effect of selected physical properties of waxes on investments and casting shrinkage. J Prosthet Dent, 75: 211-6, 1996.
3. Donovan T. E., White L. E. Evaluation of an improved centrifugal casting machine. J Prosthet Dent, 53: 609-12, 1985.
4. Nayır E. Dişhekimliğinde Maddeler Bilgisi (7. Baskı) İ. Ü Basımevi, İstanbul, ss 35-39, 1999.
5. Çalikkocaoğlu S. Diş hekimliğinde Maddeler Bilgisi (Metal olmayan maddeler). (Sayı 3). Mor Ajans, İstanbul, Bölüm 2, ss: 47-61, 2000.
6. Johnston J. F., Philips R. W., Dykema R. W. Modern practise in crown and bridge prosthodontics. W. B. Saunders Company. 3 rd Edition. Chapter 12. Sayfa 249-279.
7. Fusayama T., Ogata K. Casting shrinkages of inlay golds of known composition. J Prosthet Dent, 16: 1135-1143, 1966.
8. Fusayama T. Factors and technique of precision casting. J Prosthet Dent, 9: 486-497, 1959.
9. Cooney J. P., Doyle T. M., Caputo A. A. Surface smoothness and marginal fit with phosphate-bonded investments. J Prosthet Dent, 41: 411-417, 1979.
10. Ho E. K., Darwell B. W. A new method for casting discrepancy: some results for a phosphate-bonded investment. J. Dent, 26: 59-68, 1998.
11. Shillingburg H. T., Hobo S., Whitsett L. D., Jacob R., Brackett S. E. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 3rd Edition. Quintessence Publishing Co. Inc. Chapter 21. Sayfa 365-383.
12. Fusayama T., Yamane M. Surface roughness of casting made by various casting technique. J Prosthet Dent, 29:529-535, 1973.
13. Takahashi J., Okazaki M., Kimura H., Haeuchi Y., Kubo F. Effect of the porosity of the filler aggregates on the setting expansion of investment material. J. Dent. Res, 67 (10): 1278-1283, 1988.

14. Barreto M. T., Goldberg A. J., Nitkin D. A., Mumford G. Effect of investment on casting high-fusing alloys. *J Prosthet Dent*, 44: 504-507, 1980.
15. Landesman H. M., de Gennaro G. G., Martinoff J. T. An 18-month clinical evaluation of semiprecious and nonprecious alloy restorations. *J Prosthet Dent*, 46: 161-66, 1981.
16. Vermilyea S. G., Kuffler M. J., Tamura J. J. Casting accuracy of base metal alloys. *J Prosthet Dent*, 50: 651-53, 1983.
17. Yeşil Z. Üç fosfat bağlı revetmanın iki farklı metal alaşımının dökülebilirliği üzerine etkisinin incelenmesi. *Atatürk Üni. Diş Hek. Fak. Derg. Cilt 4, Sayı:2: 64-69, 1994.*
18. Blackman R. B. Evaluation of the dimensional changes and surface roughness of gold crowns cast with rapidly prepared phosphate-bonded investment: A pilot study. *J Prosthet Dent*, 83: 187-193, 2000.
19. Johnson A., Van N. R., Hatton P. V., Walsh J. M. The effect of investment material and ceramming regime on the surface roughness of two castable glass-ceramic materials. *Dental Materials*, 19: 218-225, 2003.
20. Lacy A. M., Mora A., Boonsiri I. Incidence of bubbles on samples cast in a phosphate-bonded investment. *J Prosthet Dent*, 54: 367-69, 1985.
21. Yeşil Z. Fosfat bağlı revetmanların döküm yüzeyinin pürüzlülüğü üzerine etkisinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt 4, Sayı:2: 90-95, 1994.*
22. Verrett R. G., Duke E. S. The effect of sprue attachment design on castability and porosity. *J Prosthet Dent*, 61: 418-424, 1989.
23. Ballard G. T., Leinfelder K. F., Taylor D. F. Permeability and porosity of dental casting investments. *J Prosthet Dent*, 34:170-178, 1975.
24. Açıkgöz O., Yeşil Z. Manşet çapının döküm uyumuna etkisinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı:2: 9-12, 1997.*
25. Presswood R. G. The castability of alloys for small castings. *J Prosthet Dent*, 50: 36-39, 1983.
26. Saas F. A., Eames W. B. Fit of unit-cast fixed partial dentures related to casting ring size and shape. *J Prosthet Dent*, 43: 163-167, 1980.
27. Engler R. A., de Rijk W. G., Tesk J. A., Morris D. Multidimensional internal setting expansion of a phosphate-bonded casting investment measured with strain gauges. *J Prosthet Dent*, 63: 353-8, 1990.

28. Smith C. D., Twiggs S. W., Fairhurst C. W. Zwemer J. D. Determining the marginal discrepancy of cast complete crowns. *J Prosthet Dent*, 54: 778-784, 1985.
29. Hung CC., Hou GL., Tsai CC., Huang CC. Effect of zirconia-modified magnesia investment on the casting of pure titanium. *Koahsiung J. Med. Sci.* 19: 121-6, (Abstract), 2003.
30. Watari F., Nishimura F., Nakamura H., Fukumoto R., Morita N. Effect of addition of calcia on the properties of zirconia investments. *Shika Zairyo Kikai* 5: 734-40, (Abstract), 1990.
31. Nishimura F., Watari F., Nakamura H., Fukumoto R., Morita N. Casting accuracy and shrinkage of titanium castings made with zirconia investments. *Shika Zairyo Kikai* 6: 857-7, (Abstract), 1990.
32. Nakai A. Study of resin-bonded calcia investment: part 2. effect of titanium content on the dimensional change of the investment. *Dent. Materials* 21: 191-9, (Abstract), 2002.
33. Tsuruta S., Ban S., Hasegawa J., Hayashi S., Iiyama K., Yamamura Y. Application of gypsum-bonded investment containing niobium carbide on casting of alloy for metal-ceramic restoration. *Shika Zairyo Kikai* 4: 617-22, (Abstract), 1990.
34. Earnshaw R. The effects of additives on the thermal behaviour of gypsum-bonded casting investments. Part I. *Aus. Dent* 20: 27-31, (Abstract), 1975.
35. Yan M., Takahashi H. Effects of magnesia and potassium sulfate on gypsum-bonded alumina dental investment for high fusing casting. *Dental Materials*, 17: 301-13, 1998.
36. Kamemizu H., Wakamatsu N., Hata M., Goto T., Doi Y., Moriwaki Y., Haeuchi Y., Kubo E. New dental investments containing aluminum phosphates as a refractory material. *Shikai. Tenbo.* 65: 1029-38, (Abstract), 1985.
37. Thomas J. M., Thomas W. J. Principles and practise of heterogeneous catalysis. VCH pp 347, 1997.
38. Ersoy B. Çeşitli katyonik yüksek aktif maddelerin klinoptilolit (doğal zeolit) üzerine adsorpsiyon mekanizmalarının incelenmesi ve modifiye klinoptilolit ile sıvılardaki non-iyonik organik kirleticilerin tutulması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora tezi, İstanbul, 2000.
39. Thom D. C., Davies J. E., Santerre J. P., Friedman S. The hemolytic and cytotoxic properties of a zeolite-containing root filling material in vitro. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 95: 101-108, 2003.

40. Katoh M., Yamazaki T., Ozawa S. IR spectroscopic study of adsorption of binary gases over ion-exchanged ZSM-5 zeolites. *J. Colloid Interface Sci.* 203: 447-455, 1998.
41. Hotta M., Nakajima H., Yamamoto K., Aono M. Antibacterial temporary filling materials: the effect of adding various ratios of Ag-Zn-Zeolite. *J. Oral Reh.* 25: 485-489, 1998.
42. Mintova S., Olson N. H., Bein T. Electron microscopy reveals the nucleation mechanism of zeolite Y from precursor colloids. *Angew. Chem. Int. Ed.* 38: 3201-3204, 1999.
43. Meisinger JJ., Lefcourt AM., Van Kessel JA., Wilkerson V. Managing ammonia emissions from dairy cows by amending slurry with alum or zeolite or by diet modification. *Scientific World Journal*, 1: 860-5, 2001.
44. Panayotova M., Velikov B. Influence of zeolite transformation in a homoionic form on the removal of some heavy metal ions from wastewater. *J. Environ. Sci. Health Part A Tox. Hazard Subst. Environ. Eng* 38: 545-54, 2003.
45. Zarkovic N., Zarkovic K., Kralj M., Borovic S., Sabolovic S., Blazi MP., Cipak A., Pavelic K. Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite. *Anticancer Res.* 23: 1589-95, 2003.
46. Pavelic K., Hadzija M., Bedrica L., Pavelic J., Dikic I., Katic M., Kralj M., Bosnar MH., Kapitanovic S., Poljak-Blazi M., Krizanac S., Stojkovic R., Jurin M., Subotic B., Colic M. Natural zeolite clinoptilolite: new adjuvant in anticancer therapy. *J. Mol. Med.* 78: 708-20, 2001.
47. Morishita M., Miyagi M., Yamasaki Y., Tsuruda K., Kawahara K., Iwamoto Y. Pilot study on the effect of a mouthrinse containing silver zeolite on a plaque formation. *J. Clin. Dent.* 9: 94-96, 1998.
48. Abe Y., Ueshige M., Takeuchi M., Ishii M., Akagawa Y. Cytotoxicity of antimicrobial tissue conditioners containing silver-zeolite. *Int. J. Prosthodont.* 16: 141-4, 2003.
49. Matsuura T., Abe Y., Sato Y., Okamoto K., Ueshige M., Akagawa Y. Prolonged antimicrobial effect of tissue conditioners containing silver-zeolite. *J. Dent.* 25: 373-7, 1997.
50. Ueshige M., Abe Y., Sato Y., Tsuga K., Akagawa Y., Ishii M. Dynamic viscoelastic properties of antimicrobial tissue conditioners containing silver-zeolite. *J. Dent.* 27: 517-522, 1999.
51. Nikawa H., Yamamoto T., Hamada T., Rahardjo M. B., Murata H. Antifungal effect of zeolite-incorporated tissue conditioner against *Candida albicans* growth and / or acid production. *J. Oral Rehab.* 24: 350-357, 1997.

52. Kawahara K., Tsuruda K., Morishita M., Uchida M. Antibacterial effect of silver-zeolite on oral bacteria under anaerobic conditions. *Dental Materials*, 16: 452-455, 2000.
53. The glossary of prosthodontic term. (7. Ed.) Mosby, St. Louis, pp 79, 1999.
54. Luk W. K., Darwell B. W. Effect of burnout temperature on strength of gypsum-bonded investments. *Dental Materials* 19: 552-557, 2003.
55. Moore T. E., Watts C. H. Investment materials. US Patent, 2479504, August 1949 (97' dan alınmıştır.)
56. Earnshaw R. Investments for casting chromium cobalt alloys. Part I *British Dental Journal* 108:389-440, 1960 (84' den alınmıştır.)
57. Lacy A. M., Fukui H., Jendresen M. D. Three factors affecting investment setting expansion and casting size. *J Prosthet Dent*, 49: 52-58, 1983.
58. Hutton J. E., Marshall G. W. Expansion of phosphate-bonded investments: Part I- Setting expansion. *J Prosthet Dent*, 70: 121-5, 1993.
59. Özyeğin S. Jips mineralinden elde edilen alfa hemihidrat alçıların kristal etki eden faktörler üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Doktora tezi, İstanbul, 1985.
60. Soo S., Palmer R., Curtis R. V. Measurement of the setting and thermal expansion of dental investments used for the superplastic forming of dental implant superstructures. *Dental Materials*, 17: 247-252, 2001.
61. Oda Y., Kudoh Y., Kawada E., Yoshinari M., Hasegawa K. Surface reaction between titanium castings and investments. *Bull Tokyo Dent. Coll.* 37: 129-36, 1996.
62. Tjan A. H. L., Li T., Logan G. I., Baum L. Marginal accuracy of complete crowns made from alternative casting alloys. *J Prosthet Dent*, 66: 157-64, 1991.
63. Thomas G. W., Kenneth S. K. *Fundamentals of periodontics*. Quintessence Publishing Co. Inc. pp: 469-485, 1996.
64. Gardner F. M. Margins of complete crowns - Literature review. *J Prosthet Dent*, 48: 396-400, 1982.
65. Silness J. Fixed prosthodontics and periodontal health. *Dent. Clin. of North Ame.* 24: 317-329, 1980.
66. Libby G., R. Arcuri M. R., LaVelle W. E., Hebl L. Longevity of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent*, 78: 127-131, 1997.

67. Assif D., Antopolski B., Helft M., Kaffe I. Comparison of methods of clinical evaluation of the marginal fit of complete cast gold crowns. *J Prosthet Dent*, 54: 20-24, 1985.
68. Gelbard S., Aoskar Y., Zalkind M., Stern N. Effect of impression materials and techniques on the marginal fit of metal castings. *J Prosthet Dent*, 71: 1-6, 1994.
69. Açıkgöz O., Yeşil Z. Mum modelin manşete yerleştirilme şeklinin marjinal adaptasyona etkisinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, Cilt 6, Sayı:1: 27-30, 1996.
70. Teteruck W. R., Mumford G. The fit of certain dental casting alloys using different investing materials and techniques. *J Prosthet Dent*, 16: 910-927, 1966.
71. Davis D. R. Limiting wax pattern distortion caused by setting expansion. *J Prosthet Dent*, 58: 229-234, 1987.
72. Shell J. S., Hollenbeck G. M. Amount of compensation for casting shrinkage required of different mold temperatures. *J Cal. Dent. Asso.* 33: 517-519, 1965
73. Goodacre C. J., Campagni W. V., Aquilino S. A. Tooth preparations for complete crowns: An art form based on scientific principles. *J Prosthet Dent*, 85: 363-76, 2001.
74. Yamamoto T., Takamizu M., Kohno A. Influence of residual surface investment material on crystallization shrinkage of a mica-based glass-ceramic. *Dental Materials*, 18: 336-342, 2002.
75. Blackman R., Barghi N., Tran C. Dimensional changes in casting titanium removable partial denture frameworks. *J Prosthet Dent*, 65: 309-15, 1991.
76. Taga Y., Kawai K., Nokubi T. New method for divesting cobalt-chromium alloy castings: Sandblasting with a mixed abrasive powder. *J Prosthet Dent*, 85: 357-62, 2001.
77. Low D., Mori T. Titanium full crown casting: thermal expansion of investments and crown accuracy. *Dental Materials*, 15: 185-190, 1999.
78. Traini T., Murmura G., Di Lullo., Caputi S. Adherence of investment to Au-Pd-Ag alloy using a vacuum-argon pressure casting machine. *Dental Materials* 19: 732-738, 2003.
79. Kern M. Thompson V. P. Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *Dental Materials*, 9: 155-161, 1993.

80. Ogura H., Raptis C. N., Asgar K. Inner surface roughness of complete cast crowns made by centrifugal casting machines. *J Prosthet Dent*, 45: 529-535, 1981.
81. Kancyper S. G., Koka S. The influence of intracrevicular crown margins on gingival health: Preliminary findings. *J Prosthet Dent*, 85: 461-465, 2001.
82. Aydın A. K. Evaluation of finishing and polishing techniques on surface roughness of chromium-cobalt castings. *J Prosthet Dent*, 65:763-7, 1991.
83. Keenan M. P., Shillingburg H. T., Duncanson M. G., Wade C. K. Effects of cast gold finishing on plaque retention. *J Prosthet Dent*, 43: 168-73, 1980.
84. Juszczak A. S., Radford D. R., Curtis R. V. The influence of handling technique on the strength of phosphate-bonded investments. *Dental Materials*, 16: 26-32, 2000.
85. Joy A., Ramamurthy V. Chiral photochemistry within zeolites. *Chem. Eur. J.* 6: 1287-1293, 2000.
86. Keffer D., Gupta V., Kim D., Lenz E., Davis H. T., McCormick A. V. A compendium of potential energy maps of zeolites and molecular sieves. *J. Molecular Graph.* 14: 108-116, 1996.
87. Wistreich G., Lechtman M. D., Bartholomew J. W., Bils R. F. Disruption of bacterial cells by a synthetic zeolite. *App. Microb.* 16:1269-1275, 1968.
88. Fujivest II Material Safety Data Sheet. GC Europe N.V, B-3001 Leuven, Belgium.
89. Wiron 99 Processing Instructions. Bego, Bremen, Germany.
90. Pattern Resin LS Material Safety Data Sheet. GC Europe N.V, B-3001 Leuven, Belgium.
91. Analytical report. G19/0796, 1996, Germany.
92. Frankel N., Pearson G. J., Labella R. Long-term strength of aesthetic retoratives. *J. Oral Reh.* 25:101-103, 1998.
93. Örtengren U., Andersson F., Elgh U., Terselius B., Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J. Dent* 29: 35-41, 2001.
94. Mair L. H. The silver sorption layer in dental composites: three year results. *Dental Materials* 15: 408-412, 1999.

95. ISO 1101 Geometrical tolerancing; tolerances of form, orientation, location and runout; generalities, definitions, symbols on drawings. pp 342, 1983.
96. DIN 4762 Surface roughness-Terminology, Part I: Surface and its parameters. pp 166, 1984.
97. Juszczak A. S., Radford D. R., Curtis R. V. Sensitivity of a disc rupture strength test to air bubble pores in phosphate-bonded investment materials at elevated temperatures. *Dental Materials*, 18: 255-262, 2002.



ÖZGEÇMİŞ

12. 03. 1975 yılında Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya' da tamamladı. 1991 yılında ilk tercihi olan Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde yüksek eğitime başladı ve 1997 yılında mezun oldu. 1997 – 1999 yılları arasında Sakarya diş hekimleri odasına bağlı olarak serbest diş hekimliği yaptı. 2000 yılında Kocaeli diş hekimleri odasına bağlı olarak serbest diş hekimliği yapmaya başladı. 2002 yılının bahar döneminde, Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim dalında master eğitimine başladı. Evli ve bir erkek çocuk annesidir.

