

11024

T. C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL DESTEKLİ PORSELEN RESTORASYONLARDA ISISAL
UYUMLULUK VE FARKLI ISISAL GENLEŞME ÖZELLİKLERİ İLE
DEĞİŞİK TASARIMLARIN PORSELENİN KIRILMA
DİRENCİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dt. Semih Berksun

DOKTORA TEZİ

T. C.

Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet Pamir

1987

ANKARA

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ	1-2
2. GENEL BİLGİLER.....	3-38
3. MATERYAL VE METOD.....	39-60
4. BULGULAR.....	61-75
5. TARTIŞMA	76-86
6. SONUÇ.....	87-88
7. ÖZET.....	89
8. İNGİLİZCE ÖZET (SUMMARY)	90
9. KAYNAKLAR.....	91-102

GİRİŞ

Sabit bölümlü protezler olarak bilinen kuron-köprü protezleri, diş hekimliğinde herhangi bir nedenle yitirilmiş olan çiğneme, konuşma ve estetik gibi temel fonksiyonların yeniden kazandırılmasını amaçlayan ve diş hekimliği tarihi kadar eski olan bir uygulamadır.

Bu uzun uygulama süreci içerisinde kaybedilen dişlerin yerine konmasında sürekli bazı yapay materyallerden istifade edilmesi söz konusu olmuştur. Bu tür maddelerde aranan özellikler, öncelikle biyolojik uyum, estetik görünüm, ağız ortamından etkilenmeme ve fonksiyonel olma gibi genel niteliklerdir. Bunların yanısıra porselenler gerek renk ve gerekse boyutsal olarak değişim göstermemesi, ısı ve elektrik geçirgenliğinin zayıf olması ve dirençli bir yapıya sahip olması dolayısıyla, eski çağlardan beri üzerinde birçok çalışmalara konu olmuş bir materyaldir. Ancak yukarıda saydığımız özelliklerin büyük bir çoğunluğuna cevap verebilen porselenlerin, ağızın fonksiyonel görevleri sırasındaki mekanik kuvvetlere karşı olan direnci, hala tatminkar bir sonuca ulaşmamıştır.

Diş hekimliğinde son çeyrek yüzyılın en önemli gelişmelerinden biri olarak kabul edilebilecek metal destekli porselenlerin bile, bu konu ile ilgili sorunları tam olarak ortadan kaldırdığı söylenemez.

Metal destekli porselen sisteminde dahi karşımıza çıkabilen klinik başarısızlıklar, genellikle hekimlerin en büyük sorunu olan porselenin kırılması, çatlama ve kopması şeklindedir. Bu tür bir başarısızlığın telafisi ise pahalı ve zaman alıcı olmakta, tamirleri ise tatmin edici bir çözüm olamamaktadır.

Bu nedenle metal ve porselenin birbirleri ile olan bağlantısını açıklamaya ve güçlendirmeye yönelik çalışmalar günümüzde de yoğun bir biçimde yürütülmektedir. Metal ve porselen arasındaki bağlantı mekanizması fiziksel, mekanik ve kimyasal gibi çok yönlü bağlantı kuvvetleri ile açıklanmaktadır. Bu bağlantı mekanizması içindeki her faktör de en ince ayrıntısına kadar ayrı bir araştırma konusu olabilmektedir. Metal-porselen

bağlantısında ön şartlardan biri olarak kabul edilen, metal ve porselenin ısısal özellikleri ve ısısal uyumluluğu da yine aynı titizlikle araştırılmaktadır.

Bu uyumluluk kapsamı içinde sözü edilen önemli faktörlerden biri de, geometrik şekil farklılığının metal ve porselen arasındaki ısısal uyumluluğa olan etkisidir. Biz de çalışmamızda farklı metal-porselen bileşimleri ve farklı geometrik tasarımlar kullanarak metal-porselen restorasyonlarındaki başarıyı ve söz konusu restorasyonların kırılma dirençleri üzerindeki etkisini somut delillerle belirlemeyi amaçladık.



GENEL BİLGİLER

Tarihçe ve Dental Porselenin Günümüze Kadar Olan Gelişmesi:

Seramikler büyük bir olasılıkla insanlar tarafından suni olarak yapılan ve bilim adamlarınca laboratuvar araştırmasına konu olan ilk materyallerden biridir (68,85). Seramik eşyaların ilk imalat örneklerinin M.Ö. 23.000 yıl kadar eski olduğu belirlenmiştir (68).

Seramik materyallerinin gelişimi M.S.1000 yıllarında Çin porseleni olarak ifade edilen dayanıklı beyaz ve yarı şeffaf porselenlerin üretimi ile üstün bir düzeye ulaşmış olup (1,68), 16.yüz yılda Portekiz'li denizciler tarafından Avrupa'ya getirilmiştir (1). 17. ve 18. yüzyıllar boyunca Çin porseleninin yapım sırrını ortaya çıkarma çabaları, bu materyallerin sentezine, bilimsel bir yaklaşımın gelişimine temel olmuştur (68). Dental seramikler bu süreç içerisinde uzun eğitim ve deneyim ile geliştirilmiş bir sanattır (68,85). Modern dental seramikler aslında bu temel yapılardan oluşturulan bir borosilikat feldispatik camdır (68). Geliştirilmiş olan saydamlık bileşkedeki kaolinin azaltılması veya tamamen çıkarılması ile başarılmıştır (68).

Porselenin bir dental materyal olarak tarihi sadece 200 yıl kadar eskiye dayanır (68). 1774'de Alexis Duchateu adındaki bir Fransız eczacı protezlerde kullanılan diğer materyallerin olumsuz özelliklerinden dolayı ilk defa porseleni protez yapımında kullanmıştır (1,68,79,85). Bu uygulama her ne kadar başarılı olamadıysa da daha sonra Paris'li bir diş hekimi olan Nicolas Dubois de Chemant ile birlikte çalışarak kullanılabilir bir porselen protez yapmayı başarmışlardır (1,13,68,79,85,94). Porselenin diş hekimliğinde ilk kullanımı konusunda, modern diş hekimliğinin babası sayılan Fransız diş hekimi Fauchard'ın 1728'deki bazı girişimlerini de burada anmak gerekir (29,68,79).

İlk kişisel porselen dişler 1808'de İtalyan kökenli bir diş hekimi olan Guisseppangelo Fonzi tarafından gerçekleştirilmiştir (1,29,68,79,85).

Elias Widman 1838'de normal diş tonlarına çok yakın ve saydam bir porselen formüle etmeyi başarmıştır (29,68).

Parmely-Brown firması 1884'de platin-iridyum alaşımlar üzerinde köprü protezleri yapmayı gerçekleştirmiştir (1,29,85).

C.H.Land 1895'de platin yaprak üzerine porselen fırınlamayı başararak günümüzde kullanılan jaket kronların ilk uygulamalarını başlatmış, bu uygulamalar daha sonra 1903'de Spaulding tarafından geliştirilmiştir (1,29,68,70,79,85,94,102).

Fiches 1910 ve 1918'de dental porselenin ve diğer materyallerin ilk defa mekanik özelliklerini araştırarak yayınlamıştır (68).

Brewster 1900'larda orta ısıda fırınlanan seramik materyalini tanıtırken, Almanya'da Jenkins'de kendi geliştirdiği alçak ısıda fırınlanan (918 °C) seramik materyalini tanıtmıştır (68).

Wain 1923'de döküm porselen tekniği ile çalışmalar yapmış (68). Gatzka 1949'da vakumlu fırınlama sistemini geliştirmiştir (68,85).

İkinci Dünya Savaşından sonra, akril ve türevlerinin geliştirilmesi ve yaygın kullanımı, porselen çalışmalarında bir duraklamaya neden olmuş ancak bu konudaki yeni gelişmeler ve özellikle metal-porselen uygulamasındaki başarılı çalışmalar bu materyalin üstünlüğünü ortaya koymuş ve dental porselenlere olan ilgiyi tekrar gündeme getirmiştir (1,79).

1956'da başlayan altın bağlantılı porselen çalışmalarının ardından, 1960 ve 1961'de Silver ve arkadaşları metal destekli porselen çalışmaları yapmışlardır (86,110,111). 1962'de Weinstein ve arkadaşları altın alaşımlar için daha özel bir porselen sistemi geliştirmişler ve O'Brien ve Ryge tarafından bu yüksek genleşmeli porselen, "Lösit Porselen" olarak tanımlanmıştır (94). Bu gün kullanılan metal destekli porselen sistemi bu temel gelişmeyle diş hekimliğine sunulmuştur (68,80,85,117).

Kıymetsiz metal alaşımları 1970'lerde metal-porselen sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır (68,85,86). Kıymetsiz metal alaşımlarının bazı sakıncaları görüldükçe 1974'lerde paladyum gümüş alaşımları ortaya çıkmış, altın fiyatlarının fazlaca artması nedeniyle 1980'lerde bu yarı kıymetli alaşımlar

oldukça yaygın kullanılır hale gelmiştir (15,68,85,86).

Metal destekli porselenlerde bu gelişmeler olurken, 1965'de Mc Lean ve Huges dental frit porselenlerinde güçlendirici bir faz olarak alüminyum oksit fikrini ortaya çıkarmıştır (68,79,85,86,87,88,102).

Alüminus kor porselenlerinin gelişimi böylece bütün porselen jaket kuronların dayanıklılığında çok önemli bir ilerleme sağlamıştır. 1976'da yine Mc Lean ince oksit tabakası ile kaplanmış platin yaprak üzerine alüminus kor porseleni pişirerek, yeni bir güçlendirme tekniği geliştirmiştir (68,85,86,94,102).

O'Brien 1983'de yüksek genleşmeli magnezyum kor materyalini geliştirmiş, bu materyal hem alüminus porselen kadar dirençli, hem de bilinen metal porselenleri ile uyumlu bir kombinasyon oluşturabilmektedir (68,94,102).

Son yıllarda dental porselenlerdeki yeni gelişmeler daha ziyade porselen jaket kronların yapımında kullanılan materyal ve yöntemlerle ilgilidir (102).

Metal destekli porselen restorasyonlarının dirençli yapılarından ötürü sık kullanılmalarının yanısıra özellikle gingival bölgede iyi bir estetik verilememesi, saydam olmayan görüntüsü ve yüksek maliyet gerektirdiklerinden, metal yapının eliminasyonu her zaman için arzu edilen bir durumdur (71).

Bu nedenle restorasyonlarda, porseleni metal destek olmaksızın uygulayabilmek için birçok çalışma mevcuttur. Ancak bu girişimler tek kuronların yapımında başarılı olurken henüz sabit bölümlü protezlerin yapımına yetecek direnci ise sağlayamamışlardır (71,87).

Dental porselenlerdeki yeni gelişmelerden biride enjeksiyonla kalıplanan kor sistemi olarak tanıtılan "Cerestore" sistemdir. Bunlar büzülmesiz seramikler olarak da isimlendirilirler. Bu sistem özel olarak hazırlanan day üzerine enjeksiyon yöntemi ile bir tür alüminus kor porseleninin pişirilmesi şeklinde olup, en büyük avantajı ise sağladığı marjinal uyumun üstünlüğüdür. Ancak oldukça karmaşık ve pahalı bir sistemdir (71,87,94,102). Son zamanlarda restoratif amaçlar için, içinde az miktarda kristal çekirdek bulunan ve bilinen cam yapısında olan seramiklerde kullanılmaktadır (61,71,87,102).

Esasında bu yöntem 1923'lerden beri bilinmekte olup, 1968'de Mc Culloch tarafından diş hekimliğinde kullanılmıştır (68,79).

Günümüzde Hoba ve Kyocera tarafından geliştirilen ve "Cera Pearl" olarak adlandırılan bu apatit seramik, bilinen yöntemlerle dökülebilmekte ve çok düşük genleşme katsayısı nedeniyle de net dökümler elde edilebilmektedir (61,71,87,102).

Diş Hekimliğinde Kullanılan Porselenlerin Yapısı Sınıflandırması ve Genel Özellikleri:

Yapısı:

Genelde Silikat yapısında olan seramikler, bir ya da birden fazla metalin, metal olmayan bir elementle, genellikle oksijenle yaptığı bir bileşim olarak tanımlanabilir (1,30,85).

Yapısı esas olarak her silikon atomunun dört oksijen atomu ile çevrelendiği (SiO_4) tetrahedradır (1,57,63,85,112).

Seramik kristallerindeki atomik bağlar hem iyonik, hem kovalent karakterde olup, serbest elektronları yoktur. Bu güçlü bağlar seramiklere stabilite, sertlik, sıcağa ve kimyasal maddelere direnç gibi özellikler sağlarken, bunlarla birlikte düşük ısı ve elektrik geçirgenliği ile kırılma da kazandırır (1,57,99,112).

Sözü edilen bağlar ve kompleks yapılar nedeni ile seramiğin pişirilmesi sırasında reaksiyonlar yavaştır. Atomik difüzyon hızı da çok yavaş olduğundan, soğuma sırasında porselenler kristalin yapısı yerine sıvı yapısı olarak katılaşıp stabil bir form oluştururlar ki, bu da iç enerjilerinin kristallerinden daha büyük olması ile ilgilidir.

Bu nedenle böyle yapılara camsı (vitreous), bu tip reaksiyon şekline de camlaşma (vitrification) denir (57,85,99,100,112). Buradan da anlaşılacağı üzere dental porselenler diğer seramik türlerinden farklı olup, daha çok gerçek bir cam yapısını andırmaktadırlar (1,29,30,57,79,85,99,112).

Dental porselenler seramiklerin temel yapısını oluşturan kaolin, silika ve bir eritici olan feldsparın değişik oran-

lardaki bileşimlerinden oluşur (1,3,28,30,31,57,85,86,94,98,99,100,112).

1- Feldspat (Potasyum-aliminyum-silikat) (K_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$): Kristal opak bir materyaldır. Bileşimdeki oranı % 70-80 civarındadır. Seramiğe belirli bir şeffaflık sağlayan bu madenin ayrıca bağlayıcı bir özelliği olup, porselen hamuruna akıcılık da sağlar ve kuartz ile kile matriks oluşturur.

2- Kuartz (Silika) (SiO_2): % 10-30 oranında bileşime katılır. Matriks içinde doldurucu görevi yapar, kitleye stabilite sağlayarak dayanıklılığını artırır.

3- Kaolin ($Al_2O_3-2SiO_2-2H_2O$): Bir aliminyum hidrat silikası olan kaolin çin kili olarakta isimlendirilir. Bileşimdeki oranı % 3,5 civarındadır. Yapıştırıcı ve şekillendirici bir özelliği vardır (1,3,57,70,98,99,112).

Dental porselenlerle, diğer seramikler arasındaki en önemli farklardan birisi de bileşimlerindeki kaolin miktarıdır. Dental porselenlerde bu ancak % 3-5 oranında bulunur (1,3,29,52,57,98,99,112).

Ayrıca porselenin birleşimine bazı özellikler kazandırmak ve erime derecesini düşürmek için, Na, Ca, K karbonat veya $Na_2B_4O_7$ gibi bazı maddeler de katılır. Bunlara ilaveten renk oluşturan uranyum, titanyum, demir, krom, kobalt, çinko, kalay gibi metallerin oksitleri de ilave edilir (1,3,30,31,70,85,86,87,94,98,99,100,112,128).

Dental porselen imalat sırasında istenen bileşimde pişirilerek, elde edilen kütlenin öğütülüp toz hale getirilmesiyle üretilir. Bu olaya "Fritaj" (Fritting) elde edilen ürüne de "frit" adı verilir (1,3,30,31,85,86,87,98,99,100,112,128).

Sınıflandırma:

Porselenler genellikle fırınlanma ısıları temel alınarak sınıflandırılırlar, bu ısı porselenlerde istenilen özelliklerin elde edildiği fırınlama derecesidir. İlgili literatürde bu ısılarla ilgili olarak bazı farklılıklar gözlenmektedir (1,3,20,30,31,50,57,70,85,86,87,94,98,99,100,112,128).

Uluslararası standartlarda kabul edilen genel şekli ile bu sınıflama şöyledir:

Düşük ısı porselenleri < 1050 °C
Orta ısı porselenleri 1050-1200 °C
Yüksek ısı porselenleri > 1200 °C (64).

Yüksek ısı porselenleri en çok yapay dişlerin yapımında kullanılmakla beraber, porselen jaket kuronların yapımında da kullanıldığı bilinmektedir. Orta ve düşük ısı porselenleri ise inley, kuron ve köprülerde kullanılırlar (1,3,30,31,50,57,70,85,98,112).

Yukarıdaki sınıflamaya ilaveten;

- a) Vakumda fırınlanan, atmosferik ortamda fırınlanan porselenler.
- b) Aluminus ve Aluminus olmayan porselenler
- c) Kor, opak, dentin, mine, glaze porselenleri gibi sınıflamalarda yapılmaktadır (20,50).

Genel Özellikler:

Dental porselenin uygulanması, porselen tozunun distile su ya da özel sıvısı ile karıştırılarak elde edilen porselen hamuruna değişik yöntemlerle şekil verilmesi ile başlar (1,3,31,57,85,86). Bu işlem yapılırken porselenin tam bir kondensasyonu gereklidir. Kondensasyon porselen partiküllerinin biraraya getirilmesi ve suyun uzaklaştırılması işlemidir (1,3,18,30,31,57,63,85,86).

Porselenin kondensasyonu için fırça ile vurma, gravitasyon, spatilasyon, vibrasyon gibi yöntemlerden yararlanılır (1,85,86,98,112).

Bundan sonraki yapım süreci içerisinde porselenin fırınlanarak yoğunlaştırılması işlemine "sintering" ergiyerek birleşme denir (94,98).

Porselenin yapımı sırasındaki önemli özelliklerden biri de büzülme göstermesidir ki, bu olayda porselen tozunun partikül büyüklüğüne, kondensasyona, nem oranına, fırınlama ısısına

bağlıdır. Genellikle bu büzülmenin hacimsel olarak % 30-38, doğrusal olarak % 11-15 oranında olduğu bildirilmektedir (1,3, 18,30,31,63,85,86,94,111,112).

Dental porselenlerde görülen pörözite olayı kitle içerisinde hava ve gaz kabarcıklarının kalması ile oluşur ki, bu da porseleni hem zayıflatır, hem de saydam özelliğini olumsuz yönde etkiler (3,18,30,31,57,85,88,98,112).

Bu istenmeyen durumun önüne geçilmesi için vakum altında fırınlama, gaz varlığında fırınlama, basınç altında soğutma gibi yöntemler uygulanır. Bugün en yaygın olarak kullanılan metod ise vakumlu fırınlamadır (1,3,30,31,57,79,85,86,98,112).

Fırınlanmış porselen yüzeyi normalde pörözlüdür. Fakat saydam bir cam tabakası sağlayan glaze porseleni ile cilalandıktan sonra yüzey sert, parlak ve pürüzsüz bir görünüm kazanır (1,30,57,85).

İyi bir dayanıma sahip seramik materyali kristal yapıda ve opaktır. Oysa daha saydam olan dental porselen cam yapısındadır ve camın fiziksel özelliklerine sahip olup, esneme özelliği çok az olan, kırılğan bir materyaldir (1,3,18,29,30, 57,63,69,85,86,112).

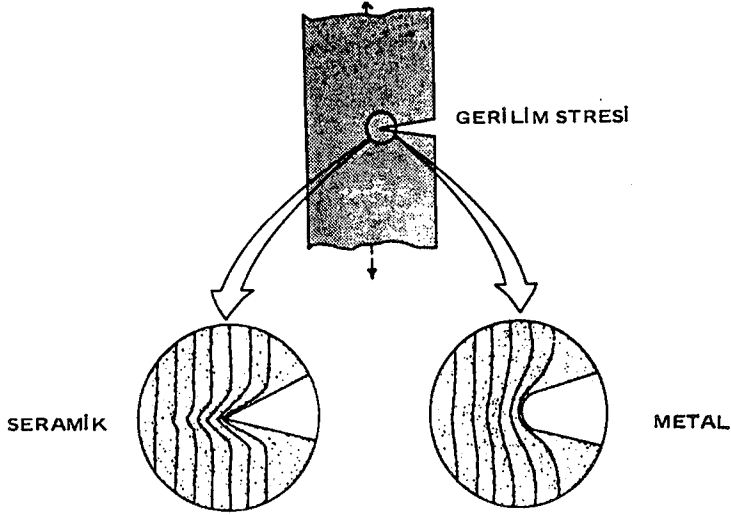
Dental porselenlerdeki cam fazının varlığının yanısıra, asıl kristal yapısının bir feldspat ajan olan lösit olduğunu ve saf cam yapısında olmadığını da vurgulamak gerekir (28,29,80).

Dental porselenler baskı streslerine karşı dayanıklı olmasına karşın, gerilim, makaslama, çarpma ve çapraz kuvvetlere karşı dayanıksızdır (1,3,18,28,30,31,47,50,57,63,69,70,77, 85,86,98,99,100,112,128). (Şekil 1.1.)

Kırılğan bir materyal olan porselenlerde oluşan başarısızlıklar, porselenin bünyesindeki mikro çatlaklar ve yüzeysel düzensizliklere bağlı olarak kuvvetlerin yoğunlaşması ve yoğunlaşan bu kuvvetlerin porselenin dayanma gücünü aşması ile ortaya çıkar (47,57,79,86,88,94,100).

Dental porselenlerde çatlağın başlaması yüzey pörözitesi, abrazyon, aşınma etkileri veya ısıl stres gibi birçok nedene bağlı olabilir (18,47,69,86). Cam yüzeyinin zayıflamasında önemli bir faktör de nem ve sulu ortamın etkisidir, camın statik yorulmasında su önemli bir rol oynar ve dayanıklılıkta zama-

na bağılı bir azalma olur. Bu özelliği porselenin ağız ortamındaki direncini etkiler (18,47,69,91).



Şekil 1.1: Çatlak etrafında oluşan stres yoğunlaşmaları (W.J.O'Brien)

Bunun yanısıra porselenin kısa süreli ve hızlı yükler altında düşük olan direnci, uzun süreli yükler altında daha fazla olabilmektedir. İşte bu nedenlerden ötürüdür ki, porselen restorasyonlarda ağıza takıldıktan çok sonra dahikırılmalar oluşabilmektedir (47,69,86).

Diş minesine göre daha sert olan porselenler, diş hekimliğinde kullanılan en sert materyal olarak bilinirler (18,47,69,79,111).

Dental porselenlerin ısıl genişleme katsayıları mine ve dentininkine yakındır ($6,4-7,8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$) (80,94,99,112). Bu değerler metal destekli porselenlerde kullanılan metallerin genişleme katsayılarından ($14-16 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$) çok düşüktür (44,45,94). Isıl uyumluluğu sağlamak için bu tür porselenlerin bileşimlerine ısıl genişleme katsayısını artıran potasyum silikat ve lityum tuzları gibi alkaliler ilave edilir, bununla beraber metaller üzerine fırınlanan porselenlerin yapısı içerisine kristalin faz olarak "losit" ilavesi ile ısıl genişleme katsayıları metallerle daha uyumlu hale getirilir (28,72,80,85,94).

Dental porselenlerin mekanik dirençleri hakkında değişik kriterler öne sürülmüştür.

Kingery'e göre seramiklerin ortalama direnç değerleri hakkında sağlıklı bir yaklaşım sağlamak için ısı, atmosfer, yük-

leme hızı, mikroyapı, pörözite, yüzey özellikleri, yükleme geometrisi gibi etkenleri gözönünde bulundurmak gerekir (18).

Klinik olarak dental porselenlerin başarısı manüplasyon, kondensasyon ve fırınlama yöntemleri gibi yapım hatalarına bağlı olabileceği gibi, altındaki sağlıklı diş dokusunca iyi bir şekilde desteklenmesine de bağlıdır (86,98,99,100,112).

Dental porselenin direncinin artırılması için değişik yöntemler geliştirilmiştir: (69,85)

1- Porselenin,yüzeyde oluşan gerilim streslerini sınırlandıran oksit kaplı bir metal alt yapı üzerine fırınlanması,

2- Cam matriks içine yüksek oranlarda kristalin seramik fazlarının katılması ile dental porselenin elastikiyet modülünü, direncini ve dayanıklılığını artırmak, (Kuartz ve Alumina gibi)

3- Porselen yüzeyinde baskı stresleri geliştirerek, herhangi bir kuvvet etkisi altında gerilim streslerinden önce, bu baskı stresleri içerisinde kilitlenmesini sağlamak . Bu da iyon değişimi teknikleri ile kimyasal güçlendirme şeklinde (47), veya yüzey tabakalarının genleşme katsayısını düşürerek elde edilebilir (69,85).

Dental porselenin dayanımının artırılması için kullanılan en yaygın yöntem metal alt yapı ile desteklenmesidir (1,3, 29,30,57,85,86,98,117).

Metal Destekli Porselenler

Rand'ın araştırmasına göre 1981'de Amerika'da uygulanan sabit kuron köprü çalışmalarının % 81'i metal destekli porselen restorasyonlardı (117).

Günümüzde yaygın olarak kullanılan metal-porselen sistemi, porseleni üstün estetik özellikleri ile birlikte metal bir alt yapıya bağlayarak, kırılmaya neden olan gerilim kuvvetlerine karşı daha dirençli kılmış ve kuron-köprü protezleri için beklenen gereksinimleri büyük ölçüde karşılamıştır (1,3,29,30,57, 68,85,112).

Metal destekli porselen restorasyonlarda porselenin bu şekilde kullanılması metallerin sırlanmasına benzer bir işlemle uygulanır. Bu nedenle bu tür porselenlere mine porseleni de denir, (Enamel porcelain) (1,29,31,85,112).

Metal alaşımlarla birlikte kullanılan porselenler yüksek genleşme katsayılı ($13-14 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$) feldspatik camlardır. Diğer feldspatik porselenlerden farklı olarak ısısal genleşme katsayılarını artıran yüksek alkali içerikleridir (1,3,28,29, 30,80,94).

Metallerle birlikte kullanılan porselenlerin yaklaşık bileşim oranları şu şekildedir: (94)

Bileşikler	SiO ₃	Al ₂ O ₃	CaO (BaO)	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂ ZrO ₂ SnO ₂
%	50-60	12-16	0-4	9-10	5-8	12-15

Metal destekli porselen restorasyonlar kesimi yapılmış diş üzerine yerleştirilen metal alt yapı ve bu yapı üzerine fırınlanan porselenden oluşurlar (1,3,30,31,57,85,86,94,98,96, 112).

Metal yapı öncelikle bir ön ısı uygulamasına tabi tutularak yüzeyin oksitlenmesi sağlanır. Daha sonra metal rengini maskelemek için titanyum dioksit, zirkonyum oksit, kalay oksit gibi oksitler ihtiya eden opak porselen uygulanır. Bunun üzerine dentin, mine, glaze porselenleri bilinen usullerle şekillendirilir (1,50,70,85,86).

Metal ve porselen gibi iki farklı materyalin birlikte kullanılması teknik yönden bazı özellikler gerektirir. Metal-porselen restorasyonların başarısı alaşımın ve porselenin bu özelliklerine ve arada oluşan bağlantının gücüne bağlıdır (1, 3,30,31,85,98,99,100,112).

Metal alaşımlarla birlikte kullanılacak porselenlerde şu özellikler olması gerekir:

- 1- Uygun bir pişme ısısı
- 2- İyi bir bağlantı

- 3- Yeterli dirence sahip olması
- 4- Belirli bir büzölmeye sahip olması
- 5- Renk değiştirmemesi
- 6- Doğal dişlere benzer şeffaflık
- 7- Alaşımların ergime derecesinden daha dőřük ısılar-
da fırınlanması
- 8- Isısal genleşme katsayısının metalinkine yakın ol-
ması (1,18,30).

Metal-porselen restorasyonlarda kullanılan metallerde ise şu özellikler gereklidir:

- 1- Kolay dökülebilirlik
- 2- Lehimlenebilme özelliği
- 3- Parlatılabilme özelliği
- 4- Yorulma dirençlerinin fazla olması
- 5- Okluzal kuvvetleri absorbe edebilmeleri
- 6- Lekelenme, renklenme direnci
- 7- Esneme dirençlerinin yüksek olması
- 8- Isısal stabilite ve zamana bağlı çökme dirençleri-
nin yüksek olması
- 9- Yapının ince grenli ve sert olması
- 10- Toksik elementler ihtiva etmemesi
- 11- Isısal genleşme katsayılarının porselenle uyumlu
olması
- 12- Porselenle iyi bir bağ oluşturması (1,30,57,86,99
100,112,117).

Metal destekli porselen restorasyonlarda kullanılan me-
tal alaşımları aşağıdaki gibi sınıflamak mümkündür:

A- Soy metal alaşım sistemleri:

I. Yüksek altın içerenler

1. Altın-Platin-Palladyum alaşımları

2. Altın-Platin-Palladyum alaşımları

II. Dőřük altın içerenler

3. Altın-Palladyum-Gümüş alaşımları

III. Altın içermeyenler

4. Palladyum-Gümüş alaşımları

B- Soy olmayan metal alaşım sistemleri:

1- Nikel-Krom alaşımları

2- Kobalt-Krom alaşımları (85,86)

Her ne kadar bilimsel olmadığı ifade edilmekte ise de, bazı araştırıcıların kıymetli, yarı kıymetli ve kıymetsiz alaşımlar şeklinde sınıflamalar yaptıkları da görölmektedir (15).

Günümüzde soy olmayan metal alaşımlarından nikel-krom alaşımları yaygın olarak kullanılmakta, buna karşın krom-kobalt alaşımları ise fazla tercih edilmemektedir (86,90,117).

Soy alaşımlarda kullanılan metallerden altın, dökümün hassasiyetini artırırarak, çalışmayı kolaylaştırır. Platin ve palladyum ise, erime derecelerini yükselterek, direnci artırır, ısısız genleşme katsayısını düzenler. İndiyum, çinko, kalay, rutenyum gibi metallere ise metal porselen bağlantısını sağlayan oksit tabakasını oluşturur (1,13,15,85,86,98,112).

Bugün mevcut alaşım sistemlerinden hiçbirisi hastanın, hekimin, teknisyenin gereksinimlerini tam anlamıyla karşılayabilecek nitelikte değildir. Alaşımlarla ilgili her gelişme bu konudaki bir problemi çözmeye amacı ile geliştirilmiştir (117).

Metal destekli porselen restorasyonlarında kullanılan alaşımlardan Au-Pt-Pd alaşımlarının dökülebilirliklerinin iyi olması, porselenle iyi bir bağlantı sağlaması, kolay çalışma ve polisaj, korozyona direnç, toksik olmama, okluzal yüzeyleri oluşturmada uygun olması gibi avantajlarının yanısıra yüksek maliyetleri, elastikiyet modüllerinin düşük olması, çökme dirençlerinin ve ısıya bağlı esneme dirençlerinin düşük olması gibi dezavantajları vardır (84,86).

Au-Pd-Ag alaşımlarında ise, Au-Pt-Pd alaşımlarından farklı olarak yüksek erime derecesine sahiptirler. Buna bağlı olarak ısıyla oluşan esnemeleri de daha az, elastikiyet modülleri ise daha yüksektir. Ancak bu tür alaşımlarda gümüş içeriğinin fazla olması renklenmeye neden olabilir ve yüksek paladyum içeriğii döküm sırasında gaz abzorbe etme riskini artırır (84, 86).

Palladyum-gümüş alaşımlarının yüksek elastikiyet modülü, toksik olmaması ve düşük maliyetleri gibi avantajlarının yanında dökümlerinin zor olması, gümüş içeriğine bağlı renklen-

me olasılığı ve palladyuma bağlı gaz abzorbsiyon riskinin fazla olması gibi dezavantajları vardır (84,86).

Her ne kadar nikel-krom alaşımları elastikiyet modüllerinin ve esneme dirençlerinin yüksek olması, düşük maliyetleri nedeni ile avantajlı gözükseler de, dökümlerinin zor olması, aşırı oksit formasyonu nedeniyle porselenle olan bağlantılarının ve renklerinin etkilenebilmesi, nikel karşı hassasiyeti olanlarda toksik olabilmeleri gibi önemli dezavantajlara sahiptirler (84,86).

Ayrıca bugün için düşük maliyetlerinden ötürü yaygın olarak kullanılan Ni-Cr alaşımları ile yapılan çalışmalarda çok daha fazla özen, dikkat ve zaman harcanacağı göz önünde bulundurulmalıdır (69).

Eğer tek bir metal alaşımının tercih edilmesi gerekliyse, en mantıklı seçim altın-palladyum alaşımları olacaktır. Ancak bunun yanı sıra her farklı durum için değişik fiziksel özellikleri ve maliyeti olan alaşımlar da kullanılabilir (15).

Metal-Porselen Bağlantısı

Metal-porselen bağlantısı ile ilgili mekanizma bugün için daha iyi anlaşılmıştır. Bu bağ Mc Lean'e göre Vickery ve Badinelli ile Cascone'unda tarif ettiği şekliyle üç ana unsurdan kaynaklanmaktadır. Bunlar moleküler, mekanik ve sıkışma kuvvetleridir (85,86).

Bu konuda birçok araştırmacı çalışmalar yapmış ve metal porselen bağlantısını sağlayan değişik unsurları açıklığa kavuşturmuşsa da, bunların bağlantıya ne oranda katkıları olduğu hakkında hala bazı kuşkular vardır (69). Bununla beraber güçlü bir metal-porselen bağlantısının oluşması için belirli bir oksit tabakasının şart olduğu konusunda ortak görüşler ifade edilmiştir (18,24,69,74,86,94,130).

Genel olarak metal porselen bağlantısının dört temel unsurdan oluştuğu bildirilmektedir. Bunlar:

- 1- Mekanik bağlantı kuvvetleri
- 2- Kimyasal bağlantı kuvvetleri

3- Van der Walls kuvvetleri

4- Sıkışma kuvvetleridir (1,3,26,27,30,31,57,74,85,86,99,100,112,113,121,122,130).

Mekanik bağlantı kuvvetleri:

Bu bağlantı, metal alt yapı yüzeyinin değişik yöntemlerle pürüzlendirilmesi ile sağlanır (1,50,57,85,86,112).

Bu pürüzlendirme metal yüzeyinin mül, mulet veya zımpara ile tesviyesi sırasında oluşturulabilmekle beraber, genellikle bu şekilde yeterli bir pürüzlendirme sağlanamaz (25,58).

Çeşitli büyüklükte grenler ihtiva eden AlO_2 tozlarının basınçla püskürtülmesi ile de pürüzlendirme sağlanabilir ve en yaygın olarak kullanılan yöntem budur (13,78,85,86).

Retansiyon boncuklarının kullanılması ya da küçük boyutlardaki alaşım partiküllerinin metal yüzeyine lehimlenmesi de (metalizasyon), diğer yöntemler arasında sayılabilir (41,74,76,108).

Pürüzlendirilmiş yüzeyle porselen arasında mikromekanik bir kenetlenme oluşur (78) ve böylece yüzeyin kolay ıslanabilirliği sağlanır, bağlanma alanı genişletildiğinden diğer bağlantı kuvvetlerinin etkisi artırılmış olur (1,13,85,86,98).

Kimyasal bağlantı kuvvetleri:

Oksidasyonla sağlanan kimyasal bağlanmanın metal porselen bağlantısındaki başlıca faktör olduğu düşünülmektedir (19,26,74,85,86,113,120)

Mc Lean ve Sced bunu bir "sandviç" yapısına benzeterek porselenin uygulanmasından önce metalin bir ısı işlemine tabi tutulması ile ortaya çıkan oksit tabakasının hem metali hem de porseleni ayrı ayrı birleştirdiğini belirtmektedir (85). Bu arada oluşan oksitlerin, porseleni cam fazına getirip eritmek sureti ile atomik kontak sağlandığını ve atomik kuvvetlerin oluştuğunu ifade etmişlerdir (85).

Soy metal alaşımların içine katılan demir, indiyum, çinko, kalay gibi metaller bu ısı uygulaması sırasında yüzeye çıkarak ince oksit tabakasının oluşmasını sağlarlar (1,13,19,26,85,86).

Nikel-krom ve kobalt-krom alaşımlarında ise ilgili metallerin direk oksitleri bu ara oksit tabakasını oluştururlar. Ancak bu tür metal alaşımlarda yüzeyde oluşan oksit tabakasının kalınlığını kontrol etmek oldukça güçtür ve oksit tabakasının aşırı kalın olması bağlantının başarısızlığına neden olabilir (1,3,13,25,26,31,50,85,86,112).

Bağlayıcı ajanların kullanıldığı durumlarda ise, ara oksit tabakası bu ajanlarla metal arasında meydana gelir (1,13,19,85,86).

Metal ve porselen arasında oluşan kimyasal bağlanma iyonik, kovalent veya metalik tipte olabilir (113). Fırınlanan porselen, metalden gelen iyonları abzorbe ederek bir bağ oluşturur bu nedenle de porselenin iyonları abzorbe edebilme yeteneği ve alaşımın fırınlama sırasında porselen içinde eriyebilecek en az bir komponent ihtiva etmesi, kimyasal bağlantıyı sağlar (26).

Oluşan oksit tabakasının kalitesi, kalınlığı ve uygun bir kimyasal bağın oluşması metalin kompozizyonuna, döküm tekniğine ve ısı uygulamasının süresinde bağlıdır (13,26,27,85).

Van der Walls kuvvetleri:

Gerek atomik gerekse moleküler kuvvetlerden oluşurlar ve fiziksel absorpsiyon olaylarına bağlıdır. Sekonder bağlayıcı kuvvetler olarak da değerlendirilirler (1).

Porselen metal üzerine fırınlanırken, ilk opak tabakadaki porselen granülleri birleşerek toplanır ve metal yüzeyini ıslatmaya başlarlar. Bu ıslanmanın etkinliği ise yüzey gerilim etkisine bağlıdır. "Van der Walls" ıslanma bağları terimi, bu adeziv kuvvetleri tanımlamak için kullanılır. Birleşim açısı ne kadar küçükse erimiş porselen, katı metali o kadar iyi ıslatabilecek ve metal yüzeyindeki tüm ayrıntılara girerek iyi bir bağlanmaya zemin oluşturacaktır (13,31,85,94,86).

Sıkışma kuvvetleri:

Dental porselenin metale sıkışma kuvvetleri ile tutunması metal yüzeyinin geometrisine, metal ve porselenin ısıl genişleme katsayıları arası uyuma bağlıdır. Fırınlama sırasında

25 mikronluk glaze filmi dışında porselen hiç bir zaman sıvı veya eriyik hale gelmez. Sonuç olarak porselenin pişme büzülmesi ve ısı büzülmesi nedeni ile alaşımın büzülmesini engelleyici bir çaba gösterecektir. Metalin büzülmesinin porselenden daha fazla olması, porselenin baskı stresslerine maruz kalmasına, metal üzerinde ise gerilim etkisine neden olacaktır. Böylece metal-porselen bağlantısına katkısı olan bir sıkışma söz konusu olacaktır (1,13,57,74,85,98,112).

Bu olay metal ve porselenin ısıl özelliklerini kapsayan bir ısıl uyumluluk kavramını geliştirmiş ve araştırmacıları metal ve porselen arasında bu farklı ısıl özelliklerden oluşan stresleri incelemeye ve hesaplamaya yöneltmiştir (14,35,40,52,93).

Metal Destekli Porselenlerde Isıl Genleşme ve Isıl Uyumluluk

Çok az istisna dışında tüm yapılar, dış basınç sabit kaldığı müddetçe artan ısı karşısında hacimsel bir genleşme gösterirler (42,52,104). Isınma ile atomların salınımlarının amplitüdünün artması sonucu hacim artar (42). Boyutsal olarak artan ısı aralığındaki uzama ise doğrusal genleşme katsayısı olarak tanımlanır (42,52,104) " α " olarak ifade edilen boyutsal genleşme katsayısı; $\alpha = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta T}$ formülü ile, ΔT ısı aralığındaki ΔL uzama miktarına göre hesaplanır (51,52,104).

Metal-porselen restorasyonlardaki uyumluluk terimini açık bir şekilde ifade etmek istersek, porselen yapısını etkilemeyecek ve metal alt yapıyı deformasyona zorlamayacak geçiş veya artık stresleri oluşturmadan, bir seri ısıl genleşme ve büzülme devresi geçirebilecek uyumlu metal-porselen kombinasyonları şeklinde tanımlanabilir (4,13,14,52,117).

Genel anlamda metal-porselen uyumluluğu, ısıl uyumluluk kavramını da içine alan, porselen-metal bağlantısı, dişe olan uyum, estetik ve fonksiyonel unsurları da kapsayan bir kavramdır (4,101)

Metal-porselen yapıların ısıl uyumluluğu yalnızca heriki materyalin ısıl genleşme ve büzülme katsayılarına bağ-

lı değildir. Restorasyonun tasarımı (geometrisi) porselenin ve metalin gerilim direnci, metal-porselen kalınlık oranı, ısıtma ve soğutma hızları, porselenin olgunlaşma derecesi, ısısız iletkenlik ve yayılma özelliği, cam geçiş ısısı ve kullanılan metal ve porselenin yapısına da bağlıdır (4,52,101,126).

Bu denli çok sayıda faktörün etkili olması, yüzde yüz uyumlu metal porselen birleşimini ifade etmeyi güçleştirmektedir. Bu nedenle dental literatürdeki uyumluluk teorilerinin hiçbiri belirli bir metal-porselen sisteminin uyumsuzluğunu açıklamakta yeterli değildir (4,13,14,33).

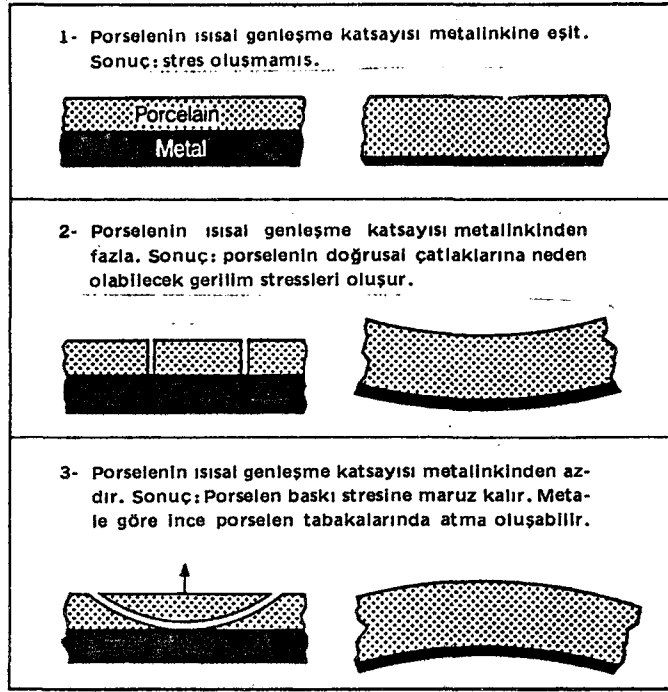
Bu konuda çok değişik analitik modeller ve teorik analizler ve deneysel ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak laboratuarda kullanılan çok değişik geometriler ve koşullar nedeni ile bu teorik analizler ve deneysel ölçümler tek başlarına ısısız uyumluluk kavramını açıklamakta yetersiz kalır (4,117).

Her iki materyalin birbirinden bağımsız ısısız genleşme katsayılarının ölçülmesi, ısısız şok testleri, üç noktalı yükleme veya esneme kullanılarak bağlantının karakterizasyonu ve uzun köprülerde çok sayıda porselen fırınlaması bu konuda ısısız uyumluluğun belirlenmesi için önerilen deney yöntemlerindedir (101).

Isısız uyumlulukla ilgili literatür incelendiğinde, çalışmaların genellikle metal ve porselenin ısısız genleşme ve büzülme davranışlarını incelemeye, bu ısısız davranışları içerisinde porselenin cam geçiş ısısının (glass transformation temperature, solidification temperature, fitting temperature) tespitine, metal ve porselenin ara tabaka stresinin ölçümüne ve bu olguları etkileyen faktörleri incelemeye yönelik olduğu görülmektedir (5,7,9,12,14,16,17,33,34,35,38,40,42,44,51,103,106,115,116,117,120,125,126). (Şekil 1.2)

Genel olarak metal alaşım ve porselenin ısısız genleşme katsayılarının birbirine yakın olması istenir. Metalin büzülmesinin porselene göre çok az fazla olması, bağlantıda porselen lehine bir baskı stresi oluşturur (4,13,14,27,29,35,40,44,45,55,60,85,86,114,123).

Nielson ve Tuccillo 0.125×10^{-6} inç/inç $^{\circ}\text{F}$ lık bir genleşme katsayısı farkının emin bir sınır olduğunu belirtmişler ve 0.60×10^{-6} inç/inç $^{\circ}\text{F}$ lık bir farkın bağlantı direncini bozabileceğini ifade etmişlerdir (93,114).



Şekil: 1.2: Metal-porselenlerde tipik stress durumları (H.Clauss)

Hobo ve Shillingburg bu farkın $1.7 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda, başarısızlığa neden olabilecek makaslama kuvvetlerin söz konusu olabileceğini belirtmiş ve $1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ lık bir farkı emin bir sınır olarak kabul etmişlerdir (62).

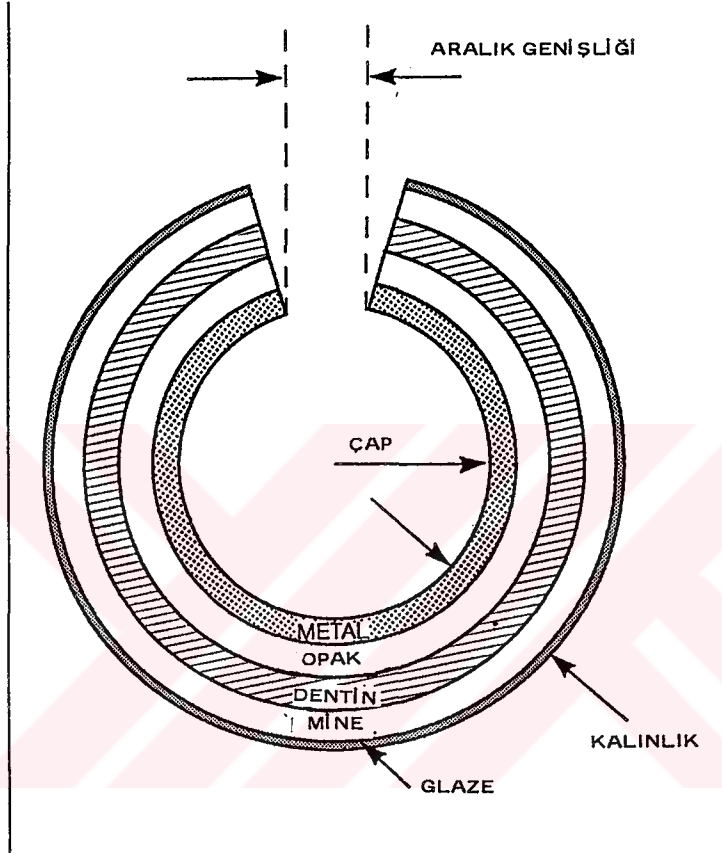
Porselenin fırınlanması sırasında soğuma süreci içinde, elastik yapıdan katı bir yapıya dönüştüğü cam geçiş ısısından itibaren metal alaşım ile olan büzülme farklılığı sonucu arayüzde bazı streslerin oluştuğu bilinen bir gerçektir. Bunlar artık stresler, ısısal stresler olarak ifade edilirler (12,13,14,33, 34,38,51,52,118,119).

Isısal uyumluluk ve stres seviyeleri ile ilgili daha özel tanımlar yapabilmek için ilk basamak olarak metal alaşım ve porselenin genişleme özelliklerinin bilinmesi gerekir. Porselenin genişleme karakteri metalinkinden farklı olup, bunlar doğrusal olmayan bir genişleme özelliği gösterirler (4,16,51,52,123).

Genellikle porselen ve metal alaşımların ısısal genişleme katsayıları değişik tipteki dilatometrik ölçümlerle elde edilmiştir (14,16,38,42,43,44,45,51,103,123,125).

Metal destekli porselen restorasyonların kullanılmaya başlanmasından bu yana araştırmacılar, arayüz stresleri konusunda değişik analitik ve deneysel modeller sunmuşlardır. Deneysel

yöntemler: Açık halka testi ile porselenin fırınlanmasıyla oluşan açıklıktaki artma ve azalmanın değerlendirilmesi, sistemlerin ısıl şoka karşı dirençleri, çift materyalli şeritlerin esnemesinin değerlendirilmesi şeklinde uygulanmaktadır (4,7,93,105,115,116,125,126). (Şekil 1.3)



Şekil 1.3: Metal-porselen sistemlerde ısıl streslerin gözlenmesinde kullanılan açık halka yöntemi (R.P. Whitlock)

Çalışmalarda arayüz stresinin oluşmasında cam geçiş ısısı kritik bir nokta olarak değerlendirilmiş ve bu ısının tespitine yönelik çeşitli araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bazı çalışmalarda bu kritik ısı derecesi dilatometrik genişleme eğrisindeki sapmayla, bazılarında fotoğrafik teknikle, bazılarında ise çubuk esnetme viskometreleri ile tesbit edilmiştir (4,9,14,16,17,34,35,38,42,44,53,93,119,120).

Isıl genişleme farklılığından oluşan arayüz stresi hesaplamaları, genellikle 1920'de Timoshenko'nun çift materyalli termostatlar için geliştirdiği formüle dayanılarak yapılmıştır

(4,9,14,16,17,33,34,36,37,38,52,93,105,118).

$$\sigma = K \int_{T_0}^{T_g} \Delta\alpha \cdot \Delta T$$

σ : Arayüz stresi

K : Materyal ve geometri sabitesi

$\Delta\alpha$: Isısal genleşme katsayıları arası fark

T_0 : Referans ısısı

T_g : Cam geçiş ısısı

Metal-porselen uyumsuzluğunu tesbit edebilmek için kullanılan metotlardan biri de, ısısal şok deneyleridir. Bu deneyde örnekler iki ila üç kez ısıtma ve buzlu suda şok uygulamasına tabi tutulurlar ve oluşan çatlaklar değişik yöntemlerle gözlenir (4,7,9) Anusavice ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ısısal uyumluluk verileri ile ısısal şok verileri arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur (9).

Konu ile ilgili çalışmalar yapmış olan Tuccilo ve Nielsen (118) altın ve porselenden oluşan çift materyalli şeritlerde kalınlık oranına ve ısı fonksiyonuna bağlı olarak oluşan stresleri şeritteki eğimlere göre ölçmüşler ve bu streslerin 1000 psi. lik gerilim stresleri ile 3.000 psi.lik baskı stresleri arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Yine Nielsen ve Tuccilo'nun (93) ifadesine göre Timoshenko'nun çift materyalli termostatlar için geliştirdiği formüldeki 'K' sabiti elastikiyet modülü, poison oranı, geometrik şekil gibi değişkenlerin bir fonksiyonudur. Buda $K : \frac{E}{2}$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu düşünce ile kullandıkları örneklerde; silindirler için K: 1.13 E, küreler için K: 1.70 E olarak tesbit etmişlerdir.

Bu çalışmada porselenin tüm kompozisyona oranınının 0.70 den az olduğu durumlarda baskı stresleri, porselen/kombinasyon oranınının 0.55-0.70 olduğu durumlarda ise gerilim stresleri geliştiği bildirilmiştir (93).

Porselen ve altın alaşımının ısısal genleşme katsayıları arası farktan doğan ısısal makaslama streslerinin 13.00 psi olarak ölçülen arayüz makaslama direncini aşabilecek boyutlara

ulaşabileceği, bu nedenle ısısızal genleşme katsayıları arası fark toleransının 0.125×10^{-6} inch/inch $^{\circ}\text{F}$ olması gerektiğini bildirmişlerdir (4,93,118).

Soğutma hızı ve örnek geometrisi gibi teknik faktörlerin kontrolü ile bu streslerin azaltılabileceğini ifade etmişlerdir (118).

Konu ile ilgili olarak Ringle ve arkadaşları (103) dental porselen ve alaşım sistemlerinin ısısızal davranışlarını araştırmışlar, bir, beş ve on fırınlama uyguladıkları porselenlerin ısısızal genleşme katsayılarını sırasıyla $11.38-11.62-11.38 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak bulmuşlardır. Ölçümler sırasında porselen örnekleri yüksek ısılara kadar ısıtılmasının büzülme eğrisini anlamsızlaştırdığını gözlemişlerdir.

Ayrıca Fukui ve arkadaşları (55) ısısızal genleşme davranışlarını $25-600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında dilatometrik ölçümlerle incelemişler, metal ve porselen arasındaki ısısızal genleşme farklarının ısıya bağılı olarak değiştiklerini gözlemişlerdir.

Whitlock ve arkadaşları ise (125) porselen-metal sistemlerinde çatlama kopma gibi başarısızlıkların nedeni olarak fırınlama sırasında oluşan stresleri göstermişler ve bu stresleri değerlendirmek için metal alaşımların ve porselenlerin genleşme davranışları hakkında yeterli bilgiye gereksinim olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları bir başka çalışmada, aynı araştırmacılar porselen vengerlerde artık stres gelişimini incelenmesinde açık halka yöntemini geliştirmişler ve ısısızal streslerin şu faktörlerce etkilendiğini bildirmişlerdir:

- 1- Isısızal genleşme katsayısı
- 2- Cam geçiş ısısı
- 3- Gizlenmiş artık stres
- 4- Elastikiyet modülünün ısıya bağımlılığı
- 5- Kristalleşebilirlik
- 6- Isısızal iletkenlik
- 7- Isı kapasitesi
- 8- Tabaka sayısı
- 9- Tabaka kalınlıkları oranı
- 10- Stresleri boşaltabilme yeteneği (126)

Al-Azzawi ve arkadaşları da (2), değişik ısısal büzülme farklılıklarının porselen metal bağlantısına etkisini, burma deneyi kullanarak ölçmüşler ve metal porselen arasındaki bağlantının hem arayüz bağlantısı hem de soğuma sırasında oluşan streslerin bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Fairhurst ve arkadaşları (51) ısısal uyumluluğun incelenmesinde ilk basamak olarak metal ve porselenin ısısal genleşme davranışlarının karakterize edilmesi gerektiğini ifade etmişler, metal-porselen arayüzünde oluşan streslerin materyallerin genleşme katsayıları arasındaki fark ile sistemin özel geometrisi ve materyallerin elastikiyet modülleri oranı ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar önceki çalışmalarının ardından Timoshenko'nun çift metalli termostatlar formülüne dayanarak, bir ısısal uyumluluk indeksi kavramı geliştirmişlerdir. Bu indeks verilerinin yorumunun en az şu üç faktörün göz önünde bulundurulmasını gerektirdiğini bildirmişlerdir (52).

- 1- İki materyalli birleşimin geometrisi
- 2- İki materyalin bağlantısı
- 3- Metal-porselen restorasyonlarda, laboratuvar pratiğindeki soğutma hızı

Alaşım-porselen sistemlerinde uyumluluk indeksinin belirlenmesinde porselenin cam geçiş ısı, kritik bir nokta olarak indeks değerlerini belirlemiştir (52).

Benzer çalışmalarda Tesk ve arkadaşları (116), porselen kaplamalı açık metal halkalarda, fırınlama ile olan değişiklikleri inceleyerek, Timoshenko'nun çift metalli şeritlerdeki stres analizine dayanan yönteminin iki tabakalı birleşimlerde kullanışlı olduğunu, ancak üç veya daha fazla tabakalı sistemde kompleks streslerden ötürü dikkatli kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Derand (40), metal-porselen restorasyonlarda oluşabilen ısısal farklılık streslerini değişik analitik ve deneysel örneklerde, gerilim ölçerler yardımı ile incelemiş ve metal-porselen arayüzünde yüzeye göre daha fazla baskı streslerinin bulunduğunu ve arayüze dik yönde gerilim streslerinin bulunduğunu tespit etmiştir.

Dorsch (42,43,44,45) yaptığı çalışmalarda, değişik metal alaşım ve porselen materyallerinin ısısal genleşme katsayılarını dilatometrik ölçümlerle belirlemiştir. Sonuç olarak, metallerin ısısal genleşme katsayılarının tekrarlanan ısıtma devrelerinden etkilenmediğini ve $14-16 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ arasında değişen değerler gösterdiklerini bildirmiş ve porselenin artan fırınlama sayısına göre ısısal genleşme katsayısında da bir artış olduğunu ve yavaş soğutmanın ısısal genleşme katsayısını artırdığını ifade etmiştir. Bu gözlemlere dayanarak fırınlama koşullarının kontrolü ile ısısal olarak uyumlu metal-porselen kombinasyonlarının elde edilebileceğini vurgulamıştır.

De Hoff ve arkadaşlarının (35) yaptıkları çalışmada, ısısal şok deneyleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile metal-porselen birleşimlerinde soğuma sırasında oluşan stresler incelenmiş ve kullanılan yöntemlere dayanılarak normal hava ile soğutma süresince oluşan geçici streslerin, porselenin çatlaması için yeterli olmadığı görüşüne varılmıştır.

Scherer (105) açık halkalı yöntemle yaptığı çalışmada, halkada kullanılan materyallerin genleşme farklılığının yalnızca kullanılan materyallere bağlı değil, halkanın tasarımına, tabakaların kalınlığına da bağlı olduğunu vurgulamıştır.

De Hoff ve Anusavice (36) yaptıkları çalışmada, metal tasarımının marjinal distorsiyona etkisi araştırmışlar ve tasarımın etkisinin çok az, buna karşın ısısal genleşme farkının daha fazla etkisinin olduğunu tesbit etmişlerdir.

De Hoff ve Anusavice (37) yaptıkları bir başka çalışmada, altı bağlantı direnci deney yönteminde artık stres dağılımını saptamak için analitik modeller kullanılmışlar ve sonuç olarak arayüzde, en az artık makaslama ve gerilim stres seviyelerinin dikdörtgensel düzlemlerle makaslama testinde ortaya çıktığını gözlemişlerdir. Genel olarak boyutlardaki küçük değişikliklerin artık stres dağılımına çok az etkileri olduğunu ve stres seviyelerinde aşırı olmayan etkileri olduğunu söylemişlerdir.

De Hoff ve Anusavice (33), geliştirdikleri analitik modele dayanarak metal-porselen sistemlerinde komşu porselen tabakalarının arayüzlerinde oluşan artık stresleri hesaplamışlar ve ara tabakaların ısısal büzülme katsayılarındaki değişikliklere çok fazla duyarlı olduklarını bulmuşlardır.

Walton ve O'Brien (123), ısısız uyumlulukta porselen ve metalin ısısız genleşme katsayıları arası farkın belirleyici rol oynadığını belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada, palladyum gümüş alaşımına bağlı porselen örneklerde farklı ısısız genleşme katsayısına sahip porselenlerle disk ve küre şeklindeki metal alt yapılar kullanmışlar ve ısısız genleşme farklılığının farklı geometrilerdeki etkilerinin farklı olduğunu gözlemişlerdir.

De Hoff ve Anusavice (38), tipik dilatometre örnek geometrisinde gelişen ısısız elastik gerilimlerin normal hava soğutmasındaki oranlarda oluşan stresler kadar olmadığını göstermişlerdir. Bu çalışmada 80 °C/dak.lık bir hava soğutmasının ısısız genleşme farklılığını ve cam geçiş ısılarını % 1.5'den az bir oranda artırmıştır. Ancak daha yüksek hızlarda, bu değerler bariz olarak etkilenmiştir.

Twiggs ve arkadaşları (119), artık streslerin hesaplanmasında geçiş ısının önemini ifade etmişler ve bu ısının farklı ısıtma ve soğutma hızlarında değiştiğini bildirmişlerdir. Ancak mevcut bilinen aletlerle gerçek dental laboratuarda uygulanan soğutma hızlarının sağlanamadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada çubuk esnetme vizkometre tekniği kullanılarak, hızlı ısıtma ve soğutma hızlarında değişik porselenlerde farklı cam geçiş ısıları tesbit edilmiştir. Artan ısıtma hızlarının, cam geçiş ısılarını da artırdığı bulunmuştur.

Opak porselenlerin cam geçiş ısıları dentin porselenlerindenkinden daha yüksek olmakla beraber, dentin porseleninin cam geçiş ısının üst limit olarak alındığını çünkü vizkoz akışkanlığın aktivasyon enerjisinin her iki tip porselenide aynı sınırdaki tuttuğunu ifade etmişlerdir (119).

Metal Porselen Restorasyonlarda Direncin Değerlendirilmesi:

Metal destekli porselen restorasyonlar metal bir alt yapı, geçiş bölgesi (transition zone) opak porselen, dentin porseleni, mine porseleni ve glaze tabakalarından oluşan çok üyeli bir yapıdır. Metal-porselen restorasyonlardaki klinik başarı alaşımın dökülebilirliğine, çökme direncine porselen ile metalin

birleşmesine, porselen-metal uyumluluğuna, her ayrı materyalin fiziksel özelliklerine, protezin tasarımına, varsa lehimlemenin kalitesine, ağız içindeki preparasyonun uygunluğuna ve estetik karakterlere dayanmaktadır (4).

Ağız içindeki restorasyonların direncini zorlayan kuvvetler ise devamlı kuvvetler, aralıklarla etkiyen kuvvetler ve makaslama kuvvetleri şeklindedir (108). Bu kuvvetler en az mandibular santral kesicilerde 40 pound (18 kg), en fazla ise mandibular birinci molarlarda 90 pound (40 kg) kadar oluşabilmektedir (121).

Porselen restorasyonların yükleme veya makaslama ile bir seferde uygulanan 50 kg.lık (110 pound) bir kuvvete dayanması klinik kullanım için emin bir sınır olarak kabul edilir (108,73).

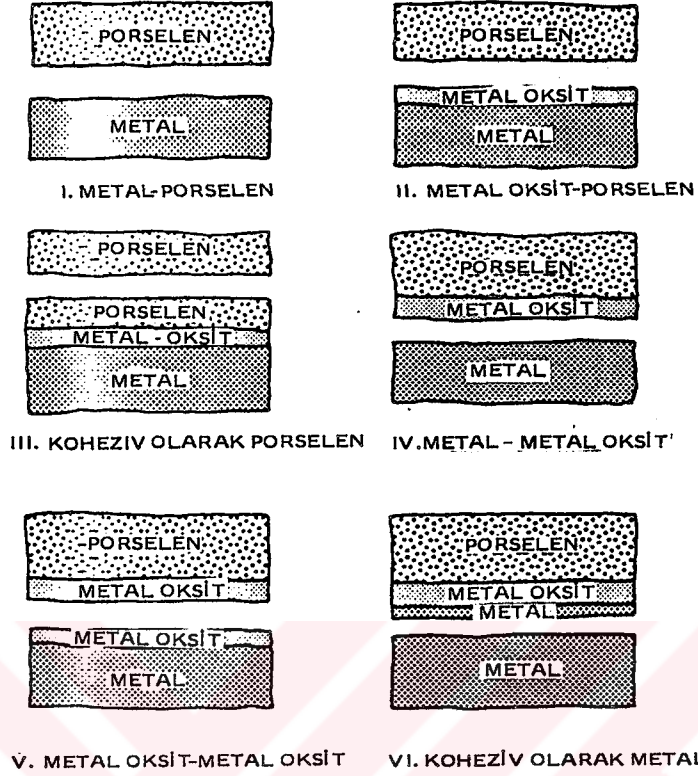
Metal-porselen restorasyonların başarısında çok sayıda ve karmaşık faktörlerin etkili olmasının yanısıra metal-porselen uyumluluğu, metal-porselen bağlantı direnci, alaşımın dökülebilirliği ve çökme direnci başta sayılabilecek faktörlerdir (4).

Metal-porselen sistemlerde direncin değerlendirilmesi ile ilgili araştırmalar genellikle bağlantı direncine yönelik olma eğilimindedir (69).

Warpeha ve Goodkind beklenmeyen klinik başarısızlıkların en çok metal porselen arayüzünde ayrılma, opak ve dentin porselenleri arasında kırılma ve restorasyonun yüzeyinde oluşan çatlaklar şeklinde olduğunu ifade etmişlerdir (124).

O'Brien ise, altı tip metal porselen başarısızlığı tanımlamış ve uygun bir bağlantıda porselenin kohesiv olarak kırıldığını belirtmiştir (94). (Şekil 1.4). Genellikle altın alaşımlarında porselenin kohesiv başarısızlığı, soy olmayan alaşımlarda ise adesiv başarısızlık şeklinde, yani ara yüzdeki kopma biçiminde olduğunu belirtmiştir (94,95).

Aynı araştırmacı daha sonra yaptığı bir çalışmada, porselenin kohesiv direncini gerilim içinde incelemiş ve porselenin kohesiv direnci ile bağlantı direnci arasında fark olmadığını belirtmiştir. Ayrıca bağlantı direncini etkileyen bir faktör olarak da, porselenin metali ıslatabilmesini göstermiş, kontak açısının altın alaşımlarda 45-55°, krom nikel alaşımlarda ise



Şekil 1.4: Metal-porselen kırılmalarının sınıflandırılması (W.J.O'Brien)

80-100° olduğunu ifade etmiştir (96).

O'Brien (95) bağlantı deneylerini kullanılan maddelerin elastik özelliklerinin dikkate alınmadığını ve deney örnekleri geometrilerinin stres analizlerinin yapılmadığını belirterek bazı eleştiriler yapmıştır. Örneklerin hazırlanmasının ve test işleminin bağlantı direncini etkilediğini ve çevresel koşulların dikkate alınmadığını da vurgulamıştır (95).

Konu ile ilgili olarak, mekanik bağlantı direncinin değerlendirilmesi için çok sayıda deney yöntemi geliştirilmişse de, tek bir deney yöntemi konusunda ortak bir görüşe varılamamıştır. Deney örneklerine göre elde edilen değerlerde farklılıklar olduğu konusunda araştırmacılar aynı görüştedir (69,94,95).

İdeal bir bağlantı direnci deney tasarımı şu kriterlere uymalıdır:

1- Porselen, döküm metal örneklere uygulanırken pratikte uygulandığı biçimine ve boyutlarına uygun olmalı,

2- Metal porselen arayüzüne yükleme yapılırken ağız ortamında restorasyonların maruz kaldığı kuvvetlere uygun bir şekilde yüklenmeli,

3- Deneyler şüphe götürmeyen kantitatif cevaplar verebilmelidir (18).

İdeal bağlantı direnci deney yöntemini bulmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir. Zira bağlantı direnç verileri ile ilgili kuşklar hala mevcuttur. Yüksek bağlantı direnç değerleri veren belirli metal-porselen sistemleri in vivo olarak daha sık başarısızlığa uğrayabilmekte veya bunun aksi olabilmektedir (4).

Deney yöntemleri örneklerin maruz kaldığı esas kuvvet tipleri gözönüne alınarak, gerilim, makaslama, esneme, burma-makaslama ve burma deney tasarımları olarak değerlendirilirler (4).

Bu testlerde tek bir yükleme devresi söz konusudur, ancak klinik olarak restorasyonlar başarısızlığın görülmesine kadar çok sayıda kuvvete maruz kalırlar. Bu düşünceye yönelik çok az veri olup, serbest olarak düşürülen kürelerle yapılan çarpma testleri bu amaca yöneliktir (4).

Muhtemelen bu deneylerdeki zorluklardan biri de, her örnek için kuvvet dağılımının nasıl olduğu ve hangi tür kuvvetlerin kopmayı oluşturduğudur. İkinci bir güçlük ise kuvvet yoğunlaşmalarının ihmal edilmesi ve lateral kuvvet dağılımlarının eşit kabul edilmesidir. Bu şekilde porselenin kohesiv direnci göz önüne alınmamaktadır (4).

Bunların dışında yükleme hızı, kuvvet dağılımı, metal porselen kalınlık oranı, arayüz bölgesinin uzunluğu ve genişliği hem bağlantı direncini hem çatlak oluşma noktasını, hem de çatlağın izlediği yolu etkileyecektir (4).

Metal porselen bağlantı direncini incelemeye yönelik yöntemlerden muhtemelen en sık kullanılanı, çekerek makaslama ve iterek makaslama deneyleri olup, ilk defa Shell ve Nielsen (118) tarafından geliştirilmiştir. Bu deney, metal çubuk üzerine blok şeklinde porselen fırınlanarak hazırlanan deney örneklerinde, iterek makaslama ve çekerek makaslama kuvvetleri uygulanarak yapılmış

ve bu araştırmacılar bağlantı makaslama direncini 13.000 psi. olarak tesbit etmişlerdir (93,118).

Leone ve Fairhurst (77) bağlayıcı ajanların ve fırınlama ortamının metal-porselen bağlantısına etkisini aynı yöntemle incelemişler ve bağlayıcı ajanların bağlantı direncine etkisinin çok az olduğunu, fırınlama ortamında oksijen varlığının en yüksek bağlantı değerlerini verdiğini göstermişlerdir.

Moffa ve arkadaşları (90) araştırmalarında metal alaşım çubukları silikon yağı ile izole ederek modifiye Shell-Nielsen çekerek makaslama deneyini uygulamışlardır.

Malhotra ve Maikel (81,82), Lubowich ve Goodkind (78), Gavelis ve arkadaşları (56), Dinçer (41) modifiye Shell-Nielsen makaslama bağlantı direnç deneyini kullanarak, metal porselen bağlantısını etkileyen değişik faktörleri incelemişlerdir.

Üç noktalı ve dört noktalı yükleme tasarımları da, metal-porselen bağlantı direnç değerlendirilmelerinde kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntemde de metal şerit üzerine fırınlanan porselen, iki destek üzerine konarak ya tek noktadan ya da iki noktadan yüklenir (4,22,39,49).

Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde, bu deney tasarımlarında porselenin sonlanma noktalarında yüksek stres yoğunlaşmaları meydana geldiği gösterilmiştir (6). Bununla beraber sonlu elemanlar stres analizi ile yapılan karşılaştırmalarda, bu deney tasarımının itme makaslama ve çekme makaslama deneylerine göre aynı ölçüde kuvvet yoğunlaşmalarının olduğu, ancak başarısızlık nedeninin daha az olasılıkla gerilime bağlı olarak görüldüğü tesbit edilmiştir (4,6). Bu çalışmaların büyük kusuru, elastikiyet modülü ve poison oranı gibi meteryal özelliklerinin bağlantı dayanıklılığı üzerine etkilerinin basit yorumuna izin verecek analitik bir çözümünün olmayışıdır (39).

Edwards ve Jacobsen ise (48) bağlantı direncinin değerlendirilmesinde yarım halka esneme deneyi kullanmışlardır.

Bir diğer bağlantı deney tipi ise, düzlemsel makaslama testleridir. İtme ve çekme makaslama deneylerindeki dairesel arayüz alanına karşın bu çalışmalarda dairesel kesit alanlı düzlemsel makaslama kuvvetleri söz konusudur (4). Chong ve Beech (27), Bowers ve arkadaşları (19) bu tür düzlemsel makaslama deneyleri kullanarak bağlanma direnç değerlendirmeleri yapmışlar-

dır. Spielman ve Pamejier (113) ise, düzlemsel makaslama testinde dikdörtgen bir kesit alanı kullanmışlardır.

Gerilim deneyleri ise, düz bir metal yüzey üzerinde veya iki metal yüzeyi arasında porselen tabakası içeren örneklerle metal çubuğun veya çubukların uzun eksenine boyunca gerilim kopması oluncaya kadar gerilim kuvvetleri uygulanması şeklindedir (4).

Konik arayüz makaslama testi 1972'de Mc Lean ve Sced (85) tarafından geliştirilmiş ve İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI) metal-porselen sistemleri için kabul edilmiş olan bağlantı direnci deneyidir (4).

Bunlardan başka Drummond ve arkadaşları (46), bilinen deney tasarımlarından farklı basit bir bağlantı direnç deneyi uygulamışlardır.

Wight ve arkadaşlarınınca (127) tanıtılan bükme makaslama deneyleri, dikdörtgen yüzeyli iki metal şerit arasına fırınlanan porselenle yapılan çalışmalardır (4).

Çapraz makaslama deneyleri, 1977'de Anusavice ve Fairhurst (4) tarafından geliştirilmiştir. Çapraz düzlemli yüzeyler arasına porselen fırınlanarak hazırlanan örneklere metal blok üzerindeki çelik bilya aracılığı ile kuvvet uygulanır. Burada eşit olarak dağılmış makaslama kuvvetleri söz konusudur (4).

Carter ve arkadaşlarınınca (23) uygulanan burma deneyleri, stres dağılımındaki karışıklıktan ötürü genel olarak bağlantı direnci değerlendirmelerinde önerilmez.

Bağlantı direnç deneylerinin yanısıra bazı araştırmacılar porselenin kırılma direncini kriter olarak ele alarak klinik restorasyon formlarına benzer deney örneklerinde direnci etkileyen değişik faktörleri incelemişlerdir (11,32,73,83,89,97,124,129).

Warpeha ve Goodkind (124) bağlantı direnç deneyleri ile ilgili çalışmaların restorasyonların klinik kırılma direnci ile henüz tam anlamıyla ilişkilendirilemediklerini belirtmişler ve bu görüşle klinik kuron şekline benzer mekanik modeller hazırlayarak, okluzal yüklerle karşılaştırılabilecek yükler altında farklı teknik ve tasarımların kırılma direncine etkisini göstermişlerdir. Sonuç olarak, metal alt yapı tasarımının kırılma

direnci ile ilişkisi olduğunu, keskin kenarların kırılma direncini bariz bir şekilde düşürdüğünü, metal bağlayıcı ajanların uygun bir şekilde kullanılmadığında ve metal yüzeyinin okside edilmediği durumlarda kırılma direncinin çok fazla azaldığını, bağlantı direncinin, metal alt yapı tasarımı ve yapım sırasındaki manüplasyon kadar önemli olmayabileceğini belirtmişlerdir (124).

Körber ve arkadaşları (73), metal-porselen köprülerde kullanılan dört farklı tip metal gövde alt yapı tasarımını esneme dirençlerini de karşılaştırarak kırılma sesisinin akustik olarak tesbit edilmesi yoluyla dayanımlarını ölçmüşler ve delikli tip Inzoma gövdelerin de, dolu tip gövdeler kadar dirençli yapılar oluşturabildiklerini bulmuşlardır.

Schorer (108,109), kendi geliştirdiği PRS (Reinforced Porcelain System) metal alt yapı tasarımlarını çarpma, makaslama, ve ardarda gelen kuvvetlerle direncini araştırmış ve çalışmasının sonunda bilinen tasarımlardakine oranla daha yüksek değerler bulmuştur.

Oram ve arkadaşları (97), porselen kuron morfolojisine daha yakın olarak düşündükleri silindirik test örneklerinden yararlanarak, beş farklı porselen türü ve metal-porselen bileşiminde porselenin kırılma direncini ölçmüşler ve metal-porselen sistemlerde en yüksek kırılma direnci tesbit etmişlerdir.

Woods ve Cavazos (129), okluzyondaki farklı metal-porselen birleşim açılarını gözönüne alarak karşılaştırmışlar ve 45° den 135° ye kadar olan birleşim açılarında kırılma direnci açısından bariz bir fark olmadığını, ancak porselen-metal birleşiminin okluzal kontak noktalarına 1-2 mm yakın konumlandırıldıklarında kırılma direnci de yarı yarıya bir düşüş olduğunu göstermişlerdir.

Marker ve arkadaşları (83) ise, üç farklı metal alaşım ile tek bir porselen kullanarak üç farklı tip metal alt yapı tasarımının, baskı kuvvetleri altındaki kırılma dirençlerini ölçmüşlerdir. Sonuç olarak metal farklılığına bağlı olarak değişik değerler bulmuşlar, buna karşın tasarım farklılığının daha az etkili olduğunu göstermişlerdir (83).

Konu ile ilgili olarak Barghi ve arkadaşları (11), yaptıkları çalışmada, benzer olarak şekillendirdikleri altmış adet üst santral metal-porselen kuronda iki grup halinde soy metal alaşımı ve soy olmayan metal alaşımı kullanmışlar, farklı sayıdaki fırınlama devreleri kullanarak kuronların kırılma dirençlerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta, fırınlama sayısının artması ile kırılma direncinin soy metal alaşımlarda, soy olmayan alaşımlara göre on fırınlama sonunda daha bariz bir şekilde azaldığını göstermişlerdir.

Daftary ve Donovan (32), altın elektrodepozisyonunun metal-porselen bağlantısına etkisini incelerken Shell-Nielsen'in makaslama deneyi ve Warpeha-Goodkind'in baskı ile uyguladıkları kırılma direnci deneyini birlikte kullanarak bir modifikasyon oluşturmuşlardır.

Metal Destekli Porselen Restorasyonların Tasarımı

Metal destekli porselen restorasyonlar metal bir alt yapı ve estetik kısmı oluşturan porselen materyalinden ibaretir. Metal alt yapı restorasyona belli bir direnç sağlamak ve porselene destek olmakla beraber estetik ve okluzyonunun teminine de bir zemin oluşturur (50).

Genel olarak metal alt yapı tasarımları şu şartları yerine getirmelidir:

- 1- Destek olarak sağlamlık
- 2- Gerilim ve baskı kuvvetlerinin kontrolü
- 3- Makaslama direnci
- 4- Marjinal uyumluluk
- 5- Estetik, form ve fonksiyon
- 6- Bakım kolaylığı (89)

Dental porselen, kırılğan bir materyal olduğundan kırılmasına neden olabilecek gerilim kuvvetleri ağız içinde kolaylıkla oluşabilir (89). Ancak porselenin baskıya karşı direncinin daha iyi olması sebebiyle tasarım formlarının, gelecek kuvvetleri dikey yönde olmaya yönlendirmeleri istenir (89).

Porselenin kalınlığı ısısıl genleşme farklılığına bağı olarak ince tabakalarda baskı stresleri oluştururken, kalın porselen tabakalarında bu kuvvetler gerilim streslerine dönüşebilir. Ancak optik kalite porselenin mümkün olduğunca kalın olması öngörür, bu nedenle metal yapıyı mümkün olduğunca ince, porseleni ise optik kalite sağlayacak kadar kalın yapmak daha doğrudur (89).

Metal kalınlığı için 0.3-0.5 mm, porselen kalınlığı için ise 1.5-2 mm üst sınır olarak genellikle öngörülen kalınlıklardır. (69,85,86,94).

Kole hudutlarında her vaka için farklı tasarımlar önerilmekle beraber, genellikle standart metal-porselen kuronlarda derin kamfir ve omuz tipi basamak şekilleri değişik modifikasyonları ile önerilen tasarımlardır (62,85,86).

Metal-porselen restorasyon tasarımında şu özelliklere dikkat edilmelidir:

- 1- Porselen metalle bütün olarak desteklenmelidir.
- 2- Diş yapısında madde kaybı fazla ve klasik preparasyonlar elde edilmiyorsa, asıl form metalle sağlanmalıdır.
- 3- Keskin kenar veya keskin açı ve tutucu yüzeylerden kaçınılmalıdır.
- 4- Metal ve porselen birleşimi dik açılı olmalıdır.
- 5- Kısmi porselen kaplama kullanılıyorsa, okluzal kontaklar metal üzerinde olmalıdır.
- 6- Lingual metal bantlar porselen üzerindeki stresleri azaltmak için, kullanılmalıdır.
- 7- Ön dişlerde aproksimal kontaklar porselenle sağlanmalıdır.
- 8- Porselen içindeki stresleri azaltmak için metal-porselen birleşimi, aproksimal kontak alanlarından daha lingualde olmalıdır (62,86).

Metal-porselen köprü çalışmalarında da, metal alt yapı tasarımı ile ilgili benzer kurallar benimsenmiştir ve bunlara ilaveten köprünün derinliği, genişliği ve uzunluğuda önemle üzerinde durulması gereken hususlardır (86).

Metal porselen köprülerde gerilim, baskı, makaslama türü kuvvetler söz konusu olurlar. Bilindiği gibi dental porselen

gerilim ve makaslama kuvvetlerine karşı zayıf, baskı kuvvetlerine karşı ise daha dayanıklıdır (1,3,18,28,30,31,47,50,57,63,70,85,86). Bu yüzden köprü tasarımınının makaslama ve gerilim streslerini minimal düzeye indirmesi gerekir ki Craig, Nally ve Farah (54,92) bu noktaya dikkat çekerek metal alt yapı tasarımında şu düşünceleri vurgulamışlardır: Düşük stres bölgelerinde kesit alanı ince tutulmalı, ancak maksimum kuvvetlerin olduğu bölgelerde ise, bu alan kalın olmalıdır. Bu şekilde kuvvet yoğunlaşmaları daha geniş bir alana dağıtılabilir (54,86,92).

Bu araştırmacılar posterior, anterior metal ve metal-porselen kuronlarda stres analizleri yapmışlar ve bilateral okluzal yükleme yapılan molar kuronlarda tüberkül boyunca baskı, santral fossa boyunca gerilim kuvvetlerinin oluştuğunu gözlemişlerdir; bu nedenle derin fossa ve oluklardan kaçınılması, antagonist dişle çok sayıda nokta teması sağlanması, kuronun tam basamak veya derin kamfir şeklinde sonlanması ve preparasyonda alçaltılan tuberküllerin yuvarlatılması gerektiğini belirtmişlerdir (54,92). Aynı araştırmacılar yaptıkları iki boyutlu foto-elastik çalışmada şunları saptamışlardır:

- 1- Kuron restorasyonunda siman stres dağıtıcısı gibi rol oynamaktadır.
- 2- Daraltılmış okluzal yüzey daha uygun kuvvet dağılımını sağlamıştır.
- 3- Yuvarlatılmış açılarla sağlanan basamak tasarımı en iyisidir.
- 4- Metal kısım kuvvet dağıtıcısı gibi davranmaktadır
- 5- Keskin oluklardan kaçınılmalıdır (92).

Genel olarak köprü protezlerinde gövde tasarımı şu gereksinimleri karşılamalıdır: (86).

- 1- Kolay temizlenebilmelidir.
- 2- Gingival dokularla minimum teması olmalıdır.
- 3- Doğal diş görünümünü verebilmelidir.
- 4- Karşı dişlerle okluzal uyum içinde olabilmelidir

Metal-porselen köprüler için de uygun olarak kullanılan üç tip gövde tasarımı vardır. Bunlar saddle, ridge-lap ve hijyenik gövdelerdir (86).

Metal-porselen köprülerin, metal alt yapı tasarımında son zamanlarda değişik hazır mum gövde şekilleri kullanıma sunulmuştur. Bunlar genellikle bilinen klasik tipteki massif, dolu tip metal gövde tasarımlarının aksine, delikli olan hazır mum yapılar olarak üretilmektedir (1,73,89,108,109).

Bu tür metal gövde tasarımlarının % 40'a varan metal tasarrufu sağladıkları, gövde için gerekli olan metal miktarının az olmasına bağlı olarak, metalde döküm sırasında oluşabilecek pörözite olasılığını azalttıkları, laboratuvar çalışmasını kolaylaştırdıkları, kolay lehimlenebildikleri ve metal-porselen bileşimindeki "sandviç" yapısı ile direnci potansiyel olarak artıracakları bildirilmektedir (1,65,73,107,108,109).

Shorer (108,109), kendi geliştirdiği güçlendirilmiş porselen sistemi olarak tanıttığı sistem içinde bu tür delikli gövde formları kullanmış, "Ivoclar" firması daha sonra bu sistemi Inzoma teknik sistem içinde, Inzoma gövde hazır delikli tip mum yapılar olarak piyasaya sürmüştür (1,65,108,109). Bu sistemden başka "J.M Ney" firması mum haldeki massif gövde formlarında boşluklar oluşturarak delikli tip gövde formları üretmiş, "Belle de St. Claire, Van Nuys" firması ise massif gövdelerden farklı değişik bir gövde formunu kullanıma sunmuştur (89).

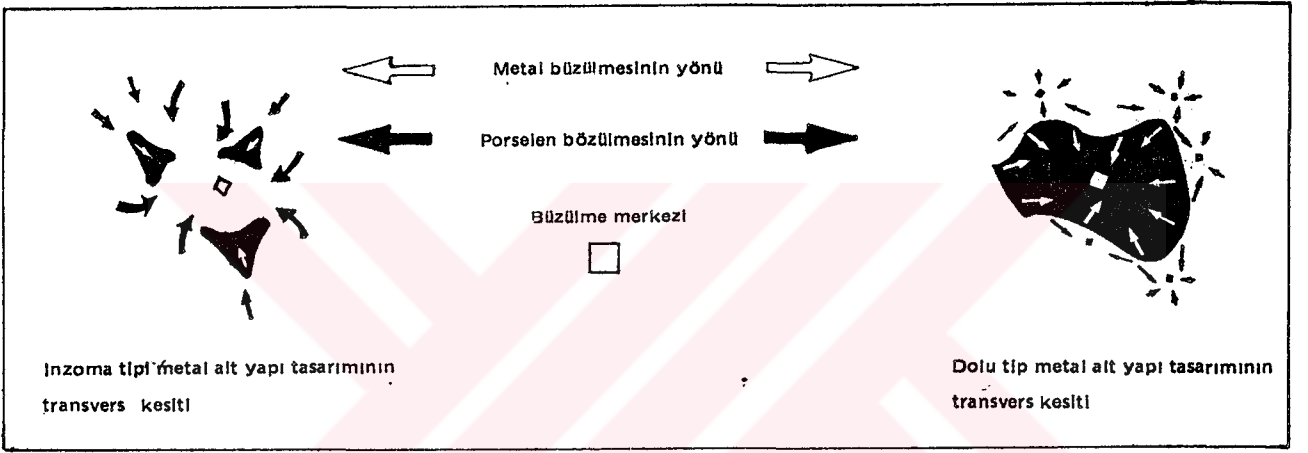
Miller (89) yaptığı çalışmada, bar şeklinde nikel-krom alaşımından hazırladığı delikli ve dolu tip metal yapılar üzerine porselen fırınlamış ve bu örneklerin baskı yüklemesi altında kırılma dirençlerini tesbit etmiştir.

Shorer (108,109) metal-porselen kuronlar için, metal alt yapı tasarımında yüksük şeklinde bir koping ve okluzal tabla kenarında çevresel raf ihtiva eden bir tasarım önermiş ve bu rafın estetiğinin izin verdiği sınıra kadar uzanabileceğini belirtmiştir. Bu şekilde koping üzerinde her yüzeyde bir içbükeylik sağlanacağını göstermiştir. Çarpma kuvvetlerinin metal yüzeyine keskin açılarla geldikçe kırılma olasılığının artacağını, rafların oluşturduğu içbükeyliğin bu olasılığı azaltacağını ifade ederek, porselenin cam gibi doğrusal çizgiler halinde kırılma eğiliminde olduğunu, ancak sağlanan bu içbükeylik ile doğrusal kırılma eğilimine engel olunabileceğini bildirmiştir

(108,109).

Dolu bir yapının kendi merkezine doğru büzüleceği ve porselenin de bu şekilde bir davranış göstereceği varsayımı bu tasarıma uygulandığında, bilinen tasarımlarda her iki merkezin birbirinden zıt doğrultularda olduğu, delikli tip tasarımlarda ise, şekil özelliğine bağlı olarak metal ve porselende söz konusu olan büzülme yönünün aynı doğrultuda olmasının, direnci artıran termofiziksel bir faktör olduğu bildirilmektedir (108,109).

(Şekil 1.5)



Şekil 1.5: Delikli ve dolu tip gövde tasarımlarında metal ve porselenin büzülme şekli (G. Haker)

Fırınlamadan sonra porselenin soğuması sırasında bu tür gövde tasarımlarında metal, porselenden daha fazla büzülürken, porselenin metal bünyeleri ve içbükeylikler arasında baskı altında kalacağı, böylece porselenin metal tarafından bir ön stresine yol açılacağı ve bunun da yapıyı güçlendireceği öne sürülmüştür (108,109). Bu arada porselen dışyüzeyde, iç yüzeye oranla daha hızlı soğurken iç tabakalardaki metal çubukların varlığı, metalin porselene göre daha yüksek olan ısı iletimi sayesinde bu farklı soğumayı dengeleyecektir. Bu şekilde ısıl özelliklerle etkilenen daha dirençli bir yapı ortaya çıkacaktır (108,109).

Körber ve arkadaşları (73) "Inzoma N", "Inzoma V" adlı altında üretilen delikli tip metal gövdelerle yapılan metal-porselen köprüleri bilinen dolu tip metal gövde tasarımları ile yapılan köprülerle karşılaştırılmışlar ve ağız içinde oluşabilen maksimum kuvvetler göz önüne alınarak, 500 N'luk bir güvenilirlik sınırı içinde delikli tip Inzoma gövdelerinde diğer gövde tasarımları kadar kırılma direnci gösterdiklerini tesbit etmişlerdir.

Haker (59,60), farklı tasarım geometrilerini; düz, içbükey, dışbükey, ve dışbükey çıkıntılı metal bloklar üzerine porselen uygulayarak hazırladığı deney örneklerinde ve kuron şeklindeki yapılarda çarpma deneyi ile karşılaştırmış ve içbükey tasarım dışındaki geometrilerde porselenin bünyesinde doğrusal kırıklar oluştuğunu, içbükey tasarımda ise yüzeysel küçük parçacıklar halinde kopmalar meydana geldiğini gözlemiştir. Bununla beraber, en yüksek kırılma değerini içbükey metal tasarımların verdiğini vurgulamıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışmalarımız Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı ve Maden Tetkik Arama Enstitüsü Seramik Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Metal-porselen restorasyonlarda ısıl uyumluluk kavramı ve farklı gövde tasarımlarının değişik ısıl genleşme farklılığı olan metal-porselen bileşimlerinde porselenin kırılma direnci üzerine etkisi konulu bu araştırma, iki safhada gerçekleştirildi. Öncelikle kullanılacak olan metal ve porselen materyallerinin ısıl özelliklerinin, ısıl genleşme katsayılarının saptanması planlandı.

Metal-porselen materyali olarak fakültemiz porselen laboratuvarında yaygın olarak kullanılan, Ivoclar firmasının üretmiş olduğu, nispeten daha düşük genleşme katsayısına sahip olduğu bildirilen ITS (Inzoma Technique System) porseleni ile daha yüksek genleşme katsayısına sahip HTE (High Thermal Expansion) porseleni kullanıldı (66). Metal alaşım olarak ise, üretici firmanın önerdiği kendi ürünü olan Ivotect P nikel-krom alaşımı kullanıldı. (Ivoclar A.G. Schaan Liechtenstein) (Resim 3.1-2).

Üretici firmanın Ivotect P metal alaşımı için bildirdiği özellikler:

Erime: 1260-1365 °C

Elastikiyet modülü: 210000 N/mm²

Isıl genleşme katsayısı: 25-600 °C: $14.8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

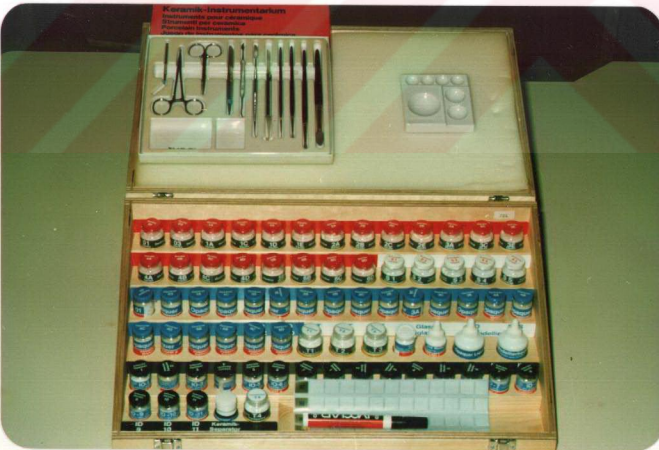
100-600 °C: $15.3 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Bileşimi: % 18 krom, % 2.5 alüminyum, % 2.5 silika, % 4 malibden, % 73 nikel (67).

Isıl genleşme ölçümlerini yapabilmek için dilatometre cihazının ilgili kısmına yerleştirilebilecek şekilde 3-4 mm. çapında, 35-50 mm uzunluğunda ve silindirik çubuk şeklinde örnekler hazırlandı. Bu boyutlarda sağlanan plastik çubuklardan bilinen muflalama sistemi ile negatif boşlukları elde edildi. Çubuklardan oluşan bu boşlukların içyüzeyine şekillendirilecek olan porselen örneklerini kolay çıkarabilmek için naylon kağıtlar konularak, mufla plastik çubuklarla birlikte hidrolik pres al-



Resim 3.1: HTE ve ITS porselen seti (Ivoclar)



Resim 3.2: Porselen seti ve yardımcı gereçler (Ivoclar)

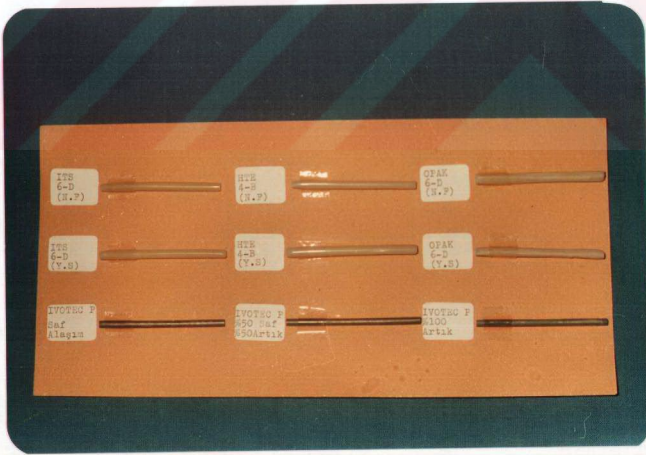
tında bir müddet bırakıldı (Bego-Hydrofix). Preslemeden sonra plastik çubuklar çıkarılıp, silindirik hale gelen naylon kağıtlar üzerine, porselen hamuru kuru sıkıştırma yöntemi ile yığıldı ve mufla kapatılarak pres altında 2 dakika 30 kN. luk bir basınçla preslendi. Daha sonra mufla açılarak, naylon kağıtlar içindeki istenen boyutlarda şekillendirilmiş porselen çubuklar, Ivoclar firmasının programat P 20 porselen fırınında seramik bir zemin üzerinde fırınlandı (Resim 3.3).

Porselen örnekler, opak, ITS Dentin , HTE Dentin ve her üç porselenin yavaş soğutmali şekilleri için altı adet hazırlandı. Porselen örnekleri, birbirinden ayırdedebilmek amacıyla farklı renklerde seçildi. Fırınlama işlemi üreticisinin önerdiği şekilde; opak porseleni, 980 °C'de, 550 °C'den sonra vakumla ve bir dakika süre ile, ardından 970 °C'de ve aynı koşullarda fırınlandı. Dentin porseleni ise, 580 °C'den sonra vakumla, 920 °C ve 910 °C'de bir dakika süre ile iki kez fırınlandı. Son olarak atmosfer basıncı altında 900 °C'de glaze fırınlaması yapıldı. Her grup için hazırlanan ikinci örnekler ise, istenen ısıya ulaşıldıktan sonra 800 °C'ye kadar yavaş soğutmaya tabi tutuldu (66).

Metal alaşım için aynı boyutlarda hazırlanan plastik çubuklar yüksek ısıya dayanıklı fosfat bağlı rövetmana (Wirovest, Bego) alınarak, kurumaya bırakıldıktan sonra üreticisinin önerileri doğrultusunda döküm fırınında (Nüve) 950 °C'de bir saat ön ısıtma uygulandı (67). Döküm işlemi, Krupp marka döküm santrifüjünde 1 bar oksijen, 0.2 bar bütan kullanılarak 1300 °C'de yapıldı. Manşetler döküm işleminden sonra oda ısısında soğumaya bırakıldı. Metal alaşım olarak kullanılan Ivotect P, üç değişik biçimde; % 100 saf, % 50 saf- % 50 artık, % 100 artık olarak kullanıldı. Döküm yoluyla elde edilen bu metal çubuklara kumlama ve tesfiye işlemi uygulandı. Tesviye işleminde Ivoclar firmasının Ivomill, Ivodrill adı altında ürettiği sert frez ve separeler kullanıldı. Kumlama jelenko kumlama cihazında yapıldı. Metal-porselen yapım tekniğinde olduğu gibi, metal örneklere, bir ön ısı işlemi uygulandı.



Resim 3.3: Programat P20 porselen fırını (Ivoclar)



Resim 3.4: Dilatometrik ölçüm için hazırlanan örnekler

Dilatometrik ölçüm için hazırlanan örnekler şunlardı:

- 1- Opak porselen (normal fırınlama)
- 2- Opak porselen (yavaş soğutma)
- 3- ITS dentin porseleni (normal fırınlama)
- 4- ITS dentin porseleni (yavaş soğutma)
- 5- HTE dentin porseleni (normal fırınlama)
- 6- HTE dentin porseleni (yavaş soğutma) (Resim 3.4)
- 7- Ivotect P metal alaşımı, % 100 saf
- 8- Ivotect P metal alaşımı, % 50 saf - % 50 artık
- 9- Ivotect P metal alaşımı % 100 artık (Resim 3.4).

Üretici firma Ivotect P alaşımının döküm artışı, % 50 saf metal alaşım ile birlikte kullanılabileceğini bildirmektedir (67). Bu nedenle tekrarlanan dökümlerde, farklı kullanım şekillerindeki Ivotect P metal alaşımının nasıl bir ısıl genişleme davranışı göstereceğini belirlemek amacı ile ilgili örnekler de dilatometrik ölçüm için hazırlandı. HTE ve ITS porselenlerinin yavaş soğutmalı şekillerinin hazırlanmasındaki amaç ise, farklı fırınlama koşullarının, porselenin genişleme özelliğini ne şekilde etkileyeceğini belirlemektir.

Sözü edilen materyallerin ısıl genişleme katsayılarının ve ısıl genişleme özelliklerinin saptanabilmesi için, bu alanda yaygın olarak kullanılan dilatometrik ölçüm yöntemi kullanıldı. Ölçümler tek itici uçlu Nietzsche marka (402 E Nietzsche Geratabau-GmbH) elektronik dilatometre cihazı ile yapıldı (Resim 3.5). Isıtma hızı 5 °C/dak. kağıt hızı 120 mm/saat, seçilen skala 50/500 um, itici uç basıncı 0.5 N, son sıcaklık 600 °C ve geri dönüşlü olarak ayarlandı.

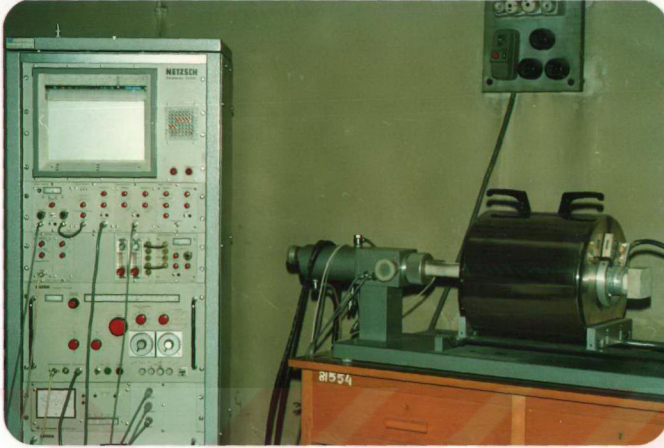
Dilatometrik ölçümlerden elde edilen verilerle porselen ve metal örneklerin ısıya bağlı % boyutsal uzamaları hesaplandı. ($\% \frac{\Delta L}{L_0}$) Bu değerler kullanılarak $\alpha = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta T}$ formülü ile örneklerin 20-600 °C ve 100-600 °C ısı aralıklarındaki ısıl genişleme katsayıları bulundu.

α : Isıl genişleme katsayısı

L_0 : İlk uzunluk,

ΔL : Uzama miktarı,

T : İlgili ısı aralığı



Resim 3.5: Isısal genleşme ölçümlerinde kullanılan Dilatometre cihazı

Araştırmanın ikinci kısmında, çalışmanın amacına yönelik olarak metod şu şekilde belirlendi: Farklı geometrik şekillerin, metal-porselen köprülerde uygulandığı şekli ile farklı metal gövde alt yapı tasarımlarının, ısısal genleşme katsayısı farkları küçük ve büyük olan metal-porselen birleşimlerinde porselenin kırılma direnci üzerine etkisi şeklinde saptandı. Bu arada özellikle delikli tip gövdeler, yapıdan kaynaklanan ısısal stresleri en az düzeye indirdiği varsayımı da göz önüne alınarak ve buna zıt bir örnek teşkil etmesi için de dolu tip gövdeler, deney örnekleri olarak seçildi.

Gövde şekli olarak Ivoclar firmasının ürettiği delikli tipde Inzoma-Isosit hazır mum gövde yapıları (Inzoma N) ile Bredent (West Germany) firmasının ürettiği (MK-B1 seramik blok) dolu tip hazır mum gövde yapıları kullanıldı (Resim 3.6).

Öncelikle, kırılma direnci deneylerinde kullanılacak olan ve üzerine örnek köprülerin yapılacağı destek dişleri ihtiva eden metal kaidenin hazırlanması işlemine başlandı.

Araştırmanın başından itibaren, mümkün olduğunca deney örneklerinin gerçek klinik kronlara benzer ölçüde ve dental pratiklerine uyan bir metodla yapılmasına özen gösterildi.



Resim 3.6: Inzoma, delikli mum gövde formları (Ivoclar) Mk,B1 seramik blok, dolu mum gövde formları (Bredent), Hotty mum eritme cihazı (Ivoclar) Ivotect P Nikel-Krom alaşımı (Ivoclar)

Bu düşünce ile klinik olarak sıklıkla karşılaştığımız alt altı nolu diş eksikliğinde uygulanan, beş ve yedi nolu dişleri ayak olarak alan bir köprü protezi, deney örneği olarak seçildi. Ayak dişler arasındaki boşluk, eksik olan altı nolu dişin mezio-distal boyutuna uyacak şekilde 12 mm olarak hazırlandı. Destek dişlerin boyutları da doğal boyutlarına benzetildi.

Hazırlanan kaidenin deney cihazının yükleme zeminindeki yuvalara tam olarak oturabilmesi ve sabit bir konumda olabilmesi için, öncelikle kaidenin test cihazı üzerine oturacağı bölümden silikon esaslı bir ölçü maddesi ile (Optosil-Xantopren, Bayer) ölçü alındı. Daha sonra Amberock marka sert alçı ile bu ölçüden alçı model elde edildi. Bu model üzerinde yuvalara oturacak çıkıntılar ihtiva eden 5.5-2.5 cm. boyutlarındaki kaide, mum eritmek yolu ile elde edildi. Öte yandan ayak diş olarak seçilen alt beş ve yedi nolu akrilik yapay dişler bilinen yöntemlerle prepare edildi. Kole bölgesindeki stresi azaltmak için ise kesim, derin kamfir tarzında yapıldı.

Akrilik ayak dişler, paralelometre (Degussa) yardımıyla, kaidenin orta noktasına eşit uzaklıkta ve aradaki gövde boşluğu 12 mm. olacak biçimde aksiyel yüzleri paralel olarak mum kaide üzerine tesbit edildi.

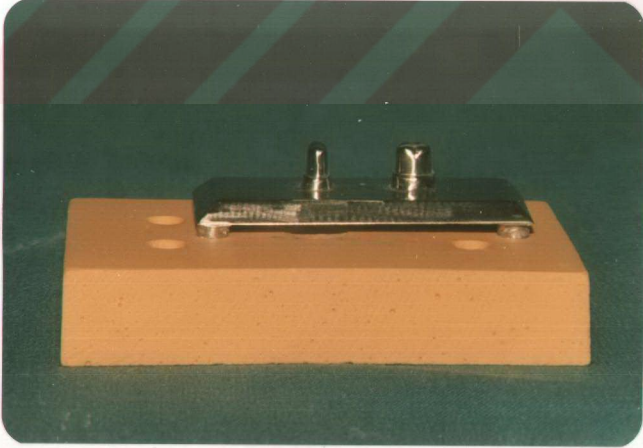
Hazırlanan bu mum kaide, bilinen usullerle döküme sevk edildi. Metal olarak sertliği ve elastikiyet modülü yüksek olan Supercast isimli krom-kobalt alaşımı kullanıldı (Williams Dental Service, Sweden). Dökümden çıkan metal kaide, tesviye ve polisaj işlemlerine tabi tutuldu. Bu arada destek dişlerin paralelliğini kontrol etmek ve düzeltmek amacı ile metal kaide, tekrar paralelometreye bağlandı. Paralelometrenin dikey ucuna tur motorunun sprali ve piyasemen bağlandı. Paralelometrenin alt tablasına akrilik tozu dökülerek, model taşıyıcı kısmın serbestce hareket etmesine izin verildi. Piyasemenin ucuna uygun bir sert frez takılarak, destek dişlerin paralelliği düzeltildi (Resim 3.7).

Bu şekilde aksiyel yüzleri birbirine paralel, arası mesafesi 12 mm. olan ve orta noktadan 6 şar mm. uzaklıkta destek dişleri taşıyan ve deney cihazı üzerinde sabit konumda olacak şekilde ayarlanan metal kaide hazırlanmış oldu (Resim 3.8).

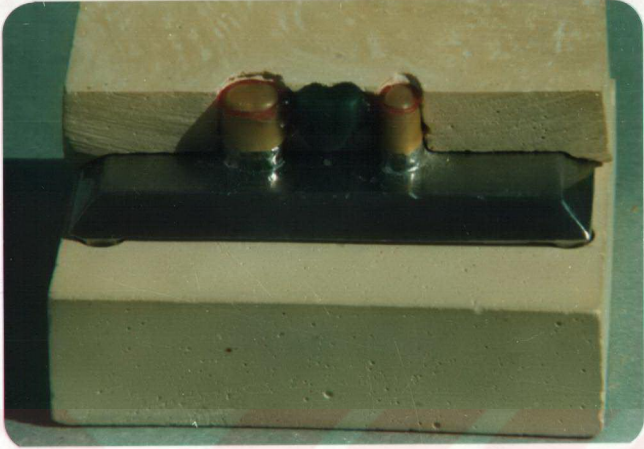
Bu safhadan sonra, örnek köprüler için diğer çalışmalarda olduğu gibi, bir kalıp sistemi kullanıldı (83,124). Her iki farklı şekilli gövde yapısı için birer rehber örnek hazırlandı. Örneklerin standardizasyonu amacı ile destek dişler üzerine yapılacak kopinglerin eşit kalınlıkta olmasına ve gövde olarak yerleştirilecek mum yapıların aynı konumda olmasına özen gösterildi. Bu amaçla kopingler erimiş muma daldırma yöntemi ile (86), Ivoclar firmasının ürettiği "Hotty" cihazında hazırlandı. (Resim 3.6). Bu daldırma işlemi her seferinde sabit sürelerle yapılarak, istenen 0.5 mm.lik metal kalınlığı elde edilmeye çalışıldı. Rehber köprü, metal yapısı kaide üzerinde iken iki parçalı bir alçı anahtar hazırlandı. Tüm mum örnekler erimiş muma daldırma işleminden sonra bu anahtarda düzeltildi. Hazır mum gövdeler bu anahtarla mum kopinglere bağlandı (Resim 3.9-10-11)

Kopingler mumdan elde edilirken, Inzoma Teknik Sisteminde önerilen kuvvet kırıcı uzantılar, istenen yerlere ilave edildi ve her yüzeye önerildiği biçimde bir içbükeylik sağladı (59, 60,109,110). Kopinglerin lingual kole bölgesine 1-2 mm.lik bantlar ilave edildi. Köprü gövdesi ile kopinglerin proksimal bağ-

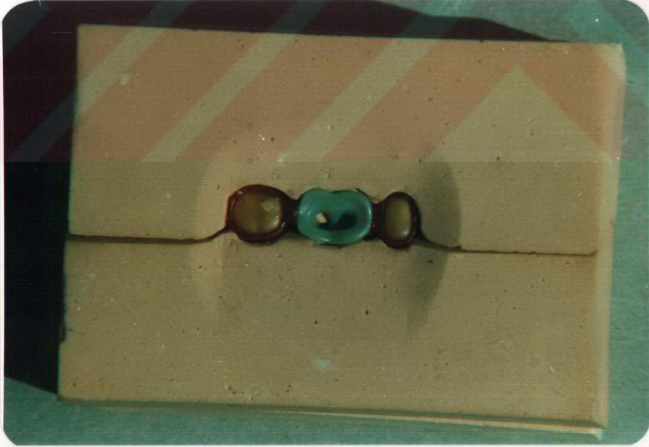
Resim 3.7: Kaide üzerindeki destek dişlerin paralelometre yardımıyla aksiyel yüzlerinin paralelliğinin düzeltilmesi



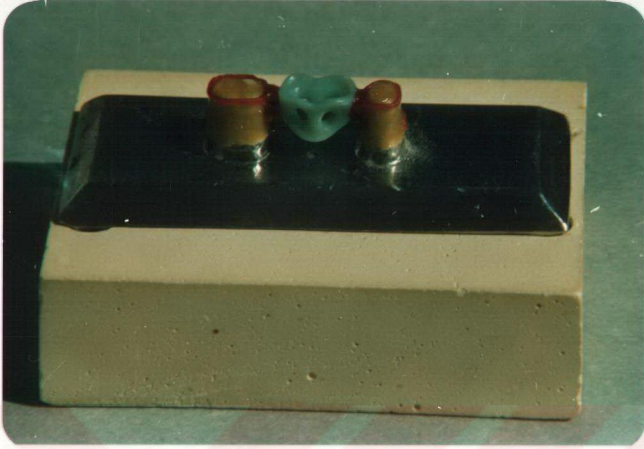
Resim 3.8: Destek dişleri ihtiva eden metal kaide



Resim 3.9: Dolu tip Bredent mum gövdenin alçı anahtarla tesbiti



Resim 3.10: Delikli tip Inzoma gövdenin alçı anahtarla tesbiti

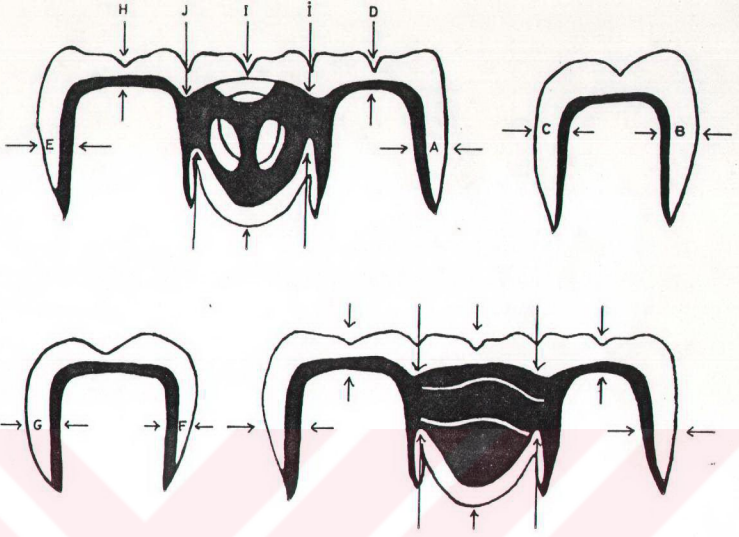


Resim 3.11: Inzoma delikli tip gövdeli köprünün mum modeli

lantıları yeterli rijidite sağlayabilmek için yaklaşık 3.5 mum kalınlığında hazırlandı.

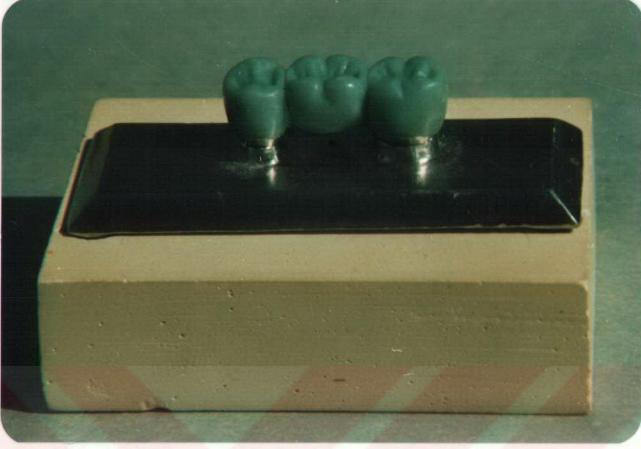
Hazırlanan mum örnekler üreticisinin önerdiği gibi indirek biçimde proksimal bağlantı bölgelerinden tıjlandı. Dolu gövdeli mum örneklerde oluşabilecek metal pörözitesine engel olmak için, gövde kısmına ilave bir tij kondu (86,89). Bu mum örnekler ikişer ikişer yüksek ısıya dayanıklı fosfat bağlı Wirovest rövetmanı ile manşetlenerek, rövetmanın donmasını ve kuruşmasını takiben ön ısıtma fırınına kondu. 950 °C'da 1 saat ön ısıtma uygulanan manşetler döküm santrifüjüne alınarak 1300 °C da dökümleri yapıldı. Dökümden çıkan metal köprü alt yapıları tesfiye işleminden sonra tartılarak ağırlıkları kaydedildi. Daha sonra her metal köprü alt yapısı kumlama cihazında 1.5-2 dakikalık sabit sürelerle alüminyum oksit ile kumlandı (67).

Örneklerin hazırlanması sırasında köprü alt yapılarının metal kalınlığı, opak kalınlığı, dentin porseleni kalınlığı tüm porselen köprülerde standart şekilde hazırlanmaya çalışıldı. Bu amaçla tüm köprülerin belirlenen onbir bölgesinden her safhada kalınlık ölçümleri yapılarak kaydedildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Hazırlanan köprülerde kalınlık ölçümlerinin yapıldığı bölgeler

Daha sonra bu metal alt yapılar üzerine uygulanacak porselen materyalinin standart şekil ve kalınlıkta olabilmesi için, benzer çalışmalarda olduğu gibi anahtar olabilecek bir kalıp yapılması düşünüldü (83,124). Öncelikle örnek bir köprü formu metal bir alt yapı üzerine ilgili dişlerin morfolojik yapılarına uyacak şekilde Ivoclar modelasyon mumu ile modele edildi (Resim 3.12). Daha sonra bu mum model üzerinden kalın ve ince silikon esaslı ölçü maddesi ile bir ölçü alındı (Optosil, Xantopren - Bayer). Alınan, bu ölçü gövdenin tam alt ucu hizasından tutucu yüzey içermeyecek şekilde kaide boyunca kesilerek iki parça halinde bilinen yöntemlerle muflaya alındı. Alçı donduktan sonra mufla açıldı ve içindeki ölçü parçalanarak çıkarıldı. Sağlanan negatif boşluklara porselen uygulaması sırasında görerek çalışabilme olanağı sağlayacağı düşüncesiyle, (Rodex marka) şeffaf akrilik resin dolduruldu ve bilinen yöntemlerle polimerize edildi. Pişirildikten sonra mufladan çıkarılan akrilik parçalar tesfiye ve polisaj işlemine tabi tutuldu. Tesfiye sırasında dişlerin okluzal yüzeyleri açığa çıkana kadar akril aşındırıldı.



Resim 3.12: Örnek köprünün mum modeli

Hazırlanan bu parçalar, mumdan modele edilen köprü üzerine yerleştirildi ve üst yüzeyine çukurcuklar hazırlanarak, daha sonra yapılacak olan üst parçanın sabit bir şekilde yerine oturması düşünüldü. Açıkta kalan okluzal yüzeyden ayrı yöntem ve ölçü maddesi ile ikinci bir ölçü alındı. Bu ölçü parçası da yukarıda anlatıldığı biçimde akrilden elde edildi.

Sonuç olarak, mumdan modele edilen köprü formu ve morfolojik yapının negatifi, üç parçalı bir kalıp olarak elde edilmiş oldu (Resim 3.13-14-15-16).

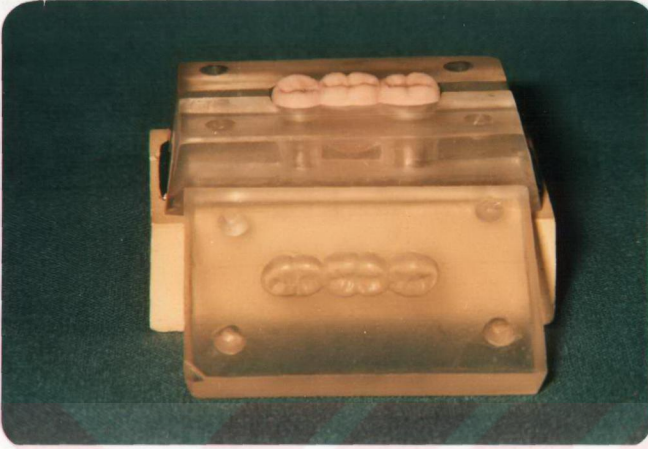
Bundan sonraki aşamada, hazırlanan metal köprü alt yapıları planlanan dört guruba ayrılarak, porselenin pişirilmesine başlandı. Öncelikle metal alt yapılar, etil asetat ve kaynar distile su içinde sabit sürelerle temizlendi. Daha sonra üreticisinin önerdiği biçimde Programat P20 porselen fırınında 980 °C de, vakum altında bir dakika süre ile ısı uygulamasına ve oksidasyon işlemine tabi tutuldu. Daha sonra daince bir tabaka opak porselen uygulanarak yine önerildiği biçimde fırınlama işlemi yapıldı, ardından ikinci kat opak porselen sürülerek 970 °C da fırınlandı (66).



Resim 3.13: Hazırlanan mum modele göre yapılan üç parçalı akrilik kalıp



Resim 3.14: Kalıpla elde edilen negatif köprü boşluğu



Resim 3.15: Kalıp kullanılarak porselen hamurunun şekillendirilmiş hali



Resim 3.16: Standart köprülerin hazırlanmasında kullanılan üç parçalı akrilik kalıpla elde edilen fırınlanmış porselen köprü

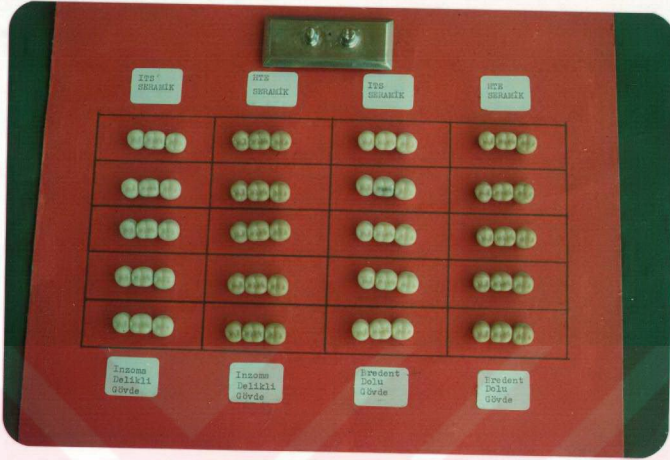
Bundan sonra Inzoma gövdeli ilk grup, HTE dentin porseleni, dolu gövdeli ikinci grup, yine HTE dentin porseleni, Inzoma gövdeli üçüncü grup; ITS dentin porseleni, dolu gövdeli dördüncü grup yine ITS dentin porseleni uygulanarak fırınılandı.

Porselen uygulaması, metal yapı kaide üzerinde iken yapıldı. Porselen tozu ve likidi istenen oranlarda karıştırılarak, hazırlanan porselen hamuru önce fırça yardımı ile vibrasyon ve emici kağıtla sıkıştırılarak kurutma yöntemi ile metal yapı üzerine yığıldı, daha sonra hazırlanan anahtar kalıp ile sıkıştırılarak kalıplandı. Bu arada kalıp dışından vibrasyon işlemine devam edildi. Porselen hamurunun kalıp içyüzeyine yapışmaması için önceden bu yüzeyler Ivoclar porselen seti içinde bulunan porselen izolasyon likidi ile izole edildi. Bu şekilde dentin porseleni uygulanarak, istenen biçimde standart bir köprü formu elde edilmeye çalışıldı.

Fırına yerleştirilmeden önce, köprü birimleri arası jilette ayrılarak, fırınlama sırasında oluşacak pişme büzülmesi kontrol edilmeye çalışıldı. Dentin fırınlaması programat P20 porselen fırınında 920 °C'da, 580 °C'dan sonra vakumlu olarak, bir dakika süre ile yapıldı. Birinci dentin fırınlamasından sonra, varsa oluşan hatalar düzeltildi ve köprüler alüminyum oksit püskürtülerek temizlendi. Büzülme miktarı kadar porselen hamuru, yine aynı yöntemle ve anahtar kalıpla köprü üzerine yığıldı. İkinci dentin fırınlaması aynı koşullarda ancak, 910 °C'da yapıldı. Son olarak gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra porselen köprüler atmosfer altında 900 °C'da, bir dakika süre ile glaze fırınlamasına tabi tutuldu. Bu şekilde tüm köprüler, pratik uygulamada olduğu gibi opak fırınlamasından sonra iki kez vakum altında, bir kez de atmosferde olacak şekilde üç fırınlama uygulanarak hazırlanmış oldu (66) (Resim 3.17).

Porselen uygulaması sırasında birinci dentin fırınlamasından sonra, köprüler kontrol edilerek herhangi bir hata olup olmadığı not edildi. Fırınlama safhasının ardından, başarısızlığın fırınlama işleminden çok sonra da olabileceği düşüncesi ile porselen köprüler üç hafta süre ile gözlenerek, herhangi bir başarısızlık olup olmadığı gözlemlendi.

Araştırmanın son safhasında ise hazırlanan porselen köprülerin kırılma direnci deneyleri yapıldı.



Resim 3.17: Kırılma direnci deneyi için hazırlanan örnek köprü gurupları

Dört grup halinde tek metal alaşımı, iki farklı tip gövde şekli ve iki farklı genişleme özelliğine sahip porselen materyali kullanılarak hazırlanan test örneklerinin kırılma direncini ölçmek için Körber ve arkadaşlarının (73) önerdiği kırılmanın akustik olarak kaydıyla uygulanan kırılma direnci deney yöntemi kullanıldı.

Bu ölçüm yöntemi için hazırlanan düzenek şu bölümlerden oluşmakta idi:

1- Kuvvetin uyguladığı ve uygulanan kuvvetin kendi skalasında okunabildiği kırılma direnci deney cihazı (Tonindustrie Prüftechnik GmbH D 1000 Berlin-type 2650-71).

2- Deney cihazı üzerinde kaidenin ve köprülerin yerleştirdiği yüklemeye zemini.

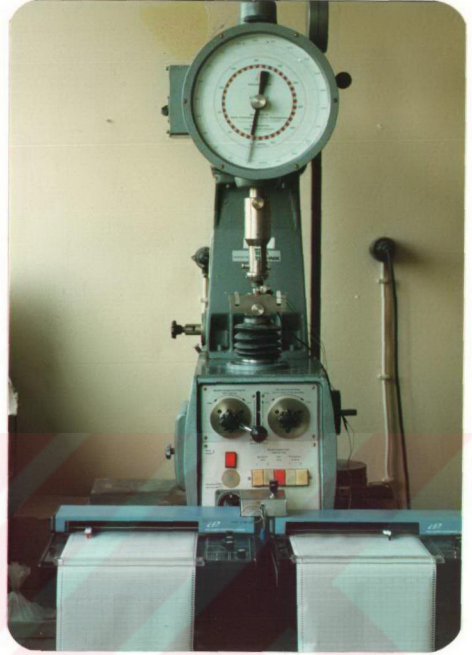
3- Akustik kayıt için yerleştirilen minyatür mikrofon ve elektronik devreler.

4- Esnemenin tesbiti için karbon dirençleri içeren yaylı mekanizma ve ilgili elektriksel bağlantılar

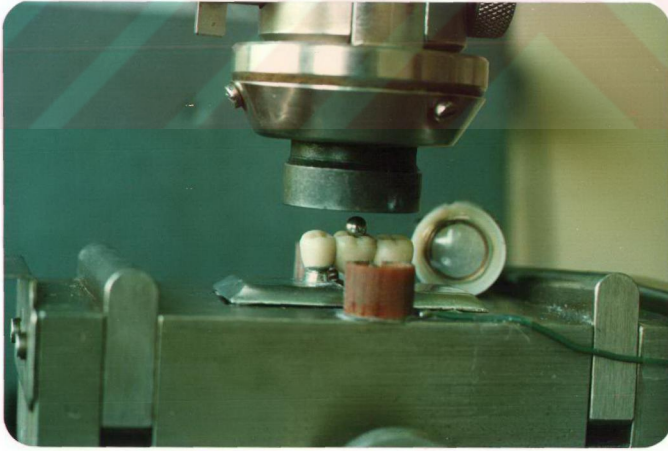
5- İki adet kaydedici (Cole-Parmer Instrument Company) (Resim 3.18-19).

Bu deneyde akustik kayıt düzeneğinin kullanılmasındaki amaç, yük altındaki metal-porselen köprünün dayanma sınırı olarak düşündüğümüz ilk çatlama noktasını, daha hassas ve net olarak kaydetmektir. Bu nedenle köprünün hemen yanına bir mikrofon yerleştirildi ve aşağıda gösterilen preamplifikatör devre, amplifikatör devre ve filtre devresi sayesinde porselene özgü çatlama sesi tesbit edilerek, elektriksel olarak kaydediciye yazdırıldı. Bununla beraber uygulanan yüke bağlı köprüde oluşan esneme miktarı, yine elektriksel bir düzenerle kaydediciye yazdırıldı (Şekil 3.2-3). Bu amaçla hazırlanmış herhangi bir aygıt bulunamadığından, eldeki imkanlar kullanılarak bir düzener hazırlandı. Köprü gövdesi altına resim 3.20'de görüldüğü gibi yaylı bir mekanizma yerleştirildi. Bu mekanizmadaki metal çubuk uçlarına dairesel metal pullar lehimlendi. Bu metal pullar fiber tüpler içindeki belirli sayıda karbon pullara temas etmekte idi. Tüplerin içinde karbon pulların en altına yerleştirilen bakır plakalara seri olarak bağlanan bu elektriksel direnç devresi ile, yükleme süresince oluşan esneme miktarı karbonların sıkışmasına bağlı olarak oluşan elektriksel direnç değişimi şeklinde, kaydediciye yazdırıldı. Bilindiği gibi karbonun kendi elektriksel direnci mevcuttu ve bu direnç sıkışma ile değişmekte ve geri dönebilmekte idi. Örneğin bu düzener dışında kontrol edildiğinde, sekiz adet karbon pul 400 μm . 'a kadar sıkışabilmekte idi. Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmasında, 12 mm. aralıklı bir köprü 80 μm .luk bir ortalama esneme göstermişti. Sonuç olarak bu düzener bize yeterli düzeyde bir esneme ölçümü sağladı. Her ölçümden önce 120 μm .luk bir çelik levha ile kalibrasyon yapıldıktan sonra, kaydedicinin yazıcı ucu sıfırlanarak yükleme işlemi gerçekleştirildi.

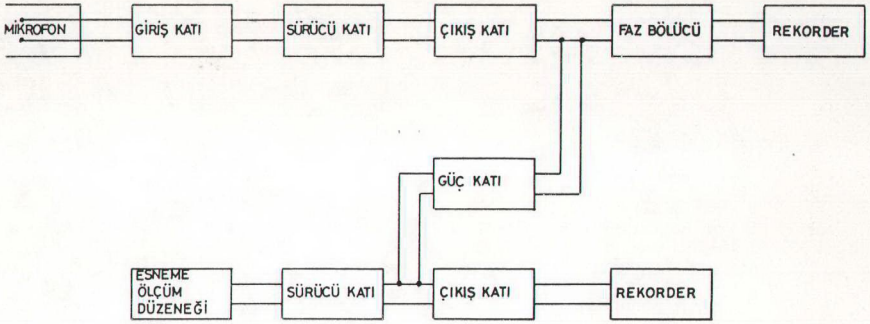
Yükleme işlemi sırasında köprüye intikal edecek olan kuvvetin gerçeğe yakın olması ve tek noktada yoğunlaşmaması amacıyla, gövdeyi oluşturan altı nolu dişin santral fossasına 4 mm. çapında bir çelik bilya yerleştirildi ve maksimum tüberkül nokta teması oluşturularak yaygın bir kuvvet intikali sağlandı. Bu arada yükleyici uç dairesel bir yüzey şeklinde eklemli, hareket-



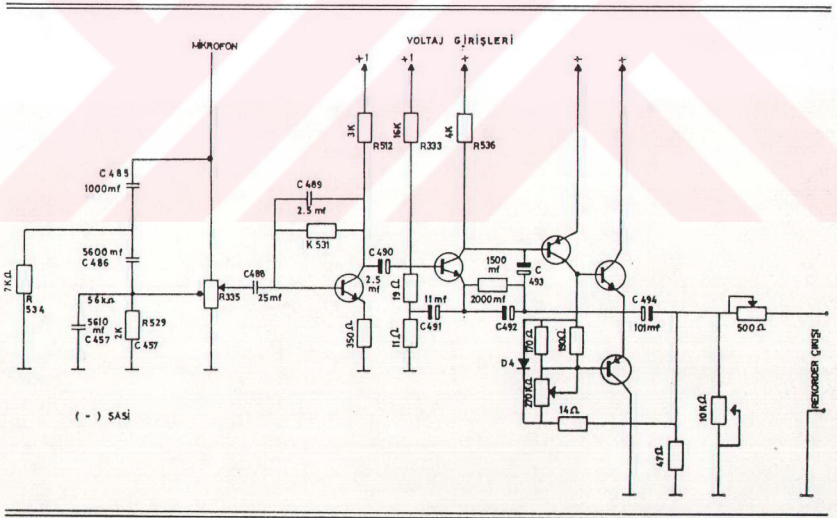
Resim 3.18: Kırılma direnci deneyi için hazırlanan düzenek



Resim 3.19: Hazırlanan düzeneğin yükleme bölgesi



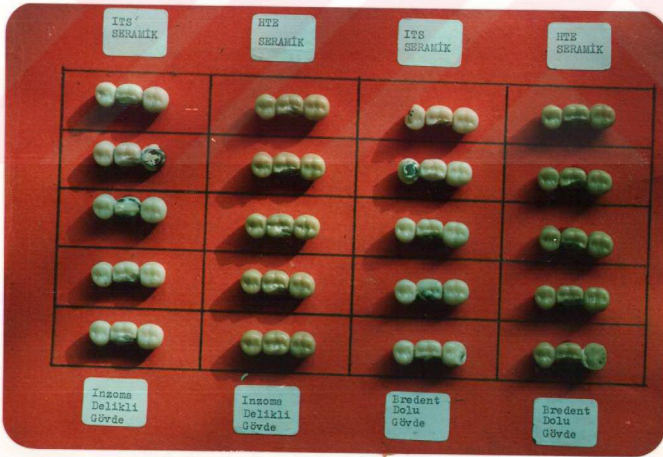
Şekil 3.2: Ses ve esneme kaydı için hazırlanan elektriksel devreler



Şekil 3.3: Köprülerin çatlama sesini kaydedebilmek için hazırlanan elektronik devrelerin şeması



Resim 3.20: Köprülerde yüklemeye bağlı oluşan esnemeyi tesbit edebilmek için kullanılan, yaylı bir destek ve tüpler içinde karbon pullar ihtiva eden düzenek



Resim 3.21: Deneyler sonunda köprüler kırılmış olarak görülmektedir

li bir zemin oluşturmakta idi ve kuvvetin daha uygun doğrultularda intikalini sağlıyordu.

Kırılma direnci değerleri deney cihazında "kp" olarak okundu, ancak yaygın olarak kullanılan N/mm^2 'ye çevrildi.

1 kp = 9.80665 N olan bu eşitlik (75), yaklaşık kp 10 \cong N olarak kabul edildi (73).

Köprüler yüklemeye başlamadan önce, kaide üzerine Bayer Lumicon marka polikarboksilat siman ile simante edilerek 50 N'luk bir ilk kuvvet altında önerildiği biçimde yedi dakikalık bir süre ile donması beklendi. Köprüler simante edilerek istenmeyen deformasyonlar ve köprünün destek dişlere oturması sırasında oluşabilecek olumsuzluklar ortadan kaldırılmaya çalışıldı.

Test cihazının yükleme ucunun iniş hızı en düşük hıza ayarlandı (0.5 mm/dak). Kaydedicilerin kağıt çıkış hızı ise 15 cm/dak'ya ayarlandı.

Kırılma direnci değerleri, çatlama anında ve kopma anında hem akustik kaydedicide, hem de esnemeyi gösteren kaydedicide ilgili eğrilerdeki değişimlerle kendini gösterirken, aynı zamanda deney cihazının kendi skalasında da okunarak not edildi.

Her yükleme sırasında kronometreye bakılarak süreye bağlı yük değerleri tesbit edilmeye çalışıldı ve sonuç olarak hesaplarda, 9.5 kp/san. ($\times 10$ N) yaklaşık ortalama değerleri esas alındı.

Metal-porselen köprülerin kırılma dirençleri ve esneme miktarlarının istatistiksel analizlerinde gruplar içi matematiksel ortalamalar ve standart hataları hesaplandı ve varyans analizleri yapılarak, gruplar arası farklar gözlemlendi. Farkın önemli olduğu gruplarda, Duncan Testi kullanılarak farklı gruplar ve önemlilik dereceleri belirlendi.

Bu arada deneyler sonucunda köprülerde oluşan kırılmalar gözlenerek, not edildi (Resim 3.21).

BULGULAR

Çalışmalarımızın sonuçlarını iki bölümde değerlendirmek mümkündür.

A- Porselen ve metalin ısıl genleşme davranışları ile ilgili bulgular.

B- Belirlenen ısıl özelliklerine göre seçilen metal ve porselen materyalleri ve farklı gövde tasarımları ile hazırlanan metal-porselen köprülerin kırılma dirençleri ile ilgili bulgular.

Araştırmanın birinci kısmında, metal-porselen materyali olarak kullandığımız ITS porselen, HTE porselen, her ikisi için ortak olarak kullanılan opak porseleni ile metal alaşım olarak kullandığımız Ivotect P metalinin ısıl genleşme özellikleri, dilatometrik ölçüm sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1 ve 4.2'de porselen ve metal örneklerin 20-600 °C arasındaki % boyutsal uzamaları mm/mm °C olarak verilmiş olup, Tablo 4.3'de ise ilgili örneklerin 20-600 °C ve 100-600 °C lık ısı aralıklarındaki ısıl genleşme katsayıları 10^{-6} mm/mm °C olarak belirtilmektedir.

Şekil 4.1'de tüm örneklerin ısıl genleşme katsayıları bar grafik olarak gösterilmekte, Şekil 4.2-3-4-5 de ise araştırmanın ikinci bölümünde kullandığımız metal ve porselen örneklerin boyutsal uzama grafikleri görülmektedir.

Bu sonuçların ışığı altında araştırmanın ikinci kısmına yönelik olarak, Ivotect P metal alaşımının ısıl genleşme katsayısı ile aralarındaki farkın 0.23×10^{-6} °C olduğu HTE dentin porseleni ve aradaki ısıl genleşme katsayısı farkının 1.02×10^{-6} °C olduğu ITS dentin porseleninin normal fırınlama uygulanan şekilleri ve normal fırınlamalı opak porselen metal-porselen köprülerin yapımı için seçilmiştir.

Bu arada Ivotect P metal alaşımının her örnekte daha sabit bir genleşme özelliği gösterebilmesi için, hazırlanacak olan tüm köprülerde % 100 saf metal alaşım kullanılması uygun görülmüştür.

Tablo 4.1.: Porselen örneklerin % de boyutsal uzamaları
(mm/mm °C)

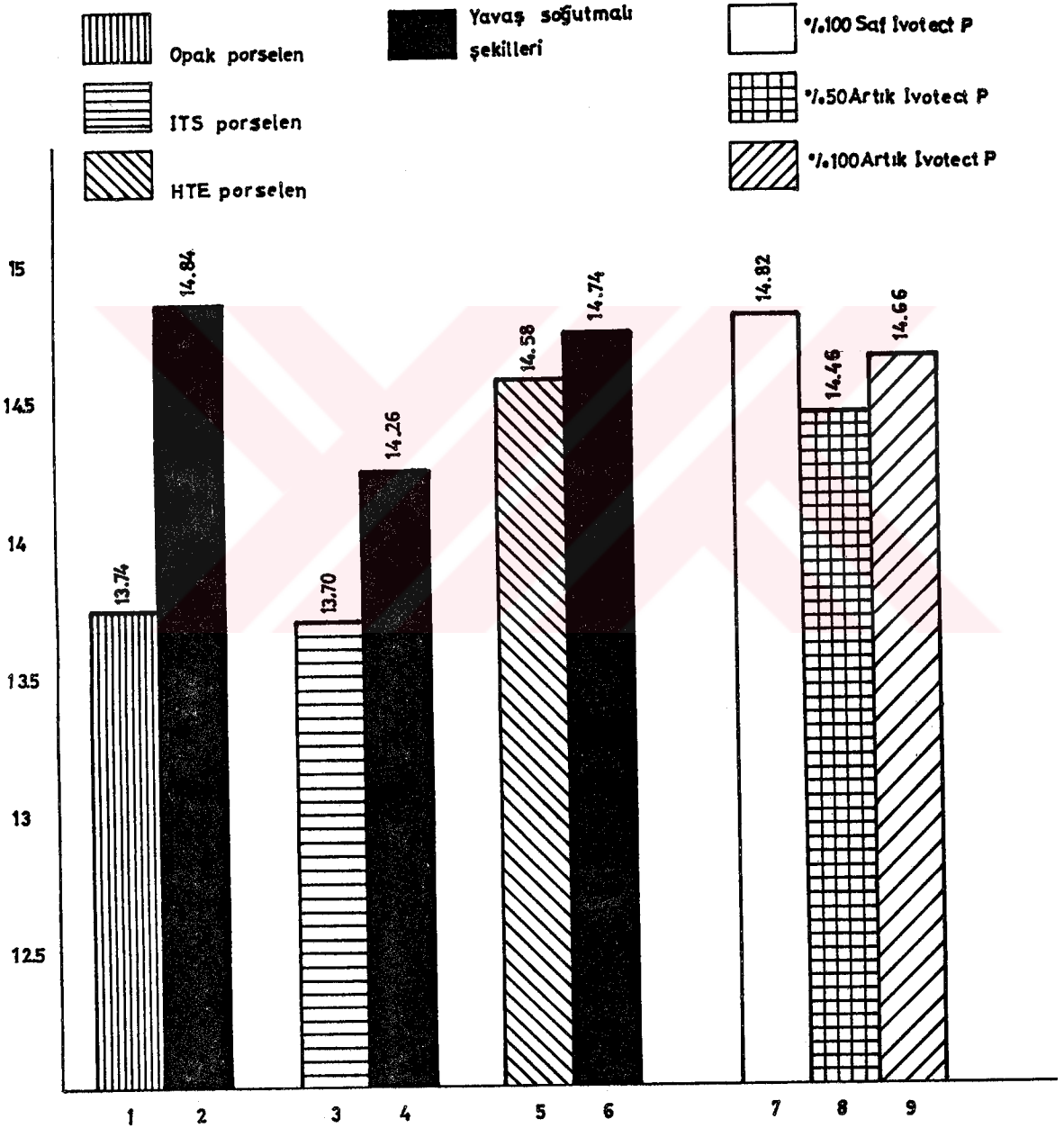
T °C	Opak Porselen Normal Fırınlama	Opak Porselen Yavaş Soğutma	ITS Dentin Porseleni Normal Fırınlama	ITS Dentin Porseleni Yavaş Soğutma	HTE Dentin Porseleni Normal Fırınlama	HTE Dentin Porseleni Yavaş Soğutma
20	0	0	0	0	0	0
100	0,116	0,105	0,111	0,117	0,097	0,115
200	0,216	0,207	0,220	0,238	0,208	0,236
300	0,344	0,332	0,360	0,394	0,353	0,379
400	0,483	0,491	0,516	0,551	0,517	0,545
500	0,640	0,660	0,647	0,679	0,655	0,690
600	0,803	0,847	0,796	0,830	0,826	0,852

Tablo 4.2.: Metal örneklerin % de boyutsal uzamaları
(mm/mm °C olarak)

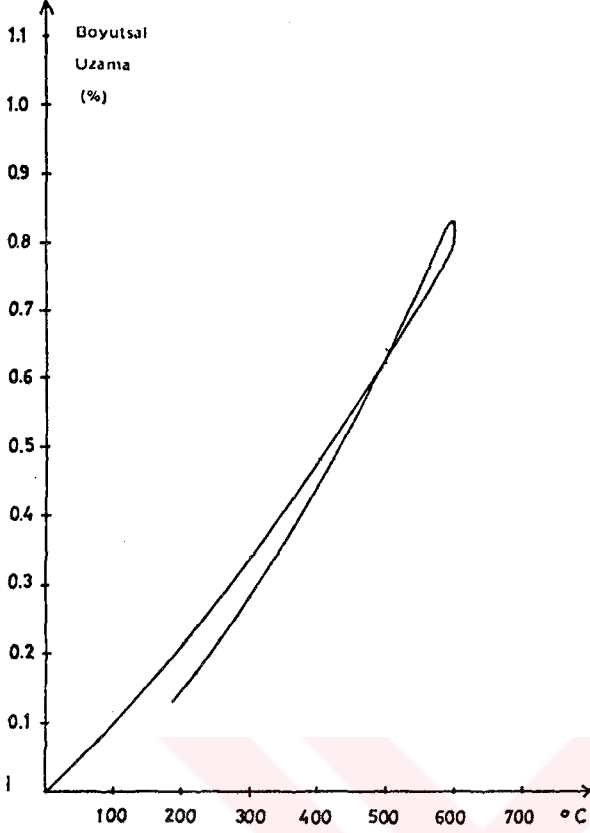
T °C	Ivotect P Metal Alaşımı % 100 Saf	Ivotect. P Metal Alaşımı % 50 saf - % 50 artık	Ivotect P Metal Alaşımı % 100 Artık
20	0	0	0
100	0,117	0,111	0,116
200	0,254	0,239	0,252
300	0,390	0,373	0,380
400	0,529	0,511	0,494
500	0,693	0,676	0,682
600	0,858	0,834	0,849

Tablo 4.3: Porselen ve metal örneklerin ısıl genişleme katsayıları (10^{-6} mm/mm $^{\circ}$ C).

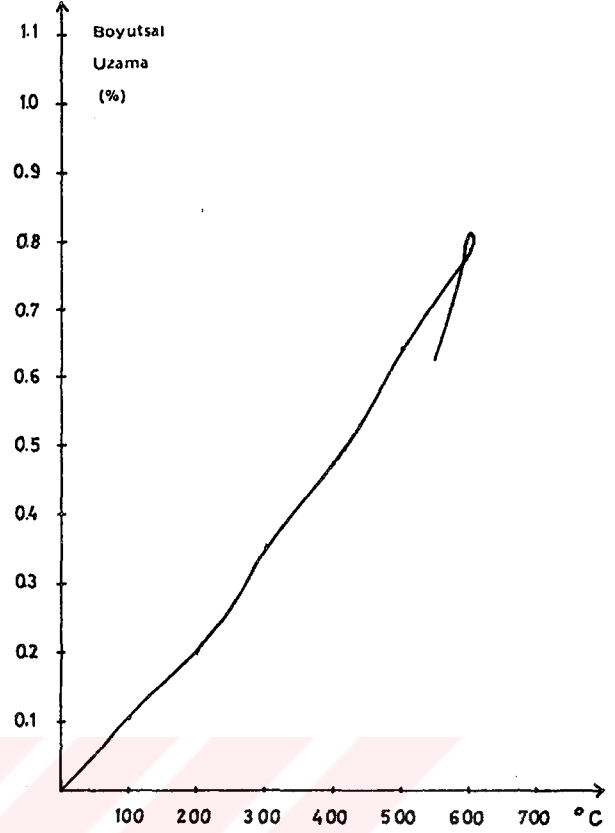
T $^{\circ}$ C	Opak Porselen (N.F.)	Opak Porselen (Y.S.)	ITS Dentin P. (N.F.)	ITS Dentin P. (Y.S.)	HTE Dentin P. (N.F.)	HTE Dentin P. (Y.S.)	Ivotect P. % 100 Saf	Ivotect P. % 50 Saf % 50 Artık	Ivotect P. % 100 Artık
20-600	13,84	14,60	13,72	14,31	14,56	14,68	14,79	14,38	14,64
100-600	13,74	14,84	13,70	14,26	14,58	14,74	14,82	14,46	14,66



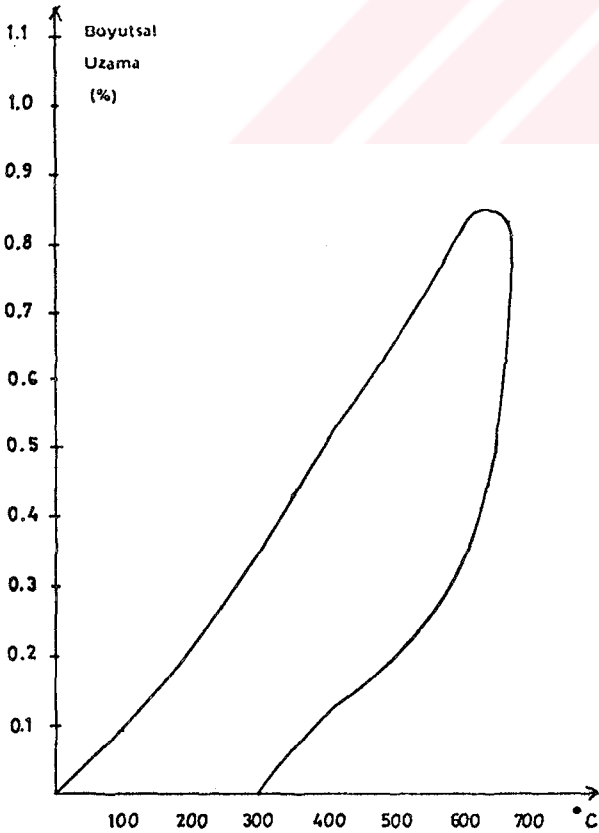
Şekil 4.1: Porselen ve metal örneklerin ısıl genişleme katsayıları bar grafik olarak görülmekte.



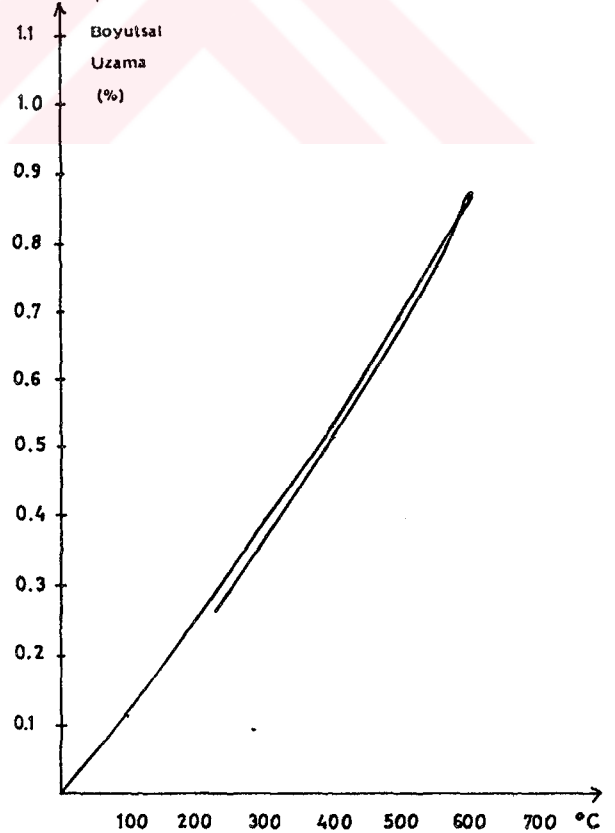
Şekil 4.2: Opak porselen (N.F) (% boyutsal uzama grafiği (mm/ °C)



Şekil 4.3: ITS Dentin porseleni (N.F)(% boyutsal uzama grafiği (mm/ °C)



Şekil 4.4: HTE Dentin porseleni (N.F)(% boyutsal uzama grafiği (mm/ °C)



Şekil 4.5: Ivotect P (% 100 saf) boyutsal uzama grafiği (mm/°C)

Araştırmanın ikinci bölümünde belirlenen ısısız özelliklerine göre, ısısız genişleme katsayıları farklı, iki değişik metal-porselen bileşimi ve iki farklı tip gövde şeklinden oluşan metal-porselen köprü örnekleri, dört grup halinde hazırlanmıştır.

Tablo 4.4.: Farklı görev şekli ve metal-porselen bileşimi uygulanan örnek köprü grupları

GRUP	PORSELEN	METAL	GÖVDE ŞEKLİ
I	HTE	Ivotect P	Inzoma (delikli)
II	HTE	Ivotect P	Bredent (dolu)
III	ITS	Ivotect P	Inzoma (delikli)
IV	ITS	Ivotect P	Bredent (Dolu)

Kırılma direnci deneyi için hazırlanan örnek köprülerin yapım safhaları sırasında metal, metal-opak, metal-opak-porselen kalınlıkları Şekil 3.1'de gösterilen onbir ayrı bölgeden her köprü için ölçülmüş ve mm. olarak tesbit edilen kalınlık değerlerinin matematiksel ortamları, standart hataları belirlenerek varyans analizleri yapılmıştır.

I ve J olarak ifade edilen köprülerin proksimal bağlantı kısımlarında porselenin fırınlanmasından önce, pişme büzülmesini kontrol edebilmek için yapılan ayırmalar bu kısımlarda metal-opak, metal-opak-porselen kalınlıklarının ölçümünü sağlıklı kıldığından, bu bölgelerde yalnızca metal kalınlıkları ölçülmüştür.

Tablo 4.6. da örnek köprülerin onbir bölgesinden ölçülen (A-J) metal, metal-opak, metal-opak-porselen kalınlıklarının gruplar içindeki ortalamaları ve standart hataları görülmektedir.

Bu değerlerle ilgili olarak yapılan varyans analizlerine göre Şu sonuçlar bulunmuştur:

Metal kalınlığı

A Bölgesinde	F: 0.78	P > 0.05
B Bölgesinde	F: 2.40	P > 0.05
C Bölgesinde	F: 2.40	P > 0.05
D Bölgesinde	F: 0.57	P > 0.05
E Bölgesinde	F: 0.96	P > 0.05
F Bölgesinde	F: 0.32	P > 0.05
G Bölgesinde	F: 0.11	P > 0.05
H Bölgesinde	F: 1.06	P > 0.05
I Bölgesinde	F: 226.42	P < 0.05
İ Bölgesinde	F: 5.67	P < 0.05
J Bölgesinde	F: 13.53	P < 0.05

Metal-opak kalınlığı

Metal-opak-porselen kalınlığı

A Bölgesinde	F: 0.53	P > 0.05	F: 1.19	P > 0.05
B Bölgesinde	F: 0.49	P > 0.05	F: 3.36	P < 0.05
C Bölgesinde	F: 3.37	P < 0.05	F: 5.08	P < 0.05
D Bölgesinde	F: 5.33	P < 0.05	F: 0.82	P > 0.05
E Bölgesinde	F: 0.36	P > 0.05	F: 0.62	P > 0.05
F Bölgesinde	F: 0.75	P > 0.05	F: 1.01	P > 0.05
G Bölgesinde	F: 0.95	P > 0.05	F: 1.16	P > 0.05
H Bölgesinde	F: 0.79	P > 0.05	F: 1.53	P > 0.05
I Bölgesinde	F: 192.21	P < 0.05	F: 1.61	P > 0.05

Bu sonuçlara göre farklılık gösteren gruplar için Duncan Testi yapılmış ve Şu sonuçlar bulunmuştur.

Metal kalınlığı açısından farklılık gösteren I, İ, J bölgelerinde, birinci grup ile ikinci grup arasında ve uunc grup ile dördüncü grup arasında görülen farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer gruplar arası karŐılaŐtırmalarda görülen farklar, 0.05 düzeyinde, bazı gruplar arasında ise 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer lm yapılan bölgelerde metal kalınlığı açısından istatistiksel olarak fark görülme-

miştir.

Metal-opak kalınlığı açısından farklılık gösteren C bölgesinde, yalnız ikinci grup ile dördüncü grup arasında ve birinci ile ikinci grup arasında 0.05 düzeyinde fark, önemli bulunmuştur. Farklılık gösteren D bölgesinde ise yalnız birinci ve ikinci grup arasında fark, 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Gruplar arası farkların önemli görüldüğü I bölgesinde ise, birinci grup ile ikinci grup ve üçüncü grupta dördüncü grup arasındaki farklar önemsiz, diğer gruplar arası farklar 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Metal-opak-porselen kalınlığı açısından farklılık gösteren B bölgesinde, birinci grup ile üçüncü grup ve birinci grupta dördüncü grup arasındaki farklar 0.05 düzeyinde önemli bulunmuş, diğer gruplar arası farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. C bölgesinde ise, ikinci ve dördüncü gruplar ile birinci ve dördüncü gruplar arasında farklar sırasıyla 0.01 ve 0.05 düzeyinde önemli bulunmuş, diğer gruplar arasında fark görülmemiştir.

Genel bir değerlendirme yapacak olursak, metal kalınlığı açısından % 21.71, metal-opak kalınlığı açısından % 11.21, metal-opak-porselen kalınlığı açısından da % 5.59'luk bir varyasyon katsayısı bulunmuştur ki, bu da deney örneklerimizin istatistiksel olarak standart olması yönünden kabul edilebilir bir düzey elde ettiğimizi göstermektedir.

Farklı gövde şekilleri ile hazırlanan metal köprü alt yapıları porselen uygulanmasından önce tartılmış ve ağırlıkları Tablo 4.6'de gösterilmiştir.

Tablo 4.6.: Köprülerin metal yapı olarak ağırlık (gr.) ortalamaları ve standart hataları

çelikli zoma kövde	1.62	1.67	1.62	1.69	1.55	1.56	1.49	1.67	1.66	1.59	\bar{x} : 1.612	$s_{\bar{x}}$ 0.0203
olu redent kövde	2.27	2.33	2.43	2.33	2.23	2.39	2.38	2.43	2.59	2.27	\bar{x} : 2.365	$s_{\bar{x}}$ 0.0331

Bu sonuçlara göre, Inzoma tipi delikli gövde tasarımı ile hazırlanan köprülerin metal yapı ağırlıklarının ortalaması, Bredent tipi dolu gövde tasarımlı köprülerin ağırlık ortalamasından, 0.753 gr daha düşük olarak bulunmuştur.

Farklı gövde şekilleri ile hazırlanan bu metal alt yapılar üzerine, iki farklı tip porselen materyali uygulanmış ve fırınlama işlemine geçilmiştir. Opak porselenin fırınlanmasından sonra ilk dentin porseleni fırınlanmasını takiben köprüler kontrol edilmiş ve çatlama, kırılma, kopma gibi herhangi bir hata görülmemiştir. Köprülerin dördünde görülen ufak hatalar da ikinci dentin fırınlanmasında düzeltilmiştir.

Özellikle metal-porselen genleşme katsayıları arasındaki farkın fazla olduğu örneklerde sonradan oluşabilecek başarısızlıklar düşünülerek, hazırlanan köprüler üçer hafta süre ile oda sıcaklığında gözlenmişlerdir. Bu süre sonunda da tüm porselen köprülerde herhangi bir çatlama, kırılma oluşmamıştır.

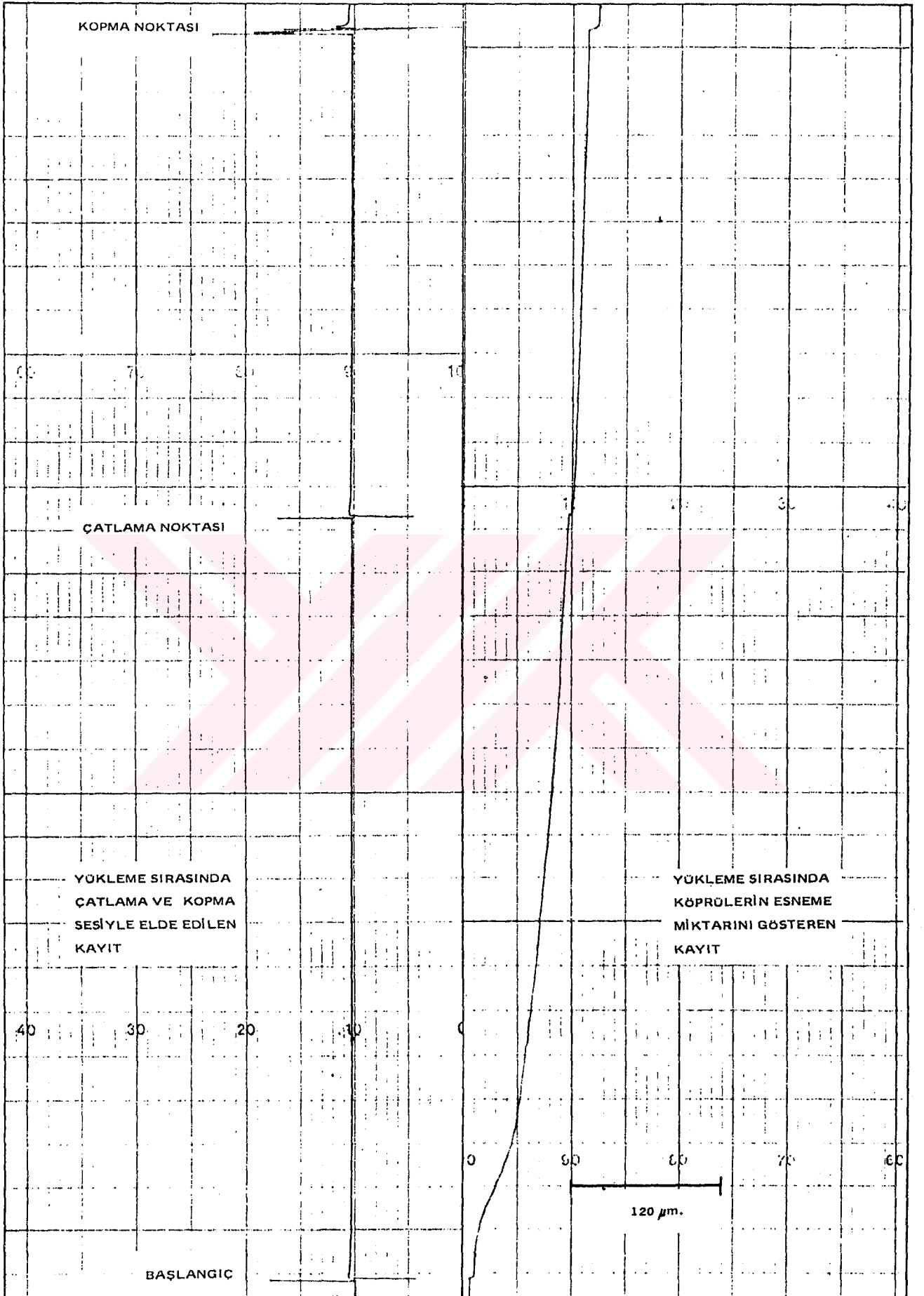
Araştırmamızın son bölümünde, deneyler sırasında oluşan bazı hatalar ve eksik bulgular nedeni ile sonuçlar dörder örnek üzerinden değerlendirilmiştir.

Şekil 4.6'da metal-porselen köprü, deney örneklerinden elde edilen çatlama, kopma kayıtları ile esneme kayıtlarından bir örnek görülmektedir.

Tablo 4.8'de porselen köprülerin çatlama ve kopma noktasındaki kırılma dirençleri N. olarak, bu noktadaki esneme miktarları da μm olarak verilmiştir. Tablo 4.9'da ise elde edilen değerlerin ve direnç katsayılarının matematiksel ortalamaları ve standart hataları görülmektedir. Şekil 4.7-8-9 ise sırasıyla köprülerin çatlama ve kopma anındaki direnç, esneme ve direnç katsayısı değerleri, bar grafik olarak gösterilmektedir.

Elde edilen bulgulardan genel olarak gözlenen, çatlamanın oluştuğu anda ilgili ses kaydına göre saptanan kuvvet değerlerinin, kopma anındaki değerlerden çok farklı olduğudur. Bu da biri dışında tüm örnekler için geçerlidir. Genel olarak porselenin kırılma direncinin değerlendirilmesinde, ilk çatlama anı esas alınmıştır.

Deneyler sonunda köprülerde oluşan kırılma ve kopmalar gözlemlendiğinde, örneklerin on sekizinde asıl kırılma ve kopma gövdede görülmekle beraber, destek kuronlarda da çatlaklar oluş-



Şekil 4.6: Kırılma direnci deneyi sırasında elde edilen kayıtlar

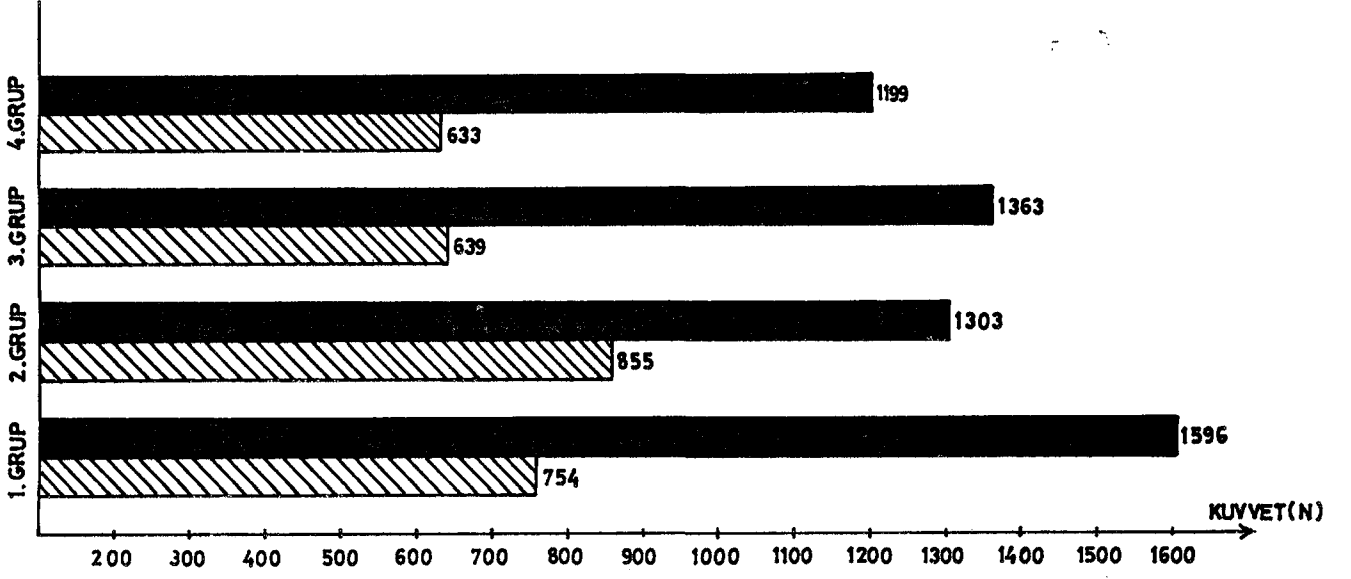
Tablo 4.8.: Köprülerin çatlama ve kopma dirençleri ile bu noktadaki esneme ve direnç katsayıları

Gruplar	Çatlama			Kopma			
	Kuvvet (N)	Esneme (μm)	Direnç Katsayısı ($\mu\text{m}/\text{N}$)	Kuvvet (N)	Esneme (μm)	Direnç Katsayısı ($\mu\text{m}/\text{N}$)	
HTE Porselen Inzoma Gövde (I)	1	715,7	77,14	0,107	1785,2	94,28	0,052
	2	732,6	77,83	0,106	1195,7	90,81	0,075
	3	812,6	81,70	0,100	1650,5	114,89	0,069
	4	757,8	69,00	0,091	1751,5	99,00	0,056
HTE Porselen Inzoma Gövde (II)	1	901,0	97,67	0,108	1187,3	103,25	0,086
	2	791,5	84,70	0,107	1557,8	98,82	0,063
	3	736,8	88,00	0,119	1157,8	101,33	0,087
	4	993,6	101,33	0,101	1309,4	112,00	0,085
ITS Porselen Inzoma Gövde (III)	1	618,9	77,50	0,125	1389,4	117,50	0,084
	2	694,7	70,58	0,101	1566,3	112,94	0,072
	3	593,6	72,00	0,121	1157,8	96,00	0,082
	4	652,6	75,00	0,114	1338,9	100,00	0,074
ITS Porselen Dolu Gövde (IV)	1	585,2	105,60	0,180	585,2	105,60	0,180
	2	576,8	80,00	0,138	1134,8	108,00	0,095
	3	665,2	66,66	0,100	1600,0	114,66	0,071
	4	707,3	64,28	0,090	1473,6	100,00	0,067

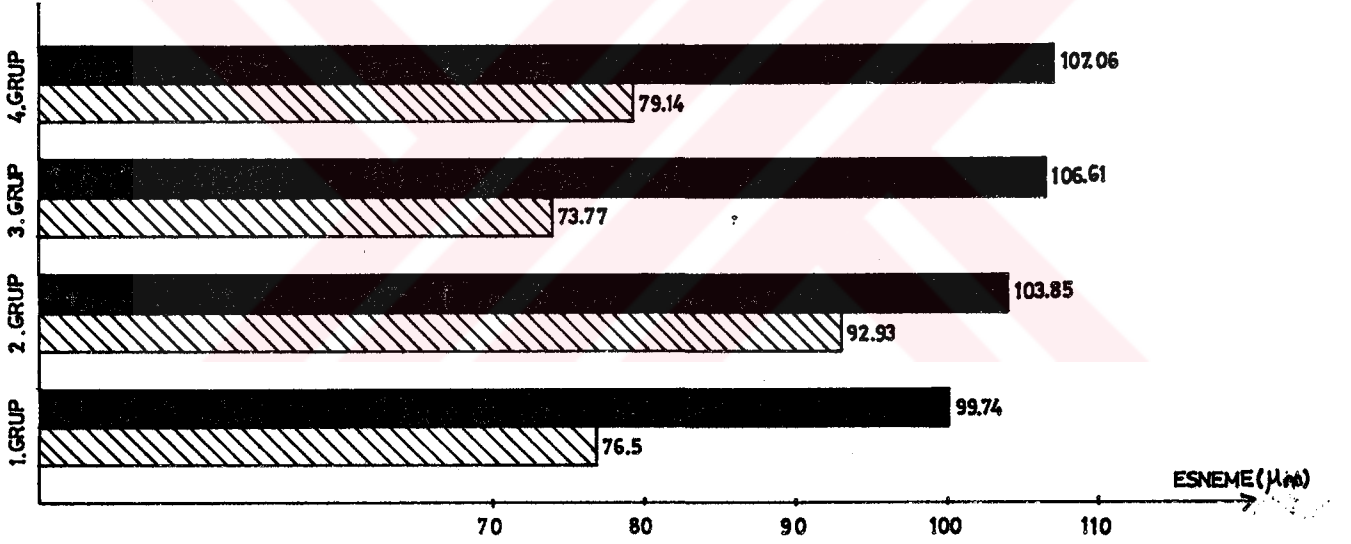
Tablo 4.9.: Köprülerin çatlama, kopma dirençleri ile esneme ve direnç katsayılarının gruplar içi ortalamaları ve standard hataları

Gruplar	Çatlama			Kopma			
	Kuvvet (N)	Esneme (μm)	D. Katsayısı ($\mu\text{m}/\text{N}$)	Kuvvet (N)	Esneme (μm)	D.Katsayısı ($\mu\text{m}/\text{N}$)	
I	\bar{x}	754.7	76.42	0.1014	1596	99.74	0.0637
	s_x	∓ 21.15	∓ 2.67	∓ 0.0038	∓ 136	∓ 5.32	∓ 0.0054
II	\bar{x}	855.7	92.93	0.1092	1303	103.85	0.0808
	s_x	∓ 57.25	∓ 3.92	∓ 0.0037	∓ 91	∓ 2.86	∓ 0.0058
III	\bar{x}	639.0	73.77	0.1158	1363	106.61	0.0785
	s_x	∓ 21.90	∓ 1.54	∓ 0.0052	∓ 84	∓ 5.12	∓ 0.0030
IV	\bar{x}	633.6	79.14	0.1276	1199	107.06	0.1037
	s_x	∓ 31.6	∓ 9.47	∓ 0.0204	∓ 226	∓ 3.03	∓ 0.0262

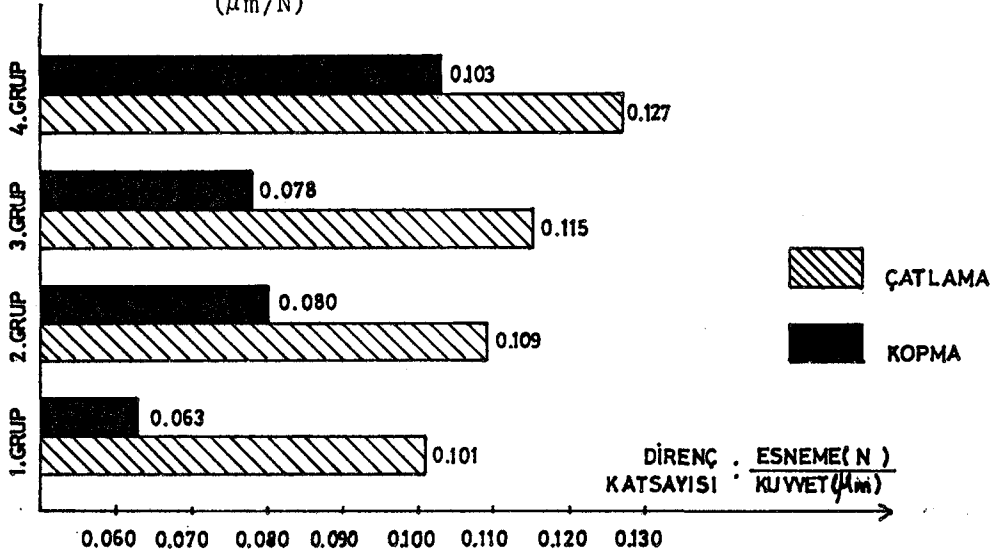
Şekil 4.7: Köprülerin çatlama ve kopma dirençleri (N.)



Şekil 4.8: Köprülerin çatlama ve kopma anındaki esneme miktarları (μm .)



Şekil 4.9: Köprülerin çatlama ve kopma anındaki direnç katsayıları ($\mu\text{m}/\text{N}$)



muştur. Köprülerin yalnız ikisinde tümüyle adeziv bir kopma, diğerlerinde ise, koheziv ağırlıklı bir kırılma meydana gelmiştir. Koheziv olarak kırılan köprülerde büyük bir porselen parçası koparken, çok az bir metal yüzeyi açığa çıkmıştır.

Yüksek genleşme katsayılı porselenle pişirilen köprüler arasında, delikli gövdeli köprülerin kırılma direnci ortalaması 754.7 N., dolu gövdeli köprülerin kırılma direnci ortalaması ise 855.7 N., olarak bulunmuştur. Düşük genleşme katsayılı (ITS) porselenle pişirilen köprülerde ise sırasıyla, 639.0 N. ve 633.6 N. ortalama kırılma direnci değerleri tesbit edilmiştir.

Elde edilen değerler varyans analizi tekniği ile karşılaştırıldığında şu sonuçlar bulunmuştur:

Gruplar arasında çatlama noktasına ait direnç değerleri arasındaki fark, önemli bulunmuştur. $F: 8.58 \quad P < 0.05$

Çatlama noktasına ait esneme miktarı arasında gruplar arasındaki fark, önemsiz bulunmuştur. $F: 2.54 \quad P > 0.05$

Gruplar arasında kopma noktasına ait direnç değerleri arasındaki fark, önemsiz bulunmuştur. $F: 1.32 \quad P > 0.05$

Kopma noktasına ait esneme miktarı arasında gruplar arasındaki fark, önemsiz bulunmuştur. $F: 0.63 \quad P > 0.05$

Gruplar arasında çatlama ve kopma noktasındaki direnç katsayıları arasındaki fark, önemsiz bulunmuştur. $P > 0.05$

Gruplar arasında çatlama noktasına ait direnç değerlerinin varyans analizi:

VARYASYON KATSAYISI	SERBESTLİK DERECEŚİ	KARELER TOPLAMI	ORTALAMA KARE	F
GRUPLAR ARASI	3	133953	44651	8.58
GRUP İÇİ	12	62447		
TOPLAM	15	196400		

$F: 8.58$ olup, $P < 0.05$ olduğundan aradaki farkın önemli olduğu görülmüştür.

Gruplar arasında farklılık çıkan çatlama noktasına ait direnç değerleri için Duncan Testi yapılmış ve şu sonuçlar bu-

bulunmuştur:

KIRILMA DİRENCİ		III. Grup	I. Grup	II. Grup		
(Çatlama)		640.0	754.7	855.7	P 0.05 D: $Q.S_{\bar{x}}$	P 0.01 D: $Q.S_{\bar{x}}$
IV Grup	633.6	6.4	121.1*	222.7**	3.313x36.069 119.495	4.622x36.069 166.711
III Grup	640.0	-	114.7	215.7**	3.225x36.069 116.323	4.504x36.069 162.455
I Grup	754.7	-	-	101.01	3.082x36.069 151.865	4.320x36.069 155.818

*) $P < 0.05$

**) $P < 0.01$

Bu test sonuçlarına göre:

- III. grup ile IV. grup arasındaki fark, önemsiz $P > 0.05$
I. grup II. grup arasındaki fark önemsiz $P > 0.05$
I. grup ile IV. grup arasındaki fark, önemli $P < 0.01$
II. grup ile IV. grup arasındaki fark, önemli $P < 0.01$
I. grup ile III. grup arasındaki fark, önemli $P < 0.01$
II. grup ile III. grup arasındaki fark, önemli $P < 0.01$ bulunmuştur.

Bunlara ilaveten porselen ve gövde farklılığına göre genel bir değerlendirme yapmak amacıyla elde edilen verilerin faktör seviyelerine göre interaksyonu yapılmış ve yalnız çatlama direnci yönünden porselen türüne bağlı olarak fark ($P < 0.01$) önemli bulunmuştur ki, bu da gövde tasarımının köprülerin direnci üzerinde fazla etkili olmamasına karşın, porselen ve metalin ısıl genleşme katsayılarının önemini ortaya koymaktadır.

Faktör	\bar{x}	$S_{\bar{x}}$	N
HTE porselen	805.2	34.1033	8
ITS porselen	636.788	17.8437	8
İnzoma gövde	697.313	25.8582	8
Dolu gövde	744.675	51.7517	8

Çatlama direnci ile ilgili varyans analizi

Varyasyon kaynağı	K.T.	S.S	K.O.	F	
Porselen cinsleri arası	113467	1	113467	21.8023	P < 0.01
Gövde tipleri arası	8983.5	1	8983.5	1.72616	P > 0.05
Porselen cinsi x Gövde tipi interaksiyonu	11507.5	1	11507.5	2.2114	P > 0.05
Hata	62452	12	5204.33	-	-

TARTIŞMA

Metal destekli porselen restorasyonların ısısız uyumluluğu ile ilgili çalışmalarda ağırlık taşıyan ve üzerinde birçok araştırma yapılan hususlardan birtanesi de, porselenin ve metalin ayrı ayrı ısısız davranışlarının gözlenmesidir (4,16, 51,52,53,101,123).

Literatüre baktığımızda, konu ile ilgili çalışmalar yapmış olan Bertolotti (14), De Hoff ve Anusavice (38), Dorsch (42,43,44,45) Fairhurst (51), Walton ve O'Brien (123), Whitlock ve arkadaşları (125) değişik tipde dilatometreler ve benzer yöntemler kullanarak metal ve porselenin ısı karşısındaki davranışlarını gözlemişlerdir. Bu araştırmalarda çok değişik metal ve porselen materyallerinin kullanıldığı ve yöntemler arasında bazı ufak farklılıklar söz konusu olduğu halde, bildirilen genel sonuçlar açısından benzer bulgular ifade edilmiş ve dilatometrik ölçümlerle bu konuda sağlıklı veriler elde edilebileceği bildirilmiştir (14,38,42,43,44,45,51,123,125).

Bu araştırmalarda dilatometrik yöntemle porselenin ısısız genleşme katsayısının ölçülmesi için örnekler hazırlanırken genellikle kuru sıkıştırma tekniği kullanılmış ancak farklı olarak Walton ve O'Brien (123) ile Fairhurst (53) bu tekniğe ilaveten porseleni basınç altında kondanseye etmişlerdir. Basınç faktörünün porselenin ısısız davranışını etkileyebilecek porözite olasılığını azaltacağı düşünceyi ile çalışmamızda da örneklerin bu yöntemle hazırlanmasının daha uygun olacağı görüşü ağırlık kazanmıştır.

Yukarıda adı geçen araştırmacılarından yalnız Dorsch, (42,43,44,45) bizim kullandığımız metal ve porselen materyallerini de içeren çalışmalar yapmış ve araştırmamızda da konu edilen porselenin yavaş soğutmalı fırınlama koşullarının ısısız genleşme katsayısı üzerine etkisini incelemiştir. Bu konuda çalışmalarımızda elde ettiğimiz bulgular Dorsch'un sonuçları ile aynı paraleldedir (42,43,44,45).

Konu ile ilgili bazı çalışmalarda metal alaşımların ısısız genleşme katsayısının tekrarlanan ısıtma devrelerinde

değişmediği bildirilmekle beraber, tekrarlanan dökümlerde alaşımların bu karakterinin ne şekilde etkilendiğine dair bir bulguya rastlanmamıştır (42,45,51,126). Bu yaklaşımla çalışmamızda üretici firmanın önerisi olan Ivotect P metal alaşımı ile aynı metalin yarı yarıya döküm artışı kullanıldığında, 0.41×10^{-6} °C lık bir ısıl genleşme katsayısı farklılığı ortaya çıkmıştır ki bu fark, metal-porselen uyumluluğunda etkili olabilecek oranda bir sonuç ifade etmektedir.

Ivotect P metal alaşımının ilk dökümü ile elde ettiğimiz örneklerdeki ısıl genleşme katsayısı, bu konuda çeşitli çalışmalar yapmış olan Dorsch'un (45) aynı metal için bildirdiği değerler ile uyumlu olarak bulunmuş ve yine firmanın bu metal için bildirdiği ısıl genleşme katsayısı da çalışmamızda aynı değerde tesbit edilmiştir (67).

Dorsch (43) ve tarafımızdan kullanılan ITS ve HTE porselen materyallerinin ısıl genleşme katsayıları, üretici firmanın önerisi doğrultusundaki ısılarla fırınlanmaları halinde, uyumlu bulunmuştur. Ancak Dorsch'un (42) daha farklı değerler bildirdiği çalışmasında fırınlamanın daha yüksek ısılarda gerçekleştirdiği gözlenmiştir. Bu porselenlerden yavaş soğutmalı fırınlama koşullarında elde ettiğimiz örneklerin ısıl genleşme katsayıları da yine Dorsch'un (42,43,44,45) bulguları ile uyumlu olarak bir artış göstermiştir.

Dilatometrik ölçümlerden elde ettiğimiz bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; metal alaşım doğrusal bir genleşme ve büzülme şekli gösterirken, porselenlerin büzülmeleri genleşme şekillerinden farklı olarak gerçekleşmiştir. Metal ve porselenin ısıl genleşmeleri birlikte değerlendirildiğinde, ısıya bağlı olarak aralarında değişen farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Porselenin genleşmesi belirli bir ısı aralığında farklı bir değişim göstermiş, bu ısı aralığı ise geçiş bölgesi olarak değerlendirilmiştir.

Bu bulgular Fairhurst'ün (51) gözlemleri ile uyumaktadır. Dorsch (45), Fukui ve arkadaşları (55), Whitlock ve arkadaşları (125) Walton ve O'Brien'da (123) benzer sonuçlar ifade etmişlerdir. Ayrıca Walton ve O'Brien (123) porselenin ısıl genleşmesinin kristalin veya cam fazlarındaki değişim ile modifiye olduğunu bildirmiştir.

Birçok araştırmacı metal-porselen sistemlerinde ısısıal uyumluluğu etkileyen değişik faktörlerin bulunduğu konusunda ortak görüşler bildirmiş ve bu hususta her iki materyalin ısısıal genleşme katsayıları arasındaki farkın önemini vurgulamıştır (4,13,14,43,45,51,52,62,83,93,16,118,125,126).

Araştırmamızın ikinci bölümünde, ilk bölümde kullandığımız metal ve porselenlerin ısısıal genleşme katsayıları ile ilgili verilerden elde ettiğimiz bilgilerin ışığında, çeşitli gövde tasarımlarının metal destekli porselen köprülerin ısısıal uyumluluğuna ve kırılma dirençleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanarak, benzer çalışmalarındaki yaklaşımla (2,5,123), ısısıal genleşme katsayıları uyumlu metal-porselen kombinasyonu kontrol grubu olarak kabul edilmiş, ısısıal genleşme katsayıları arası farkın büyük olduğu grup ise deney grubunu oluşturmuştur.

Bu gruplar oluşturulurken, metal ve porselenin ısısıal genleşme katsayıları arasındaki farkı esas alarak uyumlu metal-porselen bileşimleri oluşturmak için bazı araştırmacıların önerdiği güvenilirlik sınırları göz önüne alınmak istenmişse de, bu sınıra ait çok farklı değerler öne sürüldüğü gözlenmiştir. (45, 61,93,123). Bu farkların, metal-porselen uyumluluğunu etkileyen çok değişik faktörlerin varlığından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Ağızda ilk ve en çok kaybedilen dişlerden olan mandibular birinci molar dişin protetik restorasyonunda uygulanan sabit köprü protezi , çalışmamızda deney örneği olarak seçilmiştir. (10).

Binns (18), Marker ve arkadaşlarının (83) belirttikleri öneriler doğrultusunda deney örneklerinin boyutları, hazırlanması ve kırılma direnci deneyleri gerçek laboratuvar ve ağız içi şartlarına uygun bir tarzda yapılmaya çalışılmıştır.

Kuron ve köprü formundaki metal-porselen restorasyonların kırılma dirençleri ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğunda, deney örneklerini bir örnek olarak hazırlayabilmek için değişik kalıp sistemleri kullanılmışsa da, yalnız Marker ve arkadaşları (83) bu konuda hazırlanan örneklerin metal ve porselen kalınlıkları açısından istatistiksel bir analizini yapmışlardır.

Çalışmamızda hazırladığımız, metal-porselen köprü örneklerinin ne ölçüde standardize edildiğini ifade edebilmek ama-

cıyla Marker ve arkadaşlarının da (83) uyguladıkları gibi köprülerin muhtelif bölgelerinden kalınlık ölçüleri ve elde edilen değerlerin istatistiksel analizleri yapılmış, özellikle porselen kalınlığı açısından sözü edilen çalışmada görülen % 10'luk varyasyon katsayısının da altında % 5'lik bir düzey elde edilmiştir. Bu sonucun sağlanmasında porselen köprülerin şekillenmesi amacıyla kullandığımız ve tarafımızdan geliştirilmiş olan üç parçalı kalıp sisteminin önemli katkısı olduğu düşüncesindeyiz.

Metal ve opak porselen kalınlıkları açısından gruplar arasında bazı farklılıklar gözlenmişse de, bunlar daha çok farklı gövde şekilleri ile ilişkilidir. Metal koping kalınlıklarında gözlenen farklılıkların önemli bir düzeyde olmadığı görülmüştür.

Bu konuda Anusavice ve arkadaşlarının (8) yaptığı bir çalışmada, metal kalınlığının stres dağılımında önemli bir katkısının olmadığı tesbit edilmiştir. Ayrıca porselen kalınlığının stres dağılımında daha etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (29,86,89,114).

Metal yapılar ağırlıkları açısından değerlendirildiğinde Inzoma gövde, metal-porselen köprü alt yapısında diğer gövde tipine göre % 31.83'lük bir metal tasarrufu sağlanmıştır ki, bu değer Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmasında % 41, firmanın kendi tanıtım klavuzunda ise % 40-50 olarak bildirilmiştir (65). Bu farkın, değişik boylardaki restorasyonlardan, koping kalınlıklarından ve kullanılan metalin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülebilir. Delikli tip Inzoma gövdeler sağladıkları % 31.83 oranındaki metal tasarrufu ile özellikle kıymetli alaşımların kullanıldığı durumlarda ekonomik bir alternatif olarak tercih edilebilir.

Metal-porselen köprülerin yapımında, birinci dentin porseleninin fırınlanmasından sonra köprüler kontrol edildiğinde, özellikle ısıl genleşme katsayıları arasındaki farkın fazla olduğu grupta çatlama olabileceği düşünülürken, aksine herhangi bir başarısızlık belirtisi söz konusu olmamıştır. Ancak örneklerin dördünde, her zaman için karşılaşılabilen ufak defektler ve kabarcıklar görülmüştür ki, bunlar da ikinci dentin fırınlanmasında tamamen giderilmiştir. Köprülerin oda sıcaklığında üzer

haftalık gözlemlerinde de herhangi bir başarısızlık tesbit edilmemiştir.

Bu gözlemlere dayanarak çalışmamızda söz konusu olan metal-porselen ısısızal genleşme katsayısı farkının $1.02 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}$ olmasının, porselenin ani ve kendiliğinden oluşan bir başarısızlığına neden olacak düzeyde olmadığı söylenebilir. Ancak ağız ortamında porselenin direncini etkileyebilecek değişik faktörlerin bulunduğu da gözönünde bulundurulmalıdır.

Araştırmamızın son bölümünde ise, hazırlanan metal-porselen köprülerin kırılma dirençleri ölçülmüştür.

Klinik uygulama ve tasarımlarla ilgili çalışmalarda Warpeha ve Goodkind (124), Miller (89), Körber ve arkadaşları (73), Shoher (108,109), Oram ve arkadaşları (97), Woods ve Cavazos (129), Marker ve arkadaşları (83), Barghi ve arkadaşları (11) klinik kuron, köprü ve benzer geometrili deney örneklerinde, baskı yüklemesi altında porselenin kırılma direncini esas alarak direnç değerlendirmeleri yapmışlardır. Bunlardan yalnız Körber ve arkadaşları (73) klinik köprü formundaki örneklerde, farklı gövde tasarımlarının köprülerin kırılma direnci üzerine etkilerini incelemişlerdir.

Çalışmamızda hazırladığımız metal-porselen köprülerde kırılma direnci deneyleri uygulanırken, uygulanan kuvvetin köprülere intikali, cihazın yükleme ucu ile köprü gövdesinin okluzal tüberkülleri arasına yerleştirilen çelik bir bilya ile sağlanarak, okluzal tüberküller ile maksimum nokta teması oluşturulup, yaygın bir kuvvetin intikali ve ağız içindeki okluzal ilişkilerin etkin bir şekilde taklidi amaçlanmıştır. Çalışmamızda kullandığımız bu yöntemin aksine, porselenin kırılma direncinin test edildiği diğer araştırmalarda (11,87,93,129), konuya bir açıklık getirilmeyerek, genellikle tek kuron olarak hazırlanmış örneklerin tüberkül tepesinden dikey yönde bir kuvvet uygulanmıştır. Yalnız Warpeha ve Goodkind (124) kuvveti okluzal yüklerin etkin olduğu biçimde uygulamışlardır.

Jones (69) direnç deneylerinde uygulanan kuvvet hızlarının porselenin kırılma direncini bariz olarak etkilediğini, hızlı ve kısa zamanlı yüklemelerde dental porselenin yavaş ve uzun süreli yükleme hızlarına göre daha düşük direnç gösterebi-

leceğini bildirmiştir. Ancak gerçekte söz konusu yapılar zaman içinde çok değişik kuvvetlere maruz kalabilmektedirler. Direnç deneylerinin çoğunda, darbe ve çarpma testleri dışında yavaş ve uzun süreli yükleme hızları kullanılmaktadır. Tüm bu şartlar gözönüne alındığında, çalışmamızda da düşük bir yükleme hızı tercih edilmiştir.

Araştırmamızda metal-porselen köprülerin kırılma dirençlerini tesbit ederken konu ile ilgili diğer çalışmalardan farklı olarak, Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmalarındaki yaklaşıma benzer bir yöntem uygulanmış ve porselenin yük altında çatladığı ilk noktayı hassas bir şekilde tesbit ederek, çatlama sesini elektronik olarak kaydettiğimiz noktadaki ilgili kuvvet değeri, metal-porselen köprünün dayanımını belirleyen kritik nokta olarak kabul edilmiştir. Bu arada ayrıca köprülerin esneme kırılma miktarlarıda tesbit edilerek dirençlerinin karşılaştırılması amacıyla ikinci bir veri olarak değerlendirilmiştir.

Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmalarından farklı olarak, yüklemeye porselenin kopma noktasına kadar devam ettiğimiz çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulardan, köprülerin çatlama direnç değerleri ile kopma direnç değerleri arasında bariz farklar olduğu gözlenmiştir. Bu durum çatlama ile oluşan bir stres boşalmasına bağlanabileceği gibi, ayrıca uygulanan yüz altında önce porselenin koheziv direncinin aşıldığı, daha sonra ise bağlantı direncinin bozulduğu düşünülebilir.

Uyguladığımız kırılma direnci deneyleri sonucunda, köprülerde oluşan kırılmaların genellikle gövdelerde olması, kuvvetin yönlendirilmesi açısından olumlu olarak değerlendirilmiş ve bu arada destek kuronlarda da çatlama oluşmuştur. Bu şekilde bir gözleme Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmasında yer verilmemiştir.

Deneyler sonucunda kırılan köprüler incelendiğinde, oluşan başarısızlıkların O'Brien'a göre (94,95) öncelikle porselenin koheziv yetersizliği şeklinde ifade edilen "tip 3" sınıfında olduğu ve çok az örnekte ise, metal-porselen bağlantısının kopması şeklinde "tip 1" sınıfında olduğu görülmüştür. Bu şekildeki kopmaların metal ve porselen arasındaki ısıl genleşme farklılığının büyük olduğu guruplarda olması dikkat çekicidir. Koheziv kırılma şeklinde sonuçlanan örneklerde çok az bir metal yü-

zeyi açığa çıkmıştır ki, bu gözlemlerde Marker ve arkadaşlarının (83) sonuçlarına uymaktadır. O'Brien (94,95) konu ile ilgili olarak metal ve porselen arasında uygun bir bağlantının olması durumunda öncelikle porselenin koheziv olarak kırılacağını belirtmiştir ki, çalışmamızda yine bu da, elde ettiğimiz bulguları doğrular niteliktedir.

Köprülerin kırılma dirençlerinin karşılaştırılmasında ağızda oluşabilen maksimum kuvvetler gözönünde bulundurularak, 500 N.luk bir güvenirlilik sınırı kabul edilmiştir (73,108). Çalışmamızda kullandığımız köprülerdeki dirençlerin de, benzer çalışmalardaki bulgularla uyumlu olarak bu sınırın üzerinde olduğu tesbit edilmiştir.

Genellikle porselenin baskı direncinin yavaş bir yükleme ile $350-550 \text{ N/mm}^2$ olduğu bildirilmiştir (3). Metal destekle ise bunun artması beklenen bir durumdur.

Çalışmamızda elde edilen sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapıldığında; Inzoma gövde ile hazırlanan köprülerin ortalama çatlama direnci $697.31 \pm 25.85 \text{ N}$, dolu gövdelerde hazırlanan köprülerde ise $744.67 \pm 51.75 \text{ N}$ bulunmuştur. Bu sonuçlardan dolu gövdeli köprüler daha dirençli gözükmeyle beraber, aksine istatistiksel sonuçlar önemli bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu arada dolu ve delikli tip gövdeli köprülerde yüke bağlı olarak esneme ve kopma direnç değerleri ile direnç katsayısı olarak ifade edilen esneme/kuvvet ($\mu\text{m/N}$) değerleri de istatistiksel olarak ele alındığında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca araştırmamızda kullandığımız metal-porselen köprülerde esneme direnci yüksek nikel-krom alaşımının kullanılmış olması, sonuçların yorumunda gözönünde bulundurulması gereken bir husustur.

Porselen türüne bağlı olarak bir karşılaştırma yapıldığında ise, HTE porselenine karşın ITS porseleninin kullanılması halinde her iki gövde tasarımında da köprülerin çatlama dirençleri bariz bir şekilde azalmıştır. Bir başka ifade ile metal-porselen ısıl genleşme katsayısı farkı $0.23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ dan $1.02 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ 'a çıkarıldığında, köprülerin çatlama direnci gövde tasarımlarına bağlı olmaksızın bariz olarak azalmaktadır. Aynı tasa-

rımlarla hazırlanan köprülerde, metal ve porselenin ısısal genleşme katsayıları arası farkın artmasıyla köprülerin dirençlerinin zayıflaması, ısısal uyumsuzluğa bağlı olarak gelişen artık streslerin bir sonucu olarak da değerlendirilebilir. Yapılan istatistiksel analizlerde bu düşüş miktarının delikli veya dolu tip gövde tasarımlarında önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Shoher (108) ve Haker'in (60) ifadelerinin aksine delikli tip gövdelerin artan ısısal streslere karşı daha hassas olduğunu söylemek mümkün değildir.

Körber ve arkadaşlarının (73) çalışmasında 12 mm. aralıklı delikli tip metal gövde tasarımlı köprüler için ortalama çatlama direnci 880 N., dolu tip metal gövde tasarımlı köprülerin ortalama çatlama dirençleri ise 820 N. olarak bildirilmiştir. Her ne kadar araştırmacılar çalışmamıza benzer bir yöntem kullanmışlarsa da, değerlerimiz bunlardan daha düşüktür. Ancak adı geçen araştırmada kullanılan metal ve porselen materyallerinin belirtilmemiş olması, yükleme hızı ile ilgili bir açıklama yapılmaması, sonucun sadece basit aritmetik ortalamalar ve standart hatalar şeklinde sunulmuş olması, ayrıca bir istatistiksel analizin bulunmaması, elde edilen sonuçların bizim bulgularımız ile karşılaştırılmasında güçlükler yaratmıştır. Buna karşın Körber ve arkadaşlarının (73) genel bir gözlem olarak belirttikleri, tasarımlara bağlı olmaksızın yeterli dirence sahip metal-porselen köprülerin oluşturulabileceği sonucu, bizim çalışmamızda da doğrulanmıştır.

Araştırmamızda gözlenen bulgulardan biri de, köprülerin kopma noktasına kadar yüklenmesi sonucu tüm gruplarda farklı ortalama değerler ortaya çıkmasına rağmen, istatistiksel olarak bu farkların önemli olmadığıdır. Bu nedenle porselenin tam anlamıyla koptuğu noktadaki kuvvetin değerlendirmelerde kriter olarak alınamayacağı düşüncesindeyiz.

Araştırmamızda deney örneği olarak hazırladığımız köprüler mümkün olduğunca eşit şartlarda hazırlanmışsa da, deneyler sonucunda elde ettiğimiz direnç değerlerinin gruplar içindeki dağılımı, porselen hamurunun hazırlanmasından, kondensasyonuna, fırınlama koşullarından, yükleme sırasında etkili olabilecek çevresel faktörlere kadar birçok nedene bağlanabilir.

Konu ile ilgili literatüre bakıldığında, bizim çalışmamızda kullandığımız yöntemlerden farklı olarak, fotoelastik çalışmalarla metal-porselen restorasyonlarında kullanılan değişik tasarımların karşılaştırılmasını yapan Burgaz (21), genel prensiplere bağlı kalındığı taktirde hangi tasarımla yapılırsa yapılsın, porselen köprülerin ağız içindeki kuvvetlere dayanabilecek mekanik yeterliliği gösterebileceklerini belirterek, çalışmamızdaki bulgulara paralel bir sonuç bildirmiştir.

Miller (89), delikli ve dolu tip metal yapılara porselen fırınlayarak yaptığı direnç deneylerinde, her iki tasarımında benzer kırılma dirençleri gösterdiğini, ancak bu değerlerin de pratik gereksinimlerin üzerinde olduğunu bildirmiştir. Yine bizim çalışmamızdan elde edilen bulgular da, bu sonuçlarla uyumaktadır.

Warpeha ve Goodkind (124) yaptıkları kırılma direnci deneyinde, metal tasarımlarının porselenin kırılma direnci üzerine etkisinin bariz olduğunu ve bağlantı direncinin metal tasarımı ve yapım sırasındaki manüplasyon kadar önemli olmayabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca yuvarlatılmış açılarının daha uygun olduğunu belirterek, genel kanaat doğrultusunda bir sonuca varmışlardır.

Al-Azzawi ve arkadaşları (2) çalışmalarında, metal-porselen birleşmesinin arayüzde oluşan bağlantı ile birlikte, soğuma sırasında meydana gelen artık streslerin kompleks bir fonksiyonu olduğunu belirterek ısısal faktörün metal-porselen birleşmesindeki önemine değinmişler ve bu çerçevede bizim bulgularımıza benzer bir sonuç ifade etmişlerdir.

De Hoff ve Anusavice (36) kuron hudutlarında görülebilen büzüşmede tasarımdan çok, metal ve porselenin ısısal büzülme farklılığının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç da, yine bir anlamda bizim bulgularımıza bir benzerlik göstermektedir.

Haker (59,60), değişik geometrilerde hazırladığı metal-porselen deney örnekleriyle yaptığı çarpma testlerinde, içbükey metal yüzeylerin daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiş, ancak çalışmasında çarpma kuvvetleri uygulayarak, uzun süreli kuvvetlerin etkisini dikkate almamıştır. İçbükey yüzeylerde ve delikli tip gövde tasarımlarında termofiziksel özelliklerin direnci

arttırdığı varsayımı öne sürülmüşse de, bu özellik teorik ve deneysel analizlerle kesin bir açıklığa kavuşturulmamıştır. Araştırmamızda ise, delikli tip gövde tasarımlarının böyle bir termofiziksel üstünlüklerinin olmadığı anlaşılmıştır.

Woods ve Cavazos çalışmalarında, metal-porselen birleşimindeki açıların $45-135^{\circ}$ arasında olmasının porselenin kırılma direncini etkilemediğini, metal-porselen birleşimine yakın yüklemelerin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç da araştırmamızda belirttiğimiz ve tasarımların porselenin kırılma direnci üzerinde etkili olmadığı görüşüyle uyuşmaktadır.

Walton ve O'Brien (123) çalışmalarında, küre şeklindeki örneklerin % 10'luk bir genleşme katsayısı farkında, disk şeklindeki örneklerin ise % 28'lik bir farkta çatlama gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu gözleme dayanarak, küre şeklindeki geometrilerin ısısal genleşme farklılığına karşı daha hassas olduklarını bildirmişlerse de, kullandıkları geometrik şekiller ve söz konusu olan ısısal genleşme katsayısı farkları çok uç faktörlerdir. Ancak küre şeklindeki örneklerde metal yapıların tümüyle porselenle kaplı olmalarının, disklere göre daha geç bir soğuma ya neden olacağı da, hesaba katılması gereken önemli bir faktördür.

Marker ve arkadaşları (83), tek metal-porselen premolar kuronlardaki farklı tasarımların kırılma dirençlerini karşılaştırarak, sonuçta en yüksek kırılma direncinin tam porselen kaplamalı tasarımlarda, uygun metal-porselen kombinasyonunun kullanıldığı grupta ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar porselenin kırılma direnci üzerinde metalin fiziksel ve mekanik özellikleri ile, bağlantı yüzeyindeki artık streslerin yapının tasarımından daha çok etkili olduğunu ifade ederek bizim bulgularımız ile uyumlu bir sonuç belirtmişlerdir.

Barghi ve arkadaşları (11), tek anterior kuronlarda kıymetli ve kıymetsiz alaşımlarla hazırladıkları kuronlarda porselenin kırılma direncini karşılaştırmışlar ve kıymetli alaşımlarda 1540 N, kıymetsiz alaşımlarda ise 2776 N. ortalama kırılma direnci bulmuşlardır. Bu sonuçlara göre kıymetsiz alaşımlarda metal-porselen kuronların daha dirençli olduklarını bildirmişlerse de, sonuçlarda porselenin tam anlamıyla koştugu andaki değerler esas alındığından ve metal-porselen bağlantı direnci dik-

kate alınmadığından geçerli bir değerlendirme olmadığı düşünülebilir.

Metal-porselen çalışmalarındaki ısısal uyumluluk, öncelikle her iki materyalin ısısal genleşme katsayılarının uygunluğuna bağlıdır. Tasarım geometrisinin, ancak metal ve porselen arasında meydana gelebilecek ısısal artık streslerin başarısızlığa neden olabilecek sınıra ulaştığında, olumlu veya olumsuz bir etkisi olabilecektir.

Sonuç olarak araştırmamızda metal-porselen köprülerde kullanılan delikli tip (Inzoma) gövdeler de , en az dolu tip (Bredent) gövdeler kadar mekanik bir direnç göstermişlerdir. Ancak önemli olan, bu konudaki genel kurallara uymak koşuludur. Farklı gövdeler, metal-porselen ısısal uyumluluğunu etkilememiştir. Metal tasarrufunun önemli olduğu durumlarda delikli tip alt yapıların özellikle ekonomik açıdan büyük bir avantaj sağlayacağı açıktır.

SONUÇ

1- Metal-porselen restorasyonlarında kullanılan metal alaşım ve porselen, birbirinden farklı ısısız davranış göstermişlerdir. Doğrusal bir genleşme ve büzülme şekli gösteren metal alaşıma karşın, porselenin doğrusal olmayan bir genleşme ve büzülme karakterine sahip olduğu, büzülme davranışının genleşmesinden farklı olduğu gözlenmiştir. Porselenin metale göre farklılık oluşturan genleşme ve büzülme özelliğinin ısıya bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir.

2- Kullanılan tüm porselen örneklerde fırınlama sırasında yavaş soğutma uygulandığında, ısısız genleşme katsayılı- rında bir artış gözlenmiştir. Fırınlama koşullarını, özellikle soğutma hızını değiştirerek porselen ve metal alaşım arasındaki ısısız genleşme farklılıkları kontrol edilebilir.

3- Aynı metal alaşımının tekrarlanan dökümleri ile farklı kompozisyonda hazırlanan örneklerde, ısısız genleşme katsayısı az da olsa bazı farklılıklar göstermiştir. Bu nedenle laboratuvar pratiğinde mümkün olduğunca metal alaşımların ikinci dökümleri kullanılmamalıdır.

4- Üç bünyeli bir köprüde metal alt yapıların hazırlanmasında Inzoma V tipi delikli gövde tasarımlarının kullanılması, % 31.8'lik bir metal tasarrufu sağlamıştır. Özellikle kıymetli metallerin tercih edildiği durumlarda bu özellik önemli bir avantajdır.

5- Metal-porselen bileşimde 1.02×10^{-6} °C'lık bir ısısız genleşme katsayısı farkı fırınlamanın ardından üç haftalık bir süre içerisinde oda sıcaklığında kendiliğinden gelişen bir başarısızlık göstermemiştir. Metal ve porselenin uyumlu bileşimlerinin oluşturulmasında bu değer, güvenilirlik sınırı içinde düşünülebilir ancak ağız ortamında metal-porselen restorasyonların laboratuvar koşullarından daha farklı etkiler altında olduğu da gözönünde bulundurulmalıdır.

6- Delikli ve dolu tip metal gövde alt yapı tasarımlarıyla yapılan metal-porselen köprülerin kırılma dirençleri arasında, gövde tasarımlarına bağlı olarak bir farklılık gözlenme-

miştir. Her iki tasarım da, ağız içindeki maksimum kuvvetlerin üzerinde bir mekanik direnç göstermişlerdir. Bu gözlemlere dayanarak, metal-porselen köprülerin yapımında her iki tip tasarım da rahatlıkla kullanılabilir.

7- Metal ve porselenin ısısal genleşme katsayıları arası fark büyüdükçe, köprülerin yapımında kullanılan gövde tasarımlarına bağlı olmaksızın porselenin kırılma direnci bariz olarak düşmektedir. Bu nedenle kullanılan metal alaşım ve porselenin ısısal genleşme katsayılarının mutlaka uyumlu olması gerekir.

8- Metal-porselen sistemlerinde oluşan ısısal stresler ve buna bağlı olarak yapının direnci, her iki materyal arasındaki ısısal genleşme farklılığına karşı, geometrik tasarım farklılığından daha hassastır.

9- Kırılma direnci deneyleri sırasında yüklemeye bağlı olarak köprülerde meydana gelen esneme çok düşük değerlerde gerçekleşmiş ve değişik gövde tasarımlarında bir farklılık gözlenmemiştir.

ÖZET

Metal porselen çalışmalarında, metal ile porselenin ısısal uyumluluğu, restorasyonun başarısında ilk şartlardan biridir.

Farklı iki materyal olan porselen ve metalin fırınlanmaları sırasındaki birleşmelerini birçok faktör etkiler. Ayrıca geometrik yapının da, ısısal uyumluluğu etkilediği genellikle kabul edilen bir husustur.

Bu görüşlerin doğrultusunda araştırmamızda, rutin olarak kullanılan metal alaşım ile porselenin ısısal değişim özellikleri belirlenerek, dolu ve delikli gövdelerin ısısal uyumlulukla ilişkili bir şekilde porselenin kırılma direnci üzerine etkisi araştırılmıştır.

Sonuç olarak porselenin yavaş soğutma ile ısısal genleşme katsayısının arttığı ve metal alaşımın tekrarlanan dökümleri ile ısısal genleşme katsayısında ufak değişiklikler olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız metal alt yapı tasarımlarının porselenin kırılma direncini fazla etkilemediği ancak metal ve porselen arasındaki ısısal uyumun, bu konuda önemli etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca metal-porselen restorasyonlarda delikli tip gövdelerin de uygun koşullarda hazırlandığı takdirde, dolu tip gövdeler kadar dirençli yapılar oluşturabildiği belirlenmiştir.

SUMMARY

The thermal compatibility of porcelain-metal systems is considered as one of the first requests for the success of the restorations.

Bonding of two different materials, like porcelain and metal is affected by many factors during the firing process. Plus, the geometric differences are also accepted as an effect in thermal compatibility.

From this points of view, in our research, the thermal behaviours of metal and porcelain that we use in our routine practice have been determined and the effect of hollow and solid type metal designs on the fracture strength of porcelain in relation with thermal compatibility has been searched.

As a result, it is found that the thermal expansion of porcelain increases under slow cooling conditions and the thermal expansion coefficient of metal alloy changes in small amounts, when repeated castings are done.

In addition, it is observed that the metal framework designs that we used in our study had no effect on the strength of porcelain; however the thermal compatibility of metal and porcelain had an important effect. Besides from this, it is also witnessed that in metal-porcelain restorations, structures in similar strengths are achieved with hollow type pontic designs as with solid type, if prepared in proper conditions.

K A Y N A K L A R

1. Akın, E.: Diş Hekimliğinde Porselen. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi. İkinci Baskı. İstanbul, 1983.
2. Al-Azzawi, H.J., Sorensen, S.E., Agarwall, D.P.: Porcelain Alloy Adherence Varying Thermal Contraction Match. J.Dent.Res. 59(Special Issue B) : 896, 1980.
3. Anderson, J.N.: Applied Dental Materials. Blackwell Scientific Publications. Fifth Edition, 1976.
4. Anusavice, K.J.: Screening Tests for Metal - Ceramic Systems. In: McLeans J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co.Inc. Chicago, Berlin, London, Rio de Janeiro, Tokyo, 1983.
5. Anusavice, K.J.; Carroll, J.E: Effect of Incompatibility stress on the Fit of Metal-Ceramic Crowns. J.Dent.Res. 66:8, 1341-1345, 1987.
6. Anusavice, K.J., De Hoff, P.H., Fairhurst, C.W.: Comparative Evaluation of Ceramic-Metal Bond Tests Using Finite Element Stress Analysis. J.Dent.Res. 59:3, 608-613, 1980.
7. Anusavice, K.J., De Hoff, P.H., Twiggs, S.W., Lockwood P.C.: Thermal Shock Resistance of Porcelain Discs. J.Dent. Res., 62:10, 1082-1085, 1983.
8. Anusavice, K.J., Hojjatie, B., De Hoff, P.H.: Influence of Metal Thickness on Stress Distribution in Metal-Ceramic Crowns. J.Dent.Res. 65: 9, 1173-1178, 1986.
9. Anusavice, K.J., Twiggs, S.W., De Hoff, P.H., Fairhurst, C.W. Correlation of Thermal Shock Resistance with Thermal Compatibility Data for Porcelain-Metal Systems. J.Den.Res. 61: 2, 419-422, 1982.
10. Ata, P.: Konservatif Diş Tedavisi Yenilik Basımevi İkinci Baskı İstanbul, 1971.
11. Barghi, N., Whitmer, M.M., Aranda, R.: Comparison of Fracture Strength of Porcelain-Veneered High Noble and Base Metal Alloys. J.Prosthet.Dent. 57:1, 23-26, 1987.

12. Bertolotti, R.L.: Thermal Processing to Reduce Stress in Porcelain-Fused to-Metal Restorations. J.Dent.Res. 59 (special issue B): 899, 1980.
13. Bertolotti, R.L.: Porcelain-to-Metal Bonding and Compatibility. In: Mc Lean, J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, London, Rio de Janeiro, Tokyo, 1983.
14. Bertolotti, R.L.: Calculation of Interfacial Stress in Porcelain-Fused-to Metal Systems. J.Dent.Res. 59:11, 1972-1977, 1980.
15. Bertolotti, R.L.: Selections of Alloys for Today's Crown and Fixed Partial Denture Restorations, J.Am.Dent.Ass. 108, 959-966, 1984.
16. Bertolotti, R.L., Fukui, H.: Measuring of Softening Temperatures in Dental Bake-on Porcelains. J.Dent.Res., 61:3, 480-483, 1982.
17. Bertolotti, R.L., Shelby, J.E.: Viscosity of Dental Porcelain as a Function of Temperature., J.Dent.Res. 58:10, 2001 - 2004 , 1979.
18. Binns, D.: The Chemical and Physical Properties of Dental Porcelain, In: Mc. Lean, J.W. :Dental Ceramics, Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, London, Rio de Janeiro, Tokyo, 1983.
19. Bowers, J.E., Vermilyea, S.G., Griswold, W.H.; Effet of Metal Conditioners on Porcelain - Alloy Bond Strength J.Porsthet.Dent. 54:2, 201-203, 1985.
20. British Standards Institution: Dental Porcelain for Jacket Crowns. BSI. 5612, 1978.
21. Burgaz, Y.: Çeşitli Porselen Köprülerin Yapım Teknikleri ile Klinik ve Laboratuvar Kıyaslamaları. Doktora Tezi, A.Ü. Diş.Hek.Fak. Ankara, 1980.
22. Caputo, A.A., Reisbick, M.H.: A Flexural Method for Evaluation of Metal-Ceramic Bond Strengths. J.Dent.Res. 56:12, 1501-1506, 1977.

23. Carter, C.M., Al-Mudafar, J., Sorensen, S.E.: Adherence of a Nickel-Chromium Alloy on Porcelain J.Prosth. Dent. 41: 2, 167-172, 1979.
24. Cascone, P.J., Massimo, M., Tucillo, J.J.; Theoretical Interfacial Reactions Responsible for Bonding in Porcelain-to-Metal Systems. J.Dent.Res. 57 (special issue A): 292, 1978.
25. Chong, M.P., Beech, D.R., Chem, C.: A Simple Shear Test to Evaluate the Bond Strength of Ceramic Fused to Metal. Aust.Dent.J. 25:6, 357-361, 1980.
26. Claus, H.: Structural Analyses of Ceramometallic Systems, The Mechanism of the Ceramometallic Bond. Quintessence. Dent. Technol. 9:10, 673-681, 1985.
27. Claus, H.: The Bonding Strength of a Metal-Ceramic System and its Dependence on the Firing Temperature ZWR. 91:7, 50-54, 1982.
28. Claus, H.: The Importance of Leucite in Dental Porcelains ZWR. 90:6, 44-46, 1981
29. Claus, H.: The Structural Bases of Dental Porcelain. Dental Labor. 28:10, 1-8, 1980.
30. Combe, E.C.: Notes on Dental Materials. Second Edition. Longman Group Limited. Edinburgh, London, New York, 1975.
31. Craig, R.G., O'Brein, W.J., Powers, J.M.: Dental Materials, Properties and Manuplation. The C.V. Mosby Company, St.Louis, London, 1983.
32. Daftary, F., Donovan, T.: Effect of Electrodeposition of Gold on Porcelain-to-Metal Bond Strength. J.Prosthet. Dent., 57:1, 41-46, 1987.
33. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J.: Analysis of Alloy-Porcelain Compatibility Using a Multi-Component Material Strip Equation. J.Dent.Res. 64:11, 1337-1343, 1985.
34. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J.: An Analytical Model to Predict the Effects of Heating Rate and Applied Load on Glass Transition Temperatures of Dental Porcelain. J.Dent. Res. 65:5, 643-647, 1986.
35. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J.: Analysis of Thermally Induced Stresses in Porcelain-Metal Systems. J.Dent.Res. 62:5, 593-597, 1983.

36. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J.: Effect of Metal Design on Marginal Distortion of Metal-Ceramic Crowns. J. Dent.Res. 63:11, 1327-1331, 1984.
37. De Hoff, P.H., Anussavice, K.J.: Effect of Residual Stress on Metal-Ceramic Bond Strength. J.Dent.Res. 63, (special issue): 565, 1984.
38. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J.: Effects of Thermal Gradients in Porcelain on Measured Values of Tg. J.Dent.Res. 64, (special issue): 1090, 1985.
39. De Hoff, P.H., Anusavice, K.J., Hathcock, P.W.: An Evaluation of the Four Point Flexure Test for Metal-Ceramic Bond Strength. J.Dent.Res., 61:9, 1066-1069, 1982.
40. Dinger, C.: Metal Destekli Dental Porselenlerde Değişik Yöntemlerle Oluşturulan Metal-Porselen Bağlantısı ile Arayüzeyin Mekanik ve Mikroskopik İncelenmesi ve Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Gazi Ün. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1985.
42. Dorsch, P.: Die Thermische Dehnung Von Dental Legierungen und Dental-Keramiken. Dental.Labor. 31:10, 1237-1242, 1983.
43. Dorsch, P.: Harmonie Von Keramik und Legierung Thermisches Verhalten im Vergleich. Dental.Labor. 34:10, 1343-1348, 1986.
44. Dorsch, P.: Stresses in Metal-Ceramic Systems as a Function of Thermal History. Ber.Dt.Keram.Ges. 58:3, 1-7, 1981.
45. Dorsch, P.: Thermal Compability of Materials for Porcelain - Fused-to-Metal-Restorations. Ber.Dt.Keram.Ges. 59, 1-5, 1982.
46. Drummond, J.L., Randolph, R.G., Jekkals, V.J., Lenke J.W.: Shear Testing of Porcelain Metal Bond. J.Dent.Res. 63:12, 1400-1401, 1984.
47. Dunn, B., Levy, M.N., Reisbick, M.H.: Improving the Fracture Resistance of Dental Ceramic. J.Dent.Res. 56:10, 1209-1213, 1977.
48. Edwards, M.R., Jacobsen, P.H.: The "C" Test for the Evaluation of Dental Porcelain. J.Dent.Res. 64:9, 1176-1178, 1985.

49. Edwards, M.R., Jacobsen, P.H., Williams, G.J.: The Three Point Beam Test for the Evaluation of Dental Porcelain. *J.Dent.Res.* 62:10, 1086-1088, 1983.
50. Eissmann, H.F., Rudd, K.D., Morrow, R.M.: *Dental Laboratory Procedures, Fixed Partial Dentures, Volume II.* The C.V. Mosby Company St. Louis, Toronto, London, 1980.
51. Fairhurst, C.W., Anusavice, K.J., Hashinger, D.T. Ringle, R.D., Twiggs, S.W.: Thermal Expansion of Dental Alloys and Porcelains. *J.Biomed.Mat.Res.* 14, 435-446, 1980.
52. Fairhurst, C.W., Anusavice, K.J., Ringle, R.D., Twiggs, S.W. Porcelain-Metal Thermal Compatibility. *J.Den.Res.* 60:4, 815-819, 1981.
53. Fairhurst, C.W., Hashinger, D.T., Twiggs, S.W.: Glass Transition Temperatures of Dental Porcelain. *J.Dent.Res.* 60:6, 995-998, 1981.
54. Farah, J.W., Craig, R.G.: Distribution of Stresses in Porcelain-Fused-to-Metal and Porcelain Jacket Crowns. *J.Dent.Res.* 54:2, 255-261, 1975.
55. Fukui, H., Hasegawa, J., Takeuchi, M., Lacy, A.M.: Differential Thermal Expansion Between Alloys and Porcelains. *J. Dent.Res.* 59(special issue B):898, 1980.
56. Gavelis, J.R., Lim, S.B., Guckes, A.D., Morency, J.D., Sozio, R.B.: A Comparison of the Bond Strength of Two Ceramometal Systems. *J.Prosthet. Dent.* 48:4, 424-428, 1982.
57. Greener, E.H., Harcourt, J.K., Lautenschlager, E.P.: *Materials Science in Dentistry.* The Williams Wilkins Co. Baltimore, 1977.
58. Guinn, J.W., Griswold, W.H., Vermilyea, S.G.: The Effect of Cooling Rate on the Apperant Bond Strength of Porcelain-Metal Couples. *J.Prosthet.Dent.* 48:5, 551-554, 1982.
59. Haker, G.: Designing the Metal Framework. *I.Quintessence. Dent. Technol.* 8:6, 381-385, 1984.

60. Haker, G.: Designing the Metal Framework II. Quintessence. Dent.Technol. 8:7, 449-453, 1984.
61. Hobo, S., Iwata, T.: Castable Apatit Ceramics as a New Biocompatible Material I: Theoretical Considerations. Quin. Int.16:2, 135-141, 1985.
62. Hobo, S., Shillingburg, H.T.: Porcelain Fused to Metal: Tooth Preparation and Coping Design. J.Prosthet.Dent. 30:1, 28-35, 1973.
63. Hodson, J.T.; Some Physical Properties of Three Dental Porcelains. J.Prosthet.Dent.9:2, 325-335, 1959.
64. International Standard: Dental Ceramics, ISO, First Edition. 6872, 1984(E).
65. Ivoclar Dökamanı (I): Inzoma Prefabricated Wax Structures. Sch. 318e/7-83/9/BVD.
66. Ivoclar Dökümanı (II): Processing Instructions Vivodent HTE-ITS metal bonded ceramics. Sch. 315e/984/3/BVD.
67. Ivoclar Dökümanı (III): Ivolect P, Şpeial, N.P., Metal Framework Alloy for the Metal Bonded Ceramic Technique. Sch. 285/1084/1/e/H.
68. Jones, D.W.: Development of Dental Ceramics, An Historical Perspective. Dent. Clin. N. Am., 29:4, 621-643, 1985.
69. Jones. D.W.: The Srength and Strengthening Mechanisms of Dental Ceramics. In: Mc Lean, J.W.: Dental Ceramics, Proceeding of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co.Inc. Chicago, Berlin, London, Tokyo, 1983.
70. Johnston, F.J., Philips, R.W., Dykema, R.W.: Modern Practice in Crown and Bridge Prosthodontics. Çevirenler: Öktemer, M., Taşer, H., Önder Matbaası, Ankara, 1982.
71. Kedici, S.: Diş Hekimliğinde Apatit Seramik Teknolojisi, Hacettepe Ün. Diş Hek.Fak. Dergisi, 9:3-4, 261-269,1985.
72. Krumbholz, K.: Leucite Crystallization in Ceramic Powders. Quintessence. Dent. Technol. 8:6, 377-379, 1984.
73. Körber, K.H., Ludwing, K., Huber, Zt.K.: Breaking Strength of Metal-Ceramic Bridges Inzoma Technique Versus Solid Types of Framework. Dental.Labor. 30:5, 725-730, 1982.

74. Kuwata, M.: Porcelain - Fused - to - Metal and Its Clinical Application: The Ceramo - Metallic Bond. Quintessence. Dent. Technol. 9 : 4, 217-222, 1985.
75. Lehnhäuser, W.: Chemisches und Technisches Rechnen Keramische Zeitschrift. 30:11, 1978
76. Leibowitch, R., Degrange, M., Saragossi, A.: Bonding Porcelain to Nickel-Chromium Alloys. Proceeding of the Second International Prosthodontic Congress. The C.V. Mosby Company, St. Louis, Toronto, London, 1979.
77. Leone, E.F., Fairhurst, C.W.: Bond Strength and Mechanical Properties of Dental Porcelain Enamels. J. Prosthet. Dent. 18:2, 155-159, 1967.
78. Lubovich, R.P., Goodkind, R.J.: Bond Strength Studies of Precious, Semiprecious, and Nonprecious Ceramic Metal Alloys with Two Porcelains. J. Prosthet. Dent. 37:3, 288-299, 1977
79. MacCulloch, W.T.: Advances in Dental Ceramics. Brit. Dent. J. 16, 361-365, 1968.
80. Mackert, J.R., Butts, M.B., Fairhurst, C.W.: The Effect of the Leucite Transformation on Dental Porcelain Expansion. Dent. Mater. 2, 32-36, 1986.
81. Malhotra, M.L., Maickel, L.B.: Shear Bond Strength of Porcelain - fused to - Alloys of varying Noble Metal Contents. J. Prosthet. Dent. 44:4, 405-411, 1980.
82. Malhotra, M.L., Maickel, L.B.: Shear Bond Strength in porcelain - Metal Restorations J. Prosthet. Dent. 43:4, 397-401, 1980.
83. Marker, J.C., Goodkind, R.J., Gerberich, W.W.: The Compressive Strength of Nonprecious Versus Precious Ceramometal Restorations With Various Frame Designs. J. Prosthet. Dent. 55:5, 560-567, 1986.
84. Mc Lean, J.W.: Alloys for Porcelain Bonding. Quintessence. Dent. Technol. 8:7, 409-414, 1984.

85. Mc Lean, J.W.: The Science and Art of Dental Ceramics, Vol I. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, Rio de Janerio, Tokyo, 1979.
86. Mc Lean, J.W.: The Science and Art of Dental Ceramics, Vol II. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, Rio de Janerio, Tokyo, 1980.
87. Mc Lean, J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, London, Rio de Janerio, Tokyo, 1983.
88. Mc Lean, J.W., Hughes, T.H.: The Reinforcement of Dental Porcelain with ceramic oxides. Brit. Dent. J. 119: 6, 251-267, 1965.
89. Miller, L.: A Clinician's Interpretation of Tooth Preparation and the Design of Metal Substructures for metal-ceramic Restorations, In: Mc Lean, J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the first International symposium on ceramics, Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, London Rio de Janeiro, Tokyo, 1983.
90. Moffa, J.P., Lugassy, A.A., Guckes, A.D., Gettleman, L.: An Evaluation of Nonprecious Alloys for use with porcelain Veneers, Part I. Physical Properties. J. Prosthet. Dent. 30: 4, 424-431, 1973.
91. Morena, R., Benaudreau, G.M., Lockwood, P.E., Evans, A.L. Fairhurst, C.W.: Fatigue of Dental Ceramics in a Simulated Oral Enviroment. J.Dent.Res. 65: 7, 993-997, 1986.
92. Nally, J.N., Farah, J.W., Craig, R.G.: Experimental Stress Analysis of Dental Restorations. Part IX: Two Dimensional Photoelastic Stress Analysis of Porcelain bonded to Gold Crowns. J. Prosthet. Dent. 25: 3, 307-316, 1971.
93. Nielson, J.P., Tuccillo, J.J.: Calculation of Interfacial Stress in Dental Porcelain Bonded to Gold Alloy Substrate. J.Dent.Res. 51: 4, 1043-1047, 1972.

94. O'Brien, W.J.: High Expansion Feldspar Porcelain and Magnesia Core Materials. Ceramic Engineering and Science Proceedings. 6: 1-2, 10-18, 1985.
95. O'Brien, W.J., Rasmussen S.T.: A Critical Appraisal of Dental Adhesion Testing. In: Adhesive Joints. Edited by Mittal K.L., Plenum Publishing Corporation, 1984.
96. O'Brien, W.J.: The Cohesive Plateau Stress of Ceramic-Metal Suctems. J.Dent. Res. 56 (Special issue B): 117, 1977.
97. Oram, D.A., Davies, E.H., Cruickshanks, Boyd. D.W.: Fracture of Ceramic and Metallo-ceramic Cylinders J. Prosthet. 52: 2, 221-230, 1984.
98. Peyton, F.A., Craig, R.G.: Restorative Dental Materials. Fourth Edition, The C.V. Mosby Company. St.Louis, 1971.
99. Phillips, R.W.: Elements of Dental Materials, Second Edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 1971.
100. Phillips, R.W., Swartz, M.L., Norman, R.D.: Materials for the Practicing Dentist. The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1969.
101. Report: Council on Dental Materials, Instruments and Equipment of ADA: Porcelain-Metal Alloy Compatibility. Criteria and Test Methods. J. Am. Dent. Ass. 102: 1, 71-72, 1981.
102. Report: Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment of ADA: Recent Developments in Materials and Processes for Ceramic Crowns. J.Am. Dent. Ass. 110, 548-549, 1985.
103. Ringle, R.D., Weber, R.L., Anusavice, K.J., Fairhurst, C.W.: Thermal Expansion/Contraction Behavior of Dental Porcelain-Alloy Systems. J.Dent.Res. 57 (Special issue): 294, 1978.
104. Sears, F.W., Zemansky, M.W., Young, H.D.: University Physics. Fifth. Edition. Addison-Wesley Publishing Company, 1981.

105. Scherer, G.W.: Use of a Bimaterial Strip to Predict Expansion Compatibility. J.Den.Res. 66: 8, 1340, 1987.
106. Scherer, G.W.: Viscoelastic Analysis of the Split Ring Seal. J.Am.Ceram.Soc. 66: 2, 135-139, 1983.
107. Schoessow, D.: Advances in Ceramic-Metal Technology, ITS: Inzoma Technic System. Dental Labor. Provided by Ivoclar/Schaan, 2nd Edition, 1981.
108. Shoher, I.: Reinforced Porcelain System: A New Concept in Ceramó metal Restorations. J. Prosthet. Dent. 50: 4, 489-496, 1983.
109. Shoher, I.: Reinforced Porcelain System, Concepts and Techniques. Dent.Clin.N.Am. 29: 4, 805-818, 1985.
110. Silver, M., Howard, M.C., Klein, G.: Porcelain Bonded to A Cast Metal Understructure. J. Prosthet. Dent. 11: 1, 132-145, 1961.
111. Silver, M., Klein, G., Howard, M.C.: An Evaluation and Comparison of Porcelains Fused to Cast Metals. J. Prosthet. Dent. 10: 6, 1055-1064, 1960.
112. Skinner, E.W., Phillips, R.W.: The Science of Dental Materials. Sixth Edition, Illustrated W.B.Saunders Company, Pliladelphia and London, 1967.
113. Spielmann, M.Sc., Pameijer, C.H.: Effect of Quenching Versus Bench Cooling on Bond Strength of Four Ceramó-Metal Alloy Systems: Quintessence. Dent. Technol. 9: 8, 519-524, 1985.
114. Terada, Y.: Radiograph Stress Measurement of Porcelain Fused to Metal. J. Prosthet.Dent. 52: 3, 349-352, 1984.
115. Tesk, J.A., Hinman, R.W., Widera, G.E.O., Holmes, A.D., Cassel, J.M.: Effect of Porcelain/Alloy Diffusion Zones on Thermo-Mechanical Strain. J.Den.Res. 62: 5, 585-589, 1983.
116. Tesk, J.A., Whitlock, R.P., Widera, G.E.O., Holmes, A., Pary, E.E.: Consideration of Some Factors Influencing Compatibility of Dental Porcelains and Alloys, Part II: Porcelain/Alloy Stress, In Proc, 4th Int. Precious Metals Conf., Toronto, 1980.

117. Tuccillo, J.J. Cascone P.J.: The Evolution of Porcelain Fused-to-Metal (PFM) Alloy Systems. In: Mc Lean, J.W.: Dental Ceramics, Proceedings of the First International Symposium on Ceramics. Quintessence Publishing Co. Inc. Chicago, Berlin, London, Rio de Janeiro, Tokyo, 1983.
118. Tuccillo, J.J., Nielsen, J.P.: Shear Stress Measurements at a Dental Porcelain-Gold Bond Interface. J.Dent. Res. 51: 2, 626-633, 1972.
119. Twiggs, S.W., Hashinger D.T., Morena, R., Fairhurst, C.W.: Glass Transition Temperature of Dental Porcelains at High Heating Rates. J. Biomed.Mat.Res. 20, 293-300, 1986.
120. Twiggs, S.W., Ringle, R.D., Morena, R., Fairhurst, C.W.: Glass Transition Temperatures at Rapid Heating Rates. J.Am.Ceram.Soc., 68: 2, 58-59, 1985.
121. Tylman, S.D., Malone, W.F.P.: Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics. The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1978.
122. Uusalo, E.K., Lassila, V.P., Yli-Urpo, A.U.: Bonding of Dental Porcelain to Ceramic-Metal Alloy. J.Prosthet Dent. 57: 1, 26-28, 1987.
123. Walton, J.R., O'Brien, W.J.: Thermal Stress Failure of Porcelain Bonded to a Palladium-Silver Alloy. J.Dent.Res. 64: 3, 476-480, 1985.
124. Warpeha, W.S., Goodkind, R.J.: Design and Technique Variables Affecting Fracture Resistance of Metal-Ceramic Restorations. J.Prosthet.Dent. 35: 3, 291-298, 1976.
125. Whitlock, R.P., Tesk, J.A., Parry, E.E., Dickson, G.: Observations of Significant Differences in Thermal Expansion Characteristics of Dental Porcelains. J.Dent.Res. 59 (Special issue B): 898, 1980.
126. Whitlock, R.P., Tesk, J.A., Widera, G.E.O., Holmes, A., Parry, E.E.: Consideration of Some Factors Influencing Compatibility of Dental Porcelains and Alloys, Part I: Thermo-Physical Properties. In.Proc., 4th Int.Precious Metals Conf., Toronto, 1980.

T. C.

**Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi**

127. Wight, T.A., Bauman, J.C., Pelleu, G.B.,: An Evalution of Four Variables Affecting the Bond Strength of Porcelain to Nonprecious Alloys J.Prosthet.Dent. 37: 5, 570-576, 1977.
128. Wilson, H.J., Mansfield, M.A., Heath, J.R., Spence, D.: Dental Technology and Materials for Student. Eight Edition. Blackwell Scientific Publications Oxford London, Edinburg, Boston, Palo Alto, Melbourne, 1987.
129. Woods, J.A., Cavazos, E.: Effect of Porcelain-Metal Junction Angulation on Porcelain Fracture. J.Prosthet.Dent. 54: 4, 501-503, 1985.
130. Zaimoglu, A., Burgaz, Y., Yurdukoru, B.: Metal Seramik Bağlantısında Oksidasyonun Önemi. Ankara Ün. Diş. Hek. Fak. Dergisi. 11: 1, 237-245, 1984.