



MADDENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE DENTAL ALAŞIMLAR

Doç Dr Şafak KÜLÜNK
Protetik Diş Tedavisi AD.

Maddenin fiziksel özellikleri

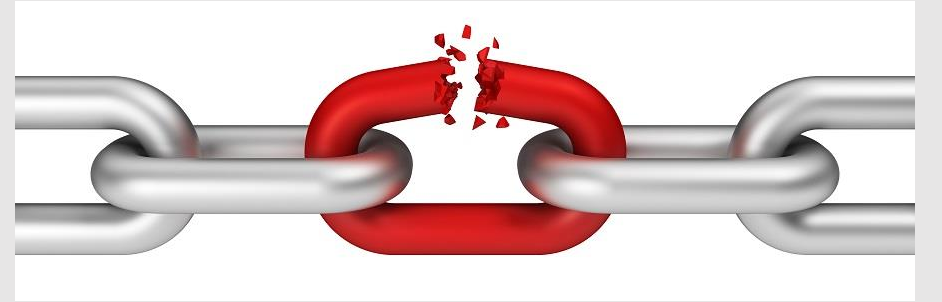
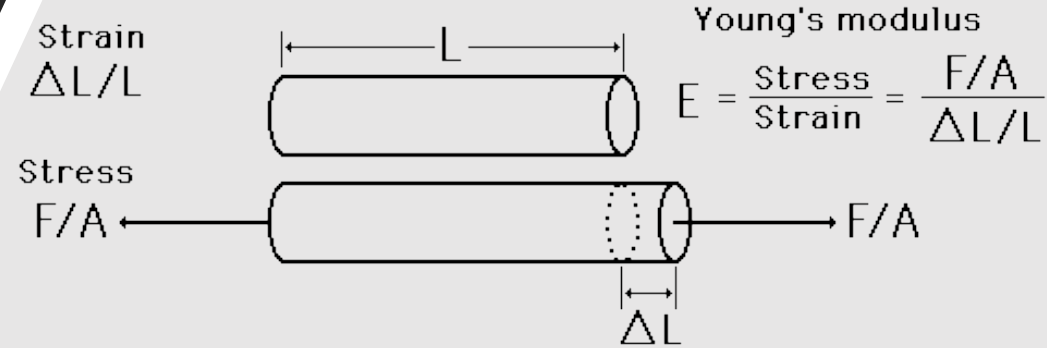
- **Gerilim (stress):** Bir dış kuvvete karşı direnç gösteren bir kütlenin birim alanına uygulanan kuvvet (kg/cm²)

$$S=F/A$$

- **Gerilme (Strain):** Birim boyut başına uzunluk değişimidir. Gerilme plastik, elastik veya her iki şekilde olabilir.

- **Elastik gerilme** reversibledir (gerilim ortadan kalkınca atomlar eski haline dönerler)
- **Plastik gerilme** irreversibledir (malzeme içindeki atomların daimi şekilde yer değiştirmesidir)

Gerilmenin değeri yoktur % olarak gösterilir.



- Gerilim yönü ve boyutu cinsinden tanımlanır. Yönü açısından üçe ayrılır.

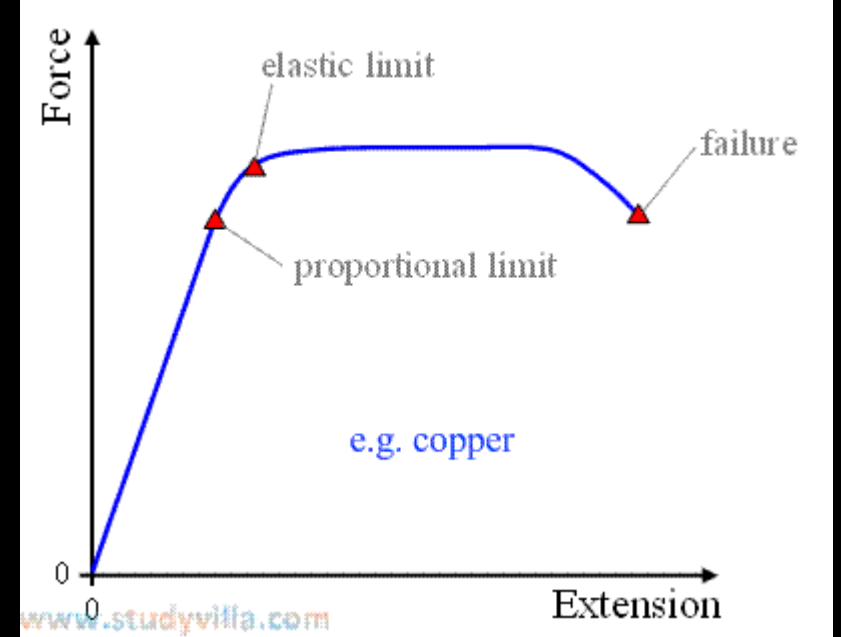
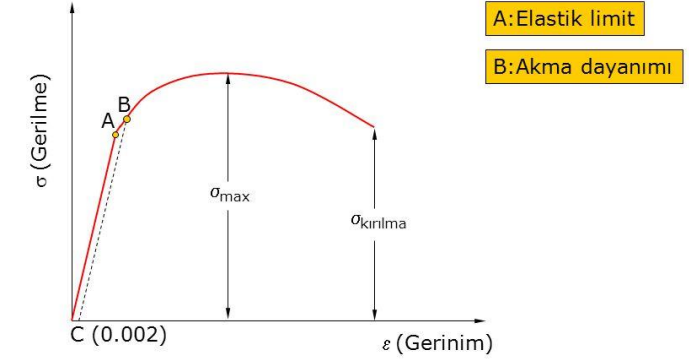
1. tensile stress: çekme gerilimi

2. compressive stress: sıkıştırma/basma gerilimi

3. shear stress: makaslama gerilimi

- **Orantı sınırı (proportional limit):** gerilim ve gerilmenin orantılı olduğu en yüksek gerilim miktarıdır.
- **Elastik sınır (Elastic limit):** bir malzemeye uygulanan kuvvetler ortadan kalktığında tekrar orijinal boyutuna döndüğü en yüksek gerilime elastik sınır denir.
- **Germe/akma dayanıklılığı (Yield strength):** materyalin gerilim ile gerilme arasındaki orantıdan gösterdiği ilk büyük sapma noktasındaki gerilimdir.

ELASTİK ÖZELLİKLER



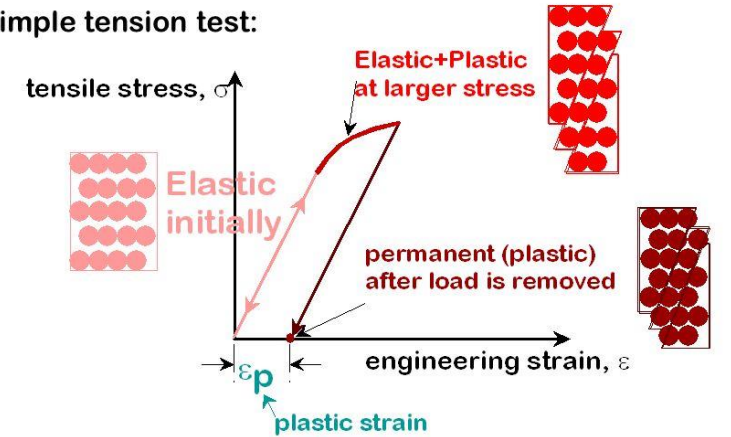
- **Young modulus (elastik modülü):** gerilimin gerilmeye oranıdır. Birimi kg/mm² dir. Materyalin elastisitesidir.

$$E_{[MPa],[psi]} = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} \quad \left[\text{Stress} = \frac{F}{A} \quad \text{Strain} = \frac{dL}{L} \right]$$

- **Fleksibility (esneklik):** dental uygulama ve restorasyonlarda kullanılan malzemenin yüksek elastik sınıra sahip olması önemlidir. Çünkü yapının gerilime maruz kaldıktan sonra tekrar ojrinal şeklini alması gerekir. Maksimal esneklik, malzemenin orantı sınırına kadar gerilim uygulaması durumunda ortaya çıkan gerilmeye verilen addır.
- **Daimi deformasyon (permanent deformation):** milyonlarca atomdan oluşmuş kaba bir yapıya maksimum bir kuvvet uygulandığı zaman atomlar kopmak yerine lokal olarak yer değiştirirler.

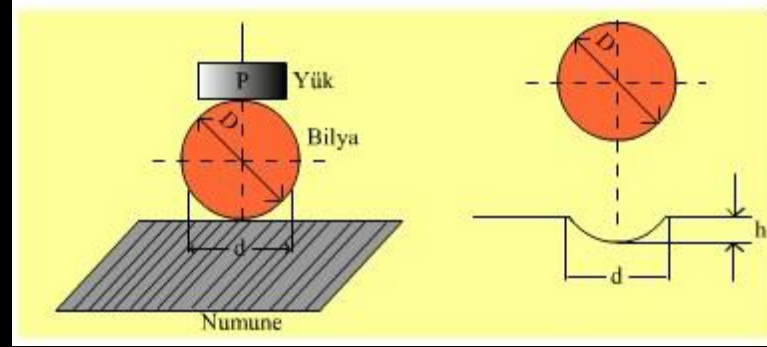
PLASTIC (PERMANENT) DEFORMATION (at lower temperatures, $T < T_{\text{melt}}/3$)

- Simple tension test:



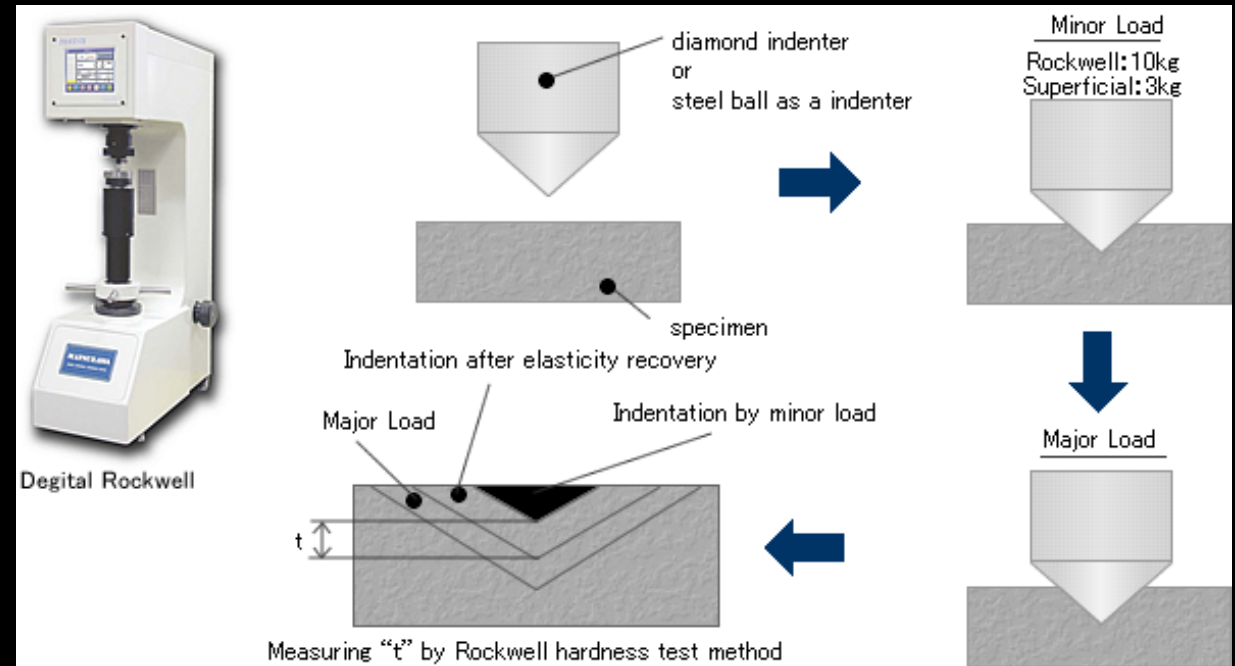
- **Dayanıklılık (strength):** bir yapıyı bozmak veya kırmak için gerekli olan maksimum gerilim, dayanıklılık özelliğinin bir göstergesidir.
- **Sertlik (hardness):** dayanıklılık, orantı sınırı, çekilebilirlik, dövülebilirlik ve aşınma ve kesilmeye olan direnç bir malzemenin sertliğini etkileyen özelliklerdir.
- Dental malzemelerin sertliğinin tayininde en çok kullanılan metodlar:
 - Brinell
 - Knoop
 - Rockwell
 - Vickers

- **Brinell sertlik testi (BHN)**: bu testte sert çelik bir bilye belli bir yük altında malzemenin parlatılmış yüzeyine bastırılır. Bu yük, yüzeydeki çöken kısmın alanına bölünür. Çökme ne kadar küçükse materyalin sertliği o kadar fazladır.

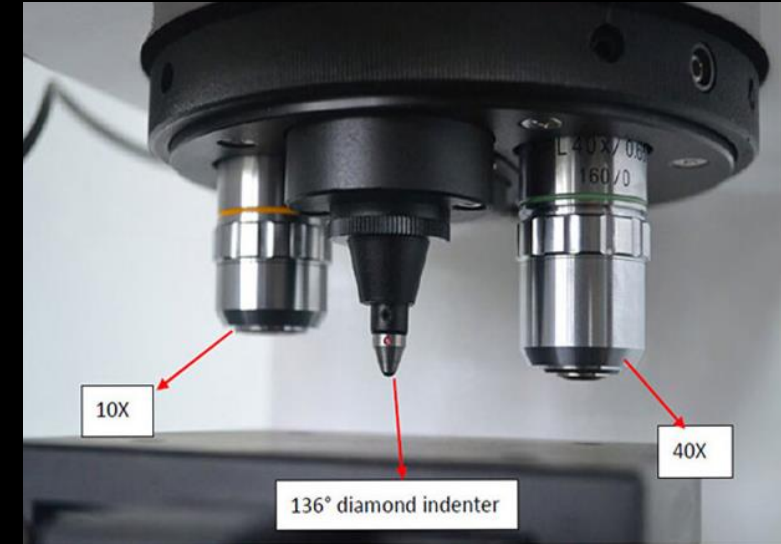
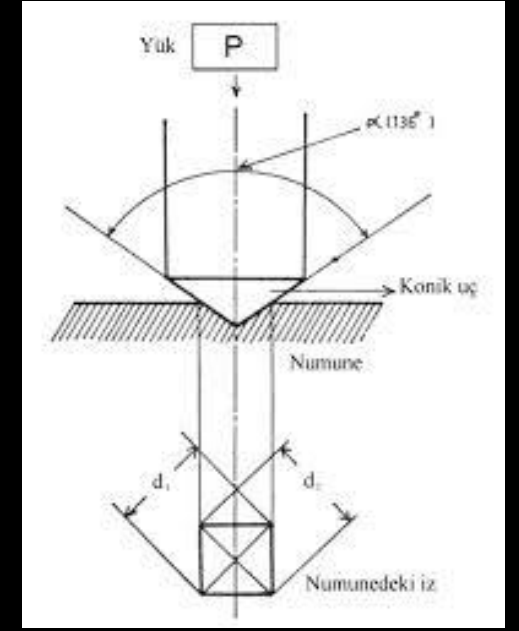


- Çökme miktarının yarıçapı pratikte mikrometre içeren bir mikroskopla ölçülür.
- Dental malzemelerin test edilmesinde kullanılan alet «bebek brinell» denir. Burada kullanılan bilyenin çapı çok küçüktür (1,6 mm). Bu bilye ile kullanılan standart yük ise 12,61 kg dır.
- Brinell testi diş hekimliğimde kullanılan metalik malzemelerin sertliğinin tayininde kullanılır.

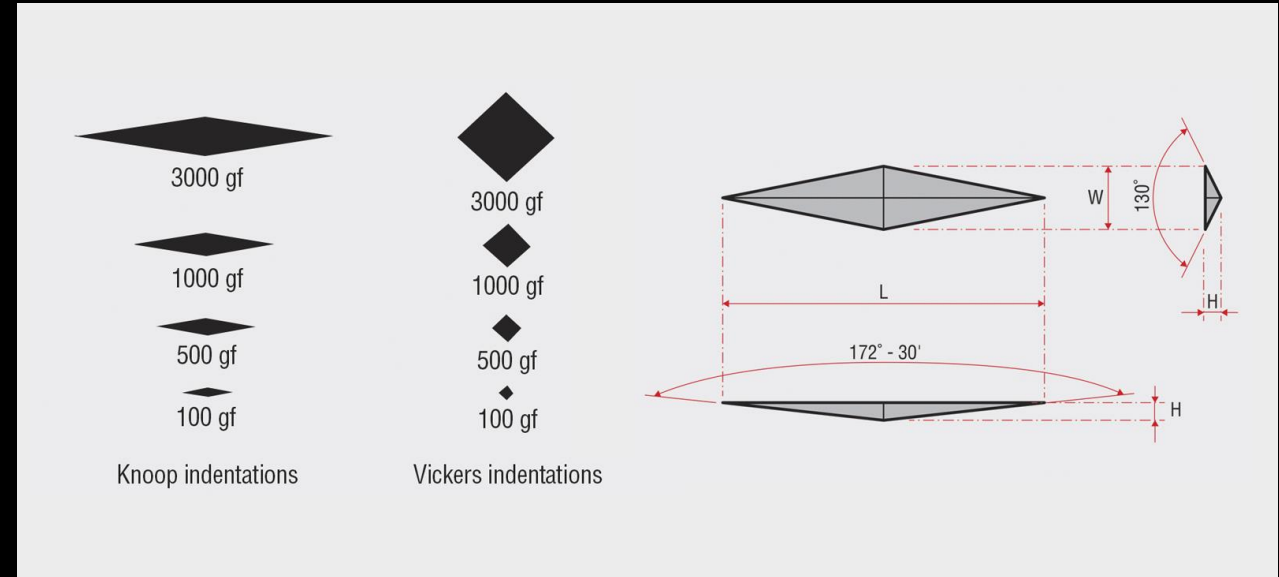
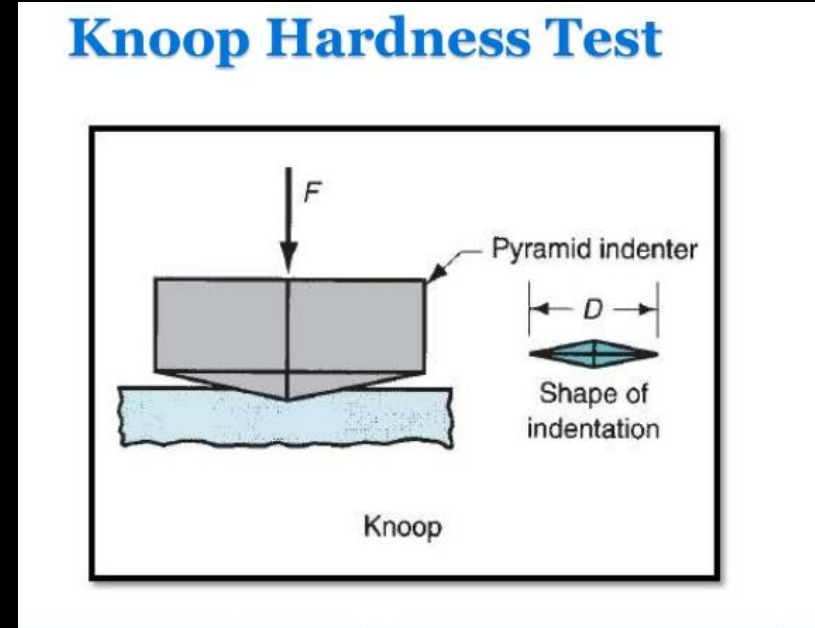
- **Rockwell sertlik testi (RHN)**: çelik bir bilye veya bazı durumlarda elmas bir uç kullanılır. Burada çökme çapının ölçümü yerine, aletin üzerindeki ölçekten direkt olarak derinlik ölçülür.
- Kırılgan malzemeler için uygun değildir.



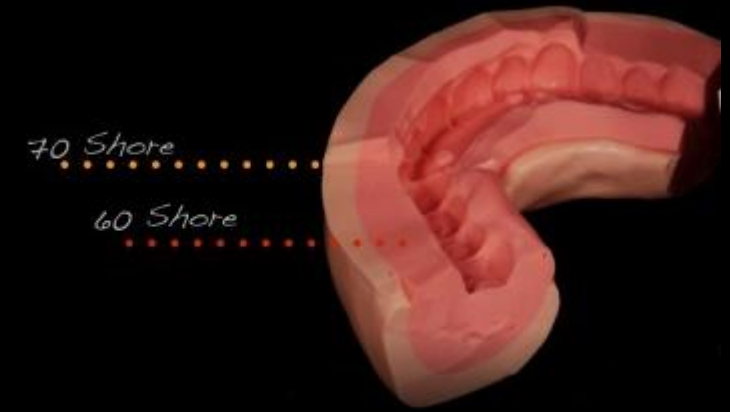
- **Vickers sertlik testi (VHN)**: çelik bilye yerine elmas tabanlı bir piramit kullanılır. Piramit yüzleri arasındaki açı 136° dir. Vickers sertlik numarası uygulanan yükü çökme alanına bölerek bulunur.
- Kırılgan malzemelerin sertliğinin ölçülmesinde uygundur.
- Diş yapısının sertliğinin ölçülmesinde de kullanılır.
- Elastik malzemeler için uygun değildir.



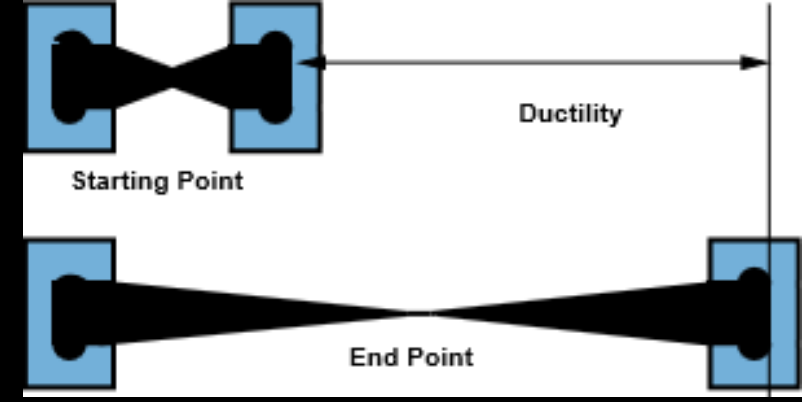
- **Knoop sertlik testi:** geometrik şekilde kesim yapan elmas bir delgi aleti kullanılır. En derin çökme miktarı uygulanan yüke bölünerek knoop sertlik numarası elde edilir.
- Diş, porselen, rezin veya diğer diş restorasyon malzemelerinin sertliği bu test ile ölçülebilir.
- Son derece sert ve son derece yumuşak malzemelerin sertlik değerini bulmak mümkündür.



- Diş hekimliğinde kullanılan lastik ve plastiklerin sertliklerinin tayininde shore ve barcol testleri kullanılır.

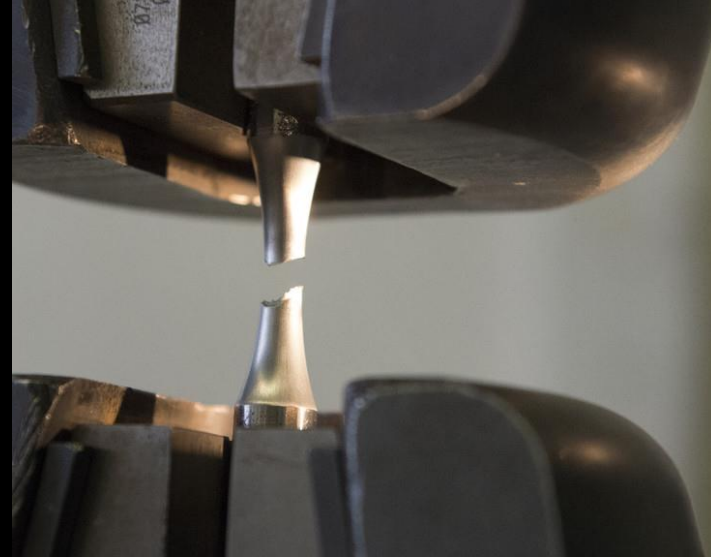


- **Aşınma direnci:** sertlik malzemenin aşınmaya karşı direncidir, ancak aşınma birçok değişik faktöre bağlıdır. Bu nedenle sertlik aşınmanın kıstası olarak göz önüne alınmamalıdır.
- **Kırılganlık (brittleness):** kırılgan bir malzeme orantı sınırında veya bu sınırın yakınında kolaylıkla kırılır.
- **Yorulma (fatigue):** bir malzemeye kopma geriliminin çok altındaki bir gerilimi defalarca uygulayınca yapıda ani bozuklukla meydana gelebilir. Bu tip bozukluklara yorulma denir.



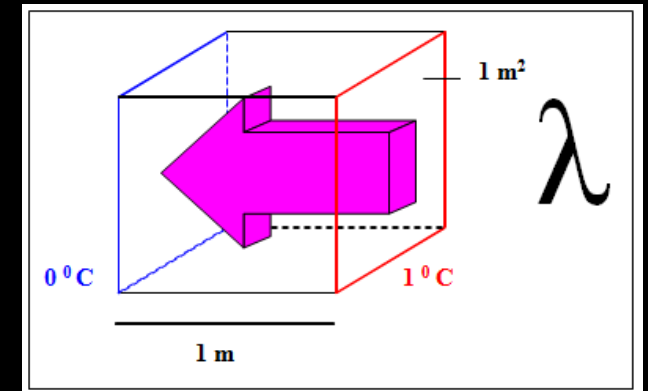
- **Çekilebilirlik ve dövülebilirlik (Ductility ve malleability)**
- Bir yapıya orantı sınırının üstünde kuvvet geldiği takdirde daimi şekilde deforme olur. Malzeme bir çekme kuvveti uygulandığında kopmadan büyük oranda daimi deformasyona dayanabilirse bu malzemenin çekilebilirliğinin yüksek olduğu söylenir.
- Çekilebilirlik; malzemenin kopma olmadan daimi deformasyona dayanabilme miktarıdır.
- Sıkıştırma altında bir malzemenin kopmadan daimi deformasyona dayanabilmesine dövülebilirlik denir.

- Çekilebilirliği ölçmede kullanılan testler;
- 1. kopmadan sonra uzama
- 2. kopmuş uçların alanlarındaki azalma
- 3. soğuk kıvrırma



- **Rezilyens:** atomlar arası mesafe arttıkça atomlar arası enerji azalır. Uygulanan gerilim orantı sınırını aşmadığı sürece bu enerjiye rezilyens denir.
- İyi bir diş restorasyon malzemesinin yüksek elastik modülü ve yüksek rezilyens modülüne sahip olması gerekir.
- **Akma (creep, flow):** herhangi bir madde ergime sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta tutulup sabit bir kuvvet uygulanırsa meydana gelen gerilme zamanla artar. Bu zamana bağlı plastik deformasyona akma denir.
- Tamamen sertleşmiş bir katiya bir gerilim uygulanması durumunda meydana gelen zamana bağlı deformasyona statik akma denir. Değişen gerilimler altında meydana gelen akmaya da dinamik akma denir.

- **Akma özellikleri:** maddenin akış davranışını inceleyen bilim dalına reoloji denir. Sıvıların çoğu bir harekete zorlandıklarında zorlandıkları kuvvete karşı koyarlar. Bu dirence viskozite denir.
- **Isısal genleşme:** ısı karşısında hacimce genleşme
- **Isısal iletkenlik katsayısı:** kalınlığı 1 cm, kesit alanı 1 cm² ve uçları arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olan bir numuneden 1 sn de geçen ısı miktarıdır. Bu değer ne kadar büyükse maddenin enerji aktarma kabiliyeti de o kadar fazladır.



METALLER

- **TERMİNOLOJİ**
- Noble (Soyluluk)
- Nonnoble (Soy Olmayan)
- Precious (Değerli)
- Semiprecious (Yarı Değerli)
- Nonprecious (Değersiz)
- Base Metal (Temel Metaller)

Alaşımlarda Bulunması Gereken Özellikler

- Doku toleranslı olmalıdır.
- Korozyon ve lekelenmeye karşı dirençli olmalıdır.
- Dökülebilirliği iyi olmalıdır.
- Kolay aşındırılabilir ve parlatılabilir olmalıdır.
- Lehimlenebilir olmalıdır.
- Fonksiyon sırasında kuvvetlere yeterince dirençli olmalıdır.
- Elastikiyet katsayısı deformasyona izin vermemelidir.
- Gerektiğinde ağızdan kolayca çıkarılabilir olmalıdır.
- Kolay ve temiz bir metal – porselen birleşmesi oluşturmalıdır.
- Porselenin rengini bozmamalıdır.
- Termal genişmesi porseleninkine yakın olmalıdır.

İçerdikleri Metal Oranlarına Göre Alaşımlar

- Kıymetli metal alaşımlar (Soy Metal Alaşımlar-Noble)
- Kıymetsiz metal alaşımlar (Soy Olmayan Metal Alaşımlar-Base)

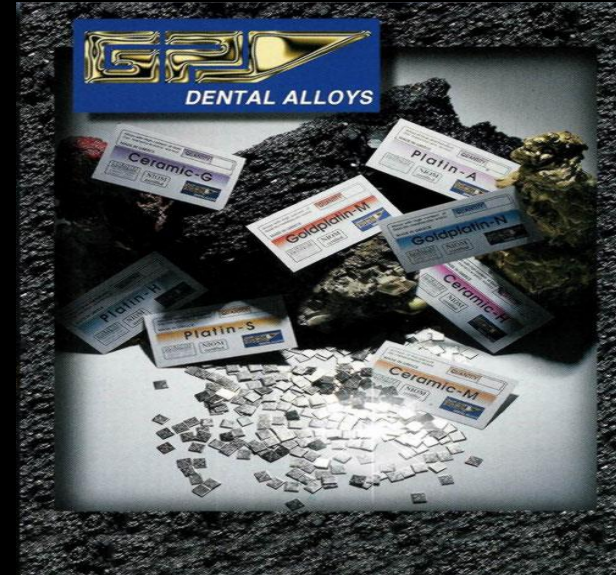
Type of alloy	Noble metal content
High noble	Contains at least 40% by weight gold and at least 60% by weight of the noble metal elements (gold, iridium, osmium, platinum, rhodium)
Noble	Contains more than or equivalent of 25% by weight noble metals
Base metal	Contains less than 25% by weight of noble metals

1. Kıymetli Metal Alaşımlar

- **Yüksek Altın İçerenler**
 - Altın – Platin – Palladyum
 - Altın – Platin – Tantalum
- **Düşük Altın İçerenler**
 - Altın – Gümüş
 - Altın – Palladyum – Gümüş
- **Altın İçermeyenler**
 - Platin – Palladyum
 - Platin – Palladyum – Gümüş
 - Palladyum – Gümüş

2. Kıymetsiz Metal Alaşımlar

- Nikel – Krom
- Nikel – Krom- Berilyum
- Kobalt – Krom
- Nikel – Kobalt – Krom
- Nikel – Krom - Molibden
- Kobalt – Krom - Molibden
- Titanyum – Titanyum Alaşımları
 - Saf titanyum
 - Titanyum – Alüminyum – Palladyum
 - Titanyum – Palladyum
 - Titanyum – Bakır
 - Titanyum – Palladyum



Alloys with noble metals

Gold-based

$Au+Pd+Pt \geq 75\%$
(most gold)

Low-gold

$Au+Pd+Pt$
25-75%

Palladium-
based

$Au+Pd+Pt \geq 75\%$
(most palladium)

Silver-based
alloys
(Ag-Pd)

“Precious”

(at least 75 % noble metals)

“Semi precious”

(25-75% noble metals)

Alloys without noble metals

Cobalt-
chromium
(Co-Cr)

Titanium
(Ti)

“Non-precious”

(base metals)

Noble metals: Gold (Au), Palladium (Pd) Platinum (Pt)
Silver (Ag) is not a noble metal

Fonksiyona Bağlı Olarak Altın Alaşımların Sınıflandırılması

- Sertliklerine göre; (TSE 10918)

- Tip 1: Yumuşak (40-75 Hv)
- Tip 2: Normal (70-100 Hv)
- Tip 3: Sert (90 Hv)
- Tip 4 Çok sert (130- 250 Hv)

Type	Description	Elemental composition (%)							Indications
		Gold	Silver	Copper	Platinum	Palladium	Zinc	Others: iridium, ruthenium, rhenium	
I	Soft	80-90	3-12	2-5	0	0	0	<0.5	Single surface inlays (low stress)
II	Medium	75-78	12-15	7-10	0-1	1-4	0-1	<0.5	Inlays
III	Hard	62-78	8-26	8-11	0-3	2-4	0-1	<0.5	Inlays/onlays Crowns Bridges
IV	Extra hard	60-70	4-20	11-16	0-4	0-5	1-2	<0.5	Cast posts and cores Long span bridges Partial denture clasps

Alloying element	Strength	Density	Melting point	Hardness	Colour change	Corrosion resistance	Tarnish resistance	Coring potential	Other comments
Silver (Ag)	Increases	*	Decreases	Increases	Whitens – may counteract reddening effect of copper	Decreases	Decreases		Increased porosity
Copper (Cu)	Increases	Decreases	Decreases	Increases	Reddens	Decreases	Decreases if included more than 16%	Decreases	
Platinum (Pt)	Increases		Increases	Increases	Lightens yellow gold	Increases		Increases	
Palladium (Pd)	Increases	Decreases	Increases		Whitens	Increases	Decreases silver tarnish	Increases	Cheaper than platinum
Zinc (Zn)	Decreases	Decreases	Decreases	Decreases		Decreases	Decreases		Oxygen scavenger. Improves castability
Indium (In)	Decreases		Decreases	Decreases	Yellow (palladium/silver alloys)		Increases		
Iridium (Ir)	Increases		Increases	Increases		Increases	Increases		Grain refiner
Ruthenium (Ru)		Decreases	Increases	Increases	Whitens	Increases	Increases		Grain refiner
Rhodium (Rh)		Decreases	Increases	Increases	Whitens	Increases	Increases		Grain refiner
Nickel (Ni)	Increases	Decreases	Increases	Increases	Whitens	Increases			

This book avoids the use of chemical symbols where possible to facilitate understanding. However, the symbols are included in this table and subsequent tables in case the reader is confronted with a data sheet with only chemical symbols on it.

*The metal inclusion has no effect on that property where no entry is made in the table.

- Kıymetli metal alaşımları ile şekillendirilen protetik yapılarda minimum kalınlık 0.4-0.5 mm olmalıdır. Bu değer kıymetsiz metallerde 0.3 mm ye kadar inebilir.
- Kıymetli metal alaşımları içine kalay, indium, ruthenyum ve demir gibi elementler de katılmaktadır.
- Kıymetsiz metal alaşımları içine tungsten, molibden, alüminyum, demir, indium, titanyum, kalay, manganez, silisyum, boron, iridyum ve karbon gibi elementler de katılmaktadır.
- Krom- kobalt alaşımları krom- nikel alaşımlarına oranla daha dirençlidir ve toksisiteleri daha azdır.
- Veneer kronların yapımında Tip III altın (120-150 HV) alaşımların kullanılması önerilmektedir.

SOY METAL ALAŞIMLARIN

AVANTAJLARI

- Hassas döküm, çok iyi marjinal uyum
- Diş eti ile biyolojik uyum
- Korozyona dirençli
- Döküm sonrası yeterli boyutsal sabitlik
- Porselende canlı bir görünüm
- Kolay işlenebilir

DEZAVANTAJLARI

- Pahalıdır
- Döküm sonrası kontraksiyon gösterirler
- Soy olmayan metallere göre daha kalın şekillendirilmeli
- Uzun köprülerde yetersiz rijidite nedeniyle bükülme ile porselende kırılmalara neden olur
- Palladyum yüzey altı pöröziteye ve gümüş renkli görünüme neden olur.

SOY OLMAYAN METAL ALAŞIMLARIN

AVANTAJLARI

- Ucuzdur
- Daha dirençli, ince şekillendirilebilir
- Elastik modülü fazla olduğu için oklüzal kuvvetler altında soy alaşımların yarısı kadar esneme gösterir

DEZAVANTAJLARI

- Nikel ve Berilyum alerjiye neden olabilir
- Dökümler soy metal kadar net değildir
- Ağızda korozyona uğrayabilir
- Döküm sonrası kontraksiyon soy metalden daha fazladır
- Kontrolsüz oksit tabakası oluşturur
- Laboratuvarda çalışması zordur

DENTAL PORSELEN ALAŞIMLARININ ÖZELLİKLERİ

- İyi döküm netliği olmalı
- İnce grenli ve rijit olmalı
- Çiğneme basınçlarını karşılayabilecek dirençte olmalı
- Korozyona dirençli ve biyolojik uyumlu olmalı
- Porselenle kuvvetli bağ oluşturmalı
- Isısal genleşme katsayıları porselenle uyumlu (Alaşımın ısısal genleşme katsayısı porselenden fazla olmalı)
- Ergime derecesi porselenin fırınlama derecesinden en az 150 °C fazla olmalı
- Alaşım porselenin fırınlama sıcaklığında distorsiyona uğramamalı
- Porselende renklenmeye neden olacak metal oksitleri içermemeli



- Soy alaşımlar
 - oksidasyona dayanıklıdır
 - asitlere dirençlidir
 - ağız içinde inert özellik gösterir
- Alaşımdaki soy metal miktarının artması korozyon direncini ve alaşımın inert özelliğini belirler.
- Sertlik, oklüzal aşınma direnci ve parlatılabilme açısından önemlidir.
- Esneklik, elastisite modülü ile ters orantılıdır.
- Yüksek elastisite modülü olan alaşım, yük altında düşük modülü olan alaşımdan daha az esner.
- Nikel ve Berilyumun sitotoksik etkisi vardır.

Altın-Platin-Palladyum (Au-Pt-Pa)

• Avantajları:

- Mükemmel porselen bağlantısı
- İyi dökülebilirlik
- İnce marjinlerin metal kopingte aynı şekilde oluşturulabilmesi
- Korozyona dirençli, non-toksik
- Yield strength ve elastisite modülü yeterlidir
- Okluzal yüzeylerin mükemmel bitimi

• Dezavantajları:

- Düşük sag ve creep direnci nedeniyle uzun köprülerde ve ince marjinlerde deforme olması
- Yield strength ve elastisite modülü nedeniyle uzun köprülerde kalın metal kullanılması
- Pahalı

Altın-Palladyum-Gümüş (Au-Pd-Ag):

• Avantajları:

- Yüksek erime ısı nedeniyle creep ve sag' e dirençli
- Yield strength' i birçok Au-Pt-Pa dan yüksek
- Uzun köprüler için yeterli elastisite modülüne sahip
- İyi dökülebilirlik
- Tesviye ve polisaj
- Toksik değil
- Ucuz

• Dezavantajları:

- Gümüş nedeniyle porselende yeşil renk ortaya çıkabilir
- Metal alaşımın beyaz rengi ağızda gri olarak görülür
- Yüksek palladyum nedeniyle döküm sırasında hidrojen gazı absorpsiyonu olur.
- Porselen bağlantısında halen bazı sorunlar vardır.

Palladyum-Gümüş alaşımları (Pd-Ag)

- Metal kron ve köprülerde
- Gümüş oranı yüksek (%70-72)
- Palladium içeriği >25 % değerli alaşım
- Bakır (<15%) ve az miktarda altın
- Döküm sıcaklığı (900-100 C)
- Avantajları:
- Elastik strengthi ve elastisite modülü yüksek
- Uzun köprüler için çok uygun
- Toksik değil
- Ucuz
- Dezavantajları:
- Dökümü zor
- İnce marjinler altın alaşımlardaki gibi net oluşmaz
- Yüksek gümüş oranı nedeniyle porselende renk değiştirme
- Yüksek palladyum nedeniyle hidrojen gazı absorpsiyonu
- Rengi kötü

Krom-Nikel Metal Alaşımları (Ni-Cr)

- Nikel içeriği fazla (%65-70)
- Döküm sıcaklığı 1150 C
- Metal seramik kron ve köprülerde
- Gümüş-beyaz renkte bir alaşım
- Avantajları:
- Yüksek elastisite modülü ve yield strength nedeniyle uzun köprülerde çok ince kullanılabilir.
- Krom-kobalt alaşımlara göre daha sert, daha düşük erime derecesi
- Çok ucuz
- Tip III alaşımlara benzer özellikler sergiler
- Dezavantajları:
- Dökümü zor
- Marjinler kısa ve yuvarlak çıkabilir
- Fazla oksit nedeniyle rengi ve porselen bağlantısı bozulabilir
- Nikele karşı duyarlı hastalarda toksik olabilir
- Ağızdan sökülmesi zor

Krom-Kobalt Alaşımları

- Kobalt (%35-65): Dayanıklılığı ve sertliği arttırır. Erime derecesini arttırır.
- Krom (%20-35): Pasif oksit tabakası oluşturarak korozyona direnç sağlar.
- Nikel (%0-30): dayanıklılığı ve erime derecesini arttırır.
- Molibden (%0-7): partikül dzenleyici özelliği ile sertliği ve direnci arttırır.
- Berilyum: Erime derecesini dűřürür. (1 mg erime derecesini 100 C dűřürür)
- Karbon (%0-0,4): Sertliği arttırır anca metalin kırılmalığı artar.
- Demir: erime derecesini ve dayanıklılığını azaltır. Alaşıma soğuk çalışma kolaylığı sağlar.
- manganez, tungsten, silikon: Dayanıklılığı ve sertliği arttırır.
- Döküm sıcaklığı: 1250-1450 C
- Hareketli protezler ve alt yapı
- Gümüş-beyaz renkte
- Mekanik özellikleri Tip IV altın alaşımlara benzer

Titanyum ve alaşımları:

- Düşük yoğunluk
- Yüksek direnç
- Mükemmel bio-uyumluluk
- Düşük sıcaklıklarda sıkı paketli alfa fazında bulunan ve 885 derecenin üstünde body centered cubic yapıya (beta fazı) dönüşen allotropik bir elementtir.
- Bu yapısal geçiş; titanyumun alfa, alfaya yakın, alfa+beta ve beta olmak üzere 4 farklı faz oluşumuna sağlar.

- Diş hekimliğinde kullanılan titanyum alaşımları:

- Alfa fazındaki CpTi
- Alfa+beta fazındaki Ti6AlV4
- Beta fazındaki Ti-Mo

- Titanyumu şekillendirme yöntemleri

- Döküm
 - Basınç/vakum tekniği (ayrı bölme)
 - Basınç/vakum tekniği (tek bölme)
 - Vakum santrifüj tekniği
- Soğuk şekillendirme
- Freze (cad/cam)
- Lazer sinterleme (SLM)

- Yüksek ergime noktası (1700°C) ve revetmanla titanyum etkileşmesi nedeniyle geleneksel yöntemle dökümü yapılmaz.
- Titanyum dökümü argon veya helyum ile vakumlanmış ortamda veya inert atmosferde yapılması gerekmektedir.

- Saf titanyum oksijen ve demir içeriğine göre 4 farklı şekilde bulunur.
- Demir ve oksijen miktarının artması titanyumun grade'ini arttırır
 - Grade 1 (CpTi)
 - Grade 2
 - Grade 3
 - Grade 4

- Saf titanyum %0.18-0.40 oranında oksijen içerir. Oksijen solüsyonda metalin tek fazda kalmasını sağlar
- Oksijen, karbon ve nitrojen solid haldeki yapıyı titanyuma dönüştürür ve alfa fazının stabilizasyonuna yardım eder.
- Molibdenyum, kobalt, nikel, niobiyum, bakır, palladium ve vanadyum gibi geçiş elementleri ise en çok kullanılan beta stabilizatördür.
- Beta alaşımları alfa fazına göre daha dirençli ancak daha kırılmandır.

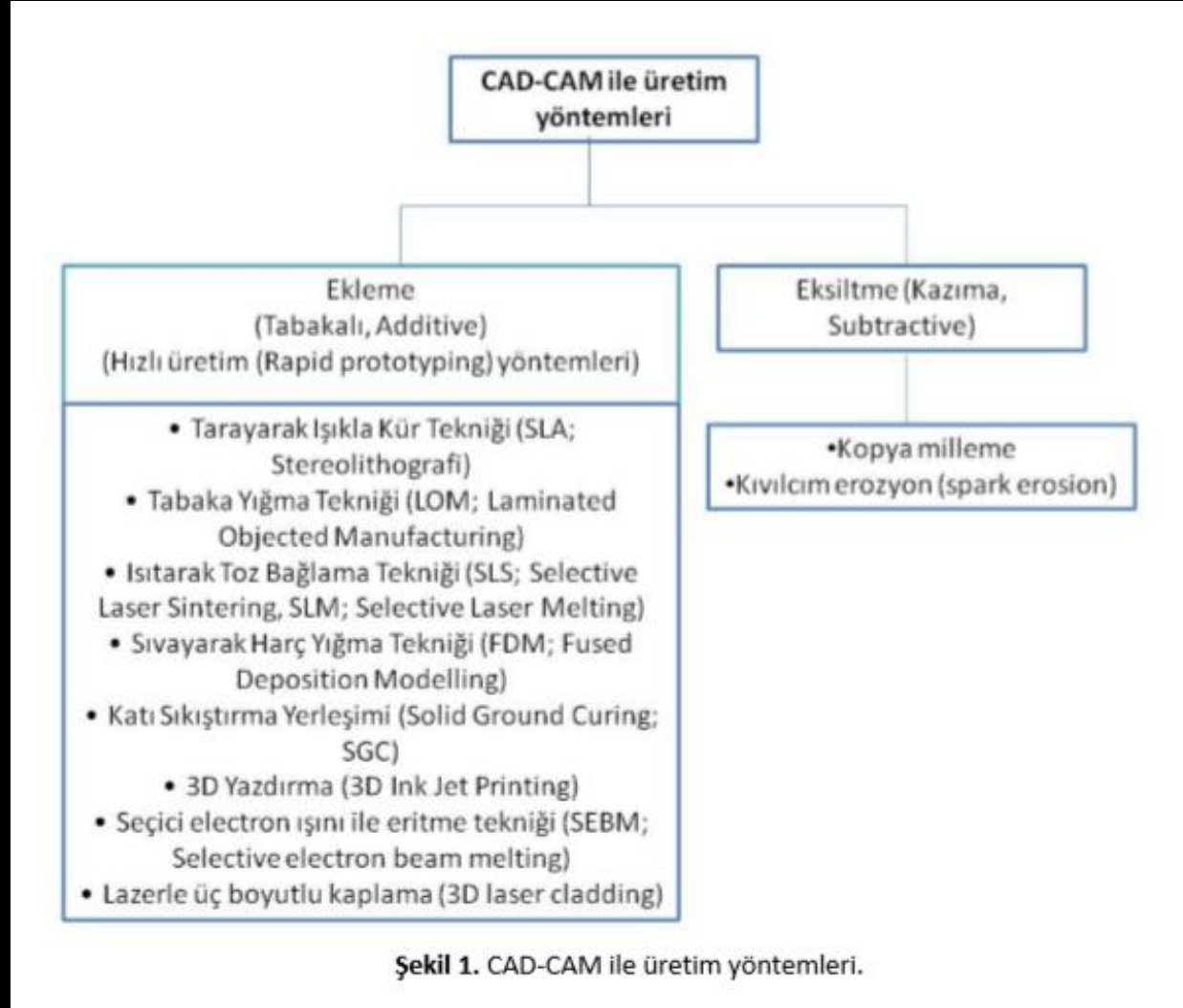
Ti6Al4V

- Alaşıma Al ve V eklenmesi ile alaşımın direnci saf titanyuma göre artar.
- Al alfa stabilizatörü
- V beta stabilizatörüdür
- Korozyona karşı dirençlidir.
- Korozyun direnci yüzeyde oluşan 10nm kalınlığındaki solid oksit tabakasına bağlıdır. Bu tabaka titanyumu asit ataklarına, kimyasal ve termal etkilere karşı korur.

Metal alaşımlarının şekillendirme teknikleri

- Mekanik deformasyon tekniği
- CAD/CAM üretim tekniği
 - Eklemeli
 - Aşındırmalı
- Döküm tekniği

CAD/CAM üretim tekniği

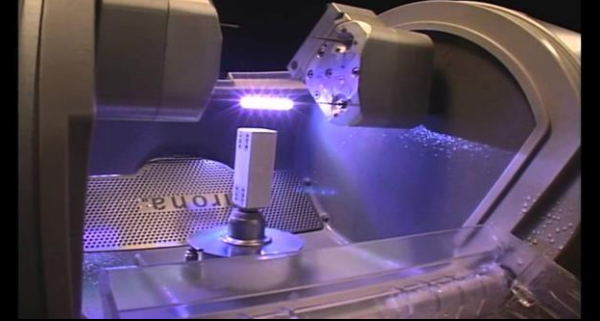


A- Kazıma (Eksiltme) yöntemi

- Bilgisayar destekli freze ve aşındırma cihazlarından oluşmaktadır Restorasyonun aşındırılması için kullanılan bloklar üzerinde, bilgisayar destekli nümerik kontrol cihazında (CNC) kazıma işlemi gerçekleştirilmektedir.
- Bilgisayar destekli üretim yazılımı; tasarım modelini CNC makinesine yönlendirmektedir. Bu alet; çok eksenli kazıma parçaları içermektedir.
- Kazıma yöntemleri, kopya milleding ve kıvılcım erozyon (spark erozyon) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

1- Kopya milledme yöntemi:

- Kopya-milledme (Kopya freze) yöntemi, metal alt yapı üretiminde kullanılan hızlı bir üretim sistemidir.
- **Üç eksenli milledme cihazı**, üretimi 3 eksen doğrultusunda gerçekleştirmektedir. Böylece mil sadece X, Y ve Z değerleri ile tanımlanan yönlere hareket etmektedir. Dental alanda kullanılan tüm üç eksenli cihazlar, restorasyonun iç kısmının ya da dış kısmının üretiminde parçayı 180° çevirebilmektedir (Ör: inLab (Sirona), Lava (3M ESPE), Cercon Brain (Degu Dent)).
- **Dört eksenli milledme cihazı**, komponentin çok çeşitli yönlere döndürülebilmesini sağlamaktadır (Ör: Zeno (Weiland Imes)).
- **Beş eksenli milledme cihazı** ise, açılı dayanak dişlerin bulunduğu köprüler gibi daha karmaşık yapıların üretilmesini sağlamaktadır (Ör: Everest Engine (KaVo), HSG Milling Device (etkon), Yenadent).



Avantajları:

- 1) Geleneksel yöntemlerle elde edilemeyecek birçok malzeme, bu yöntemle üretilebilirken zamandan da tasarruf sağlanmaktadır.
- 2) Karmaşık iç yapılar ve andırkat sahaları gibi ince detaylar kolaylıkla üretilebilmektedir.

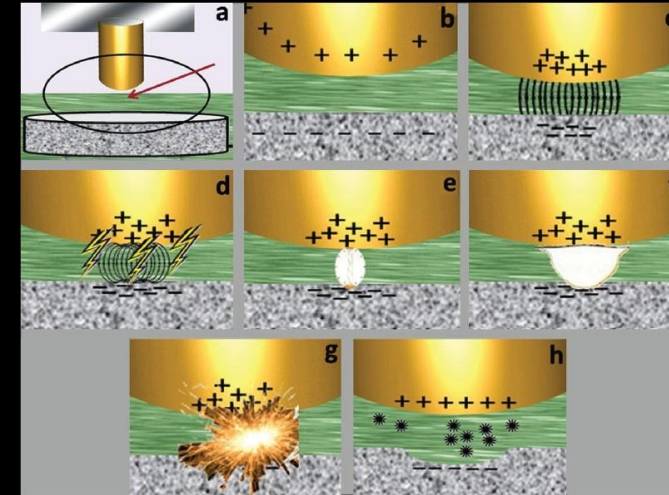
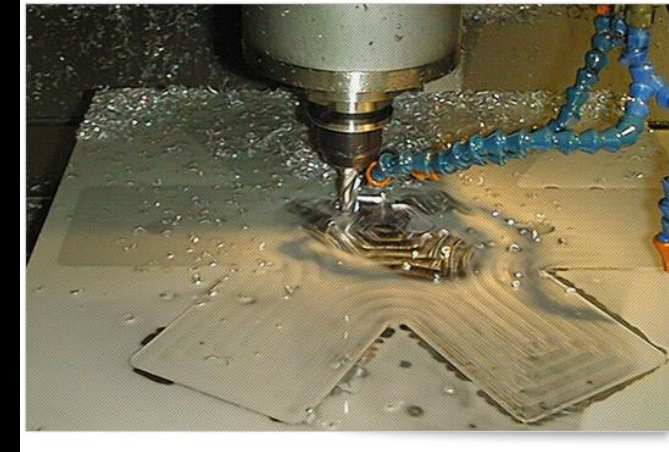
Dezavantajları:

- 1) Bir restorasyonun üretilmesi için kullanılan bloğun %90'lık bir kısmından yararlanılamamaktadır.

Kullanım alanları: Co-Cr gibi ağır metaller, titanyum gibi döküm prosedürü problemlili olan metaller, PMMA ve seramik işlenebilmektedir

2- Kıvılcım erozyon (Spark erosion, Electric discharge machining) yöntemi

- Elektrik akımı ile metal aşındırmayı esas alan CAD-CAM kazıma yöntemlerinden biridir.
- 18. yy da Sir Joseph Priestly, ilk defa bu işlemi ve bunun metal üzerine etkilerini araştırmıştır. 2. Dünya savaşından sonra, Rus Lazerenko kardeşler, ilk erozyon aparatlarını geliştirmişlerdir.
- Kıvılcım erozyon tekniği, geleneksel laboratuvar prosedürlerinden daha ideal ve hassas olan üretimi gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmiştir.
- Kısa-devre impulsları kullanılarak, yağa benzer bir yalıtkan ortam yaratılarak, metalin şekillendirildiği bir süreçtir. Bu işlem, 1940'ların başlarında endüstride yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Materyali aşırı ısıtmadan, saniyede 250.000 defa elektriksel deşarj ederek hassas metali uzaklaştırmaktadır.
- Kablo ve prob olmak üzere iki tipi mevcuttur ve prob ucu diş hekimliğinde kullanılmaktadır.



- **Kullanım alanları:** Günümüzde; hassas tutuculu hareketli parsiyel protezler, sabit protezler, titanyum kronlar, teleskobik protezlerde, implant tutuculu overdenturelarda ve metal-rezin bağlantısının geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- Soy alaşımlardan ziyade, temel metal alaşımlı kaideli iskeletlerin uyumunun geliştirilmesi için geliştirilen bir yöntemdir.
- **Avantajları:**
 - 1) Restorasyonların pasif uyumu sağlanır.
 - 2) Termal bir işlem olduğu için, metal sertliğinin etkisi olmaksızın üç boyutlu kompleks yapılar şekillendirilebilmektedir.
 - 3) Mekanik kuvvetlerin yarattığı distorsiyonlar olmadan son derece ince işçilik yapılabilir.
 - 4) Soğutma işlemine bağlı olarak stres daha az görülmektedir.
 - 5) Restorasyonun bitimi pürüzsüz olarak oluşturulmaktadır.
 - 6) İşlem boyunca metallerin oksidasyonu azalmıştır. Bu durum özellikle titanyum-porselen bağlantısında önemlidir.
 - 7) Hızlı ve verimli bir işlemdir
 - 8) Porselen kronlar ile birlikte yapılan iskelet dökümlerinde, yalıtkan ortamın soğutulması işlemi sayesinde, porselende hiçbir stres oluşturmaz.

- **Dezavantajları**

- 1) Erozyon, titanyumun aşınma direncini etkileme eğilimindedir.
- 2) Becerikli personel ve özelleşmiş laboratuvar ekipmanı zorunludur.
- 3) Tekniğin yüksek maliyeti, kullanımını kısıtlamaktadır.
- 4) Kullanılan elektrot aşınabilmektedir.

B-Tabakalı (Eklemeli) Üretim

Avantajları:

- 1) Birim maliyetlerin azalması.
- 2) Kısa sürede çok fazla sayıda nesnenin üretilebilmesi.
- 3) Kullanımın kolay olması.
- 4) Üretilen parçaların netliği.
- 5) Artmış mekanik özellikler (daha dayanıklı).
- 6) Üstün biyolojik özellikler (azalmış iyon salınımı ve artmış biyouyumluluk).
- 7) Üstün kimyasal özellikler (yüksek korozyon direnci ve kimyasal stabilite).
- 8) Üretilecek objenin ölçüsünü almaya gerek olmaması ve sarf malzeme giderlerinin düşmesi.
- 9) Pörözitesiz üretim.

- **Tabakalı üretimde kullanılacak materyaller:** Sıvı ve toz halinde bulunan tüm materyaller, tabakalı üretim için kullanılabilir. Bu amaçla, birçok farklı sektörde bugüne kadar kullanılmış malzemeler; demir, bakır, paslanmaz çelik, titanyum alaşımı, nikel esaslı alaşımlar, kobalt esaslı alaşımlar ve alüminyum gibi metaller; farklı biyopolimerler, polikarbonat, akrilik stiren, naylon, termoplastik elastomer ve döküm mumu gibi materyaller ve silika, alümina, zirkonyum ve zirkonyum silikat gibi seramikler olarak sıralanabilmektedir.



- Tabakalı üretim yapan tüm sistemlere, serbest katı form üretim sistemleri de denilmektedir. Hızlı üretim yapan cihazlar katmanlama tekniklerine göre sınıflandırıldıklarında 8 ana grup elde edilir.

1. Tarayarak ışıkla kür tekniği (SLA; Stereolithografi)

2. Tabaka yığılma tekniği (LOM; Laminated objected manufacturing)

3. Isıtarak toz bağlama tekniği (SLS; Selective laser sintering, SLM; Selective laser melting)

4. Sıvayarak harç yığılma tekniği (FDM; Fused deposition modelling)

5. Katı sıkıştırma yerleşimi (Solid ground curing; SGC)

6. Üç boyutlu mürekkepli yazdırma (3D ink jet printing)

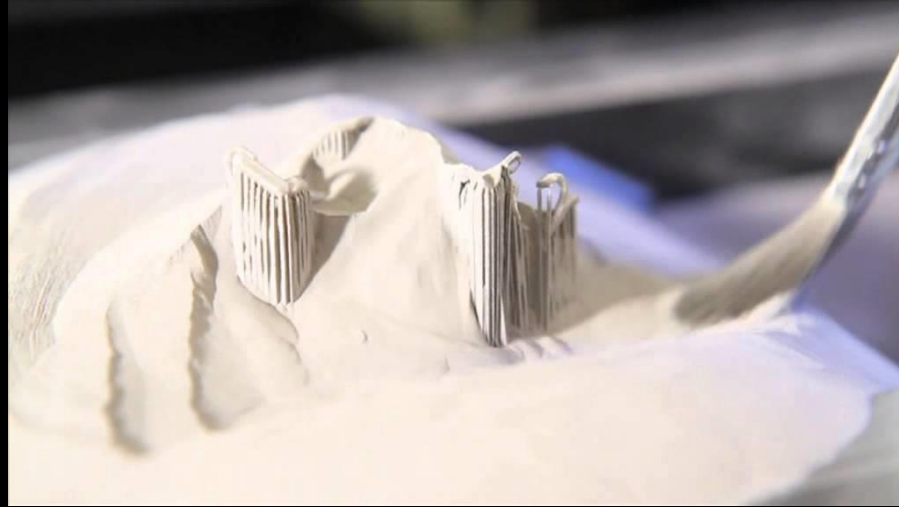
7. Seçici electron ışını ile eritme tekniği (SEBM; Selective electron beam melting)

8. Lazerle üç boyutlu kaplama (3D laser cladding)

Isıtarak toz bağlama tekniği (SLS; Selective laser sintering, SLM; Selective laser melting)

- SLS ve SLM, partikül düzeyinde metal alaşım tozlarının lazer kaynağı yardımıyla spesifik derecelerde eritilip birbirleriyle kaynaştırılması işlemleridir. SLS, kısmi eritme; SLM ise tam eritme prosedürü olarak bilinmektedir. Çünkü kısmi eritme işleminde metal tozunun sadece çevresel kısmı eritilirken, tam eritme işleminde metal tozu bütünüyle eritilmektedir.
- Seramik veya metal restorasyonların üretimi için kullanılan yöntemlerden birisidir.
- Bu yöntemde restorasyonun bilgisayar tasarımı mevcut CAD/CAM sistemlerindeki kesme işleme benzer bir işlem dizisi kullanmaktadır. Ancak kesme işlemi yerine işlem dizisi sırasında seramik veya metal toz havuzundaki materyal sürekli ilavelerle sinterize edilerek restorasyon tamamlanmaktadır.
- Böylece boşa harcanan artık materyal bulunmamaktadır.

- **Kullanım alanları;** kraniyal implantlar, dental implantlar, hareketli bölümlü protez metal iskeletleri, sabit protezlerde metal alt yapılar, implant üstü sabit restorasyon, hibrit restorasyonlar, dental modellerin oluşturulması şeklinde sıralanabilir.
- SLS (Selective laser sinterization) sisteminde; çelik, titanyum, titanyum alaşımları ve Co-Cr alaşımları gibi çok çeşitli metaller kullanılmaktadır.



• Avantajları

- 1) Yüksek doğruluk düzeyinde parçalar üretilebilmektedir.
- 2) Lazer sinterleme cihazları ile üretilen metal alt yapılarda, döküm işlemleri esnasında meydana gelen büzülme ortadan kalkmakta, sahip oldukları boyutsal stabilizasyon sayesinde çok üyeli restorasyonlar, destek dişler üzerine pasif olarak yerleşmektedir.
- 3) Üretim sonrası süreç kolaydır.
- 4) Üretim esnasında destek yapıya ihtiyaç duyulmamaktadır.
- 5) Yüzey özellikleri ve mekanik özellikleri çok iyi olan parçalar üretilebilir ve parçalar tabaka tabaka üretildiklerinden, döküm ya da milledme gibi yöntemlerle üretilemeyen küçük parçaların da üretimi gerçekleştirilebilir.
- 6) SLS ile döküm işlemlerindeki gibi özel malzemelerin kullanımına gerek olmadan üretim yapılabilir.
- 7) SLS yönteminin iş/zaman oranı oldukça yüksektir.
- 8) Toz malzeme oldukça kolay ve hassas bir şekilde işlenebildiğinden yöntem verimlidir.
- 9) SLS yöntemi ile imal edilmiş model için gerekli bitirme işlemleri minimum seviyededir

- **Dezavantajları;**

1) Bilgisayar ortamında hazırlanmış üç boyutlu tasarımın, hızlı prototipleme üretim sistemlerine naklini sağlamak için ara yüzeye ihtiyaç duyulmaktadır. Cihazlarda yaygın kullanılan ara yüzey, STL (Standard Template Library) formatıdır. STL formatı çoğu kez orijinal CAD veri dosyasından daha büyük yer kaplar ve çok fazla gereksiz bilgi içermektedir.

2) STL formatında geometri kusurları bulunmaktadır.

3) Çoğu ticari CAD sağlayıcısı tarafından kullanılan dönüştürme algoritmaları, günümüzde yetersiz kalmaktadır. Üretimi yavaşlatan bu kusurlar sebebiyle, onarım yazılımına olan ihtiyaç artmaktadır.

4) Büyük STL dosyalarının çözülmesi için uzun zamana ihtiyaç vardır.

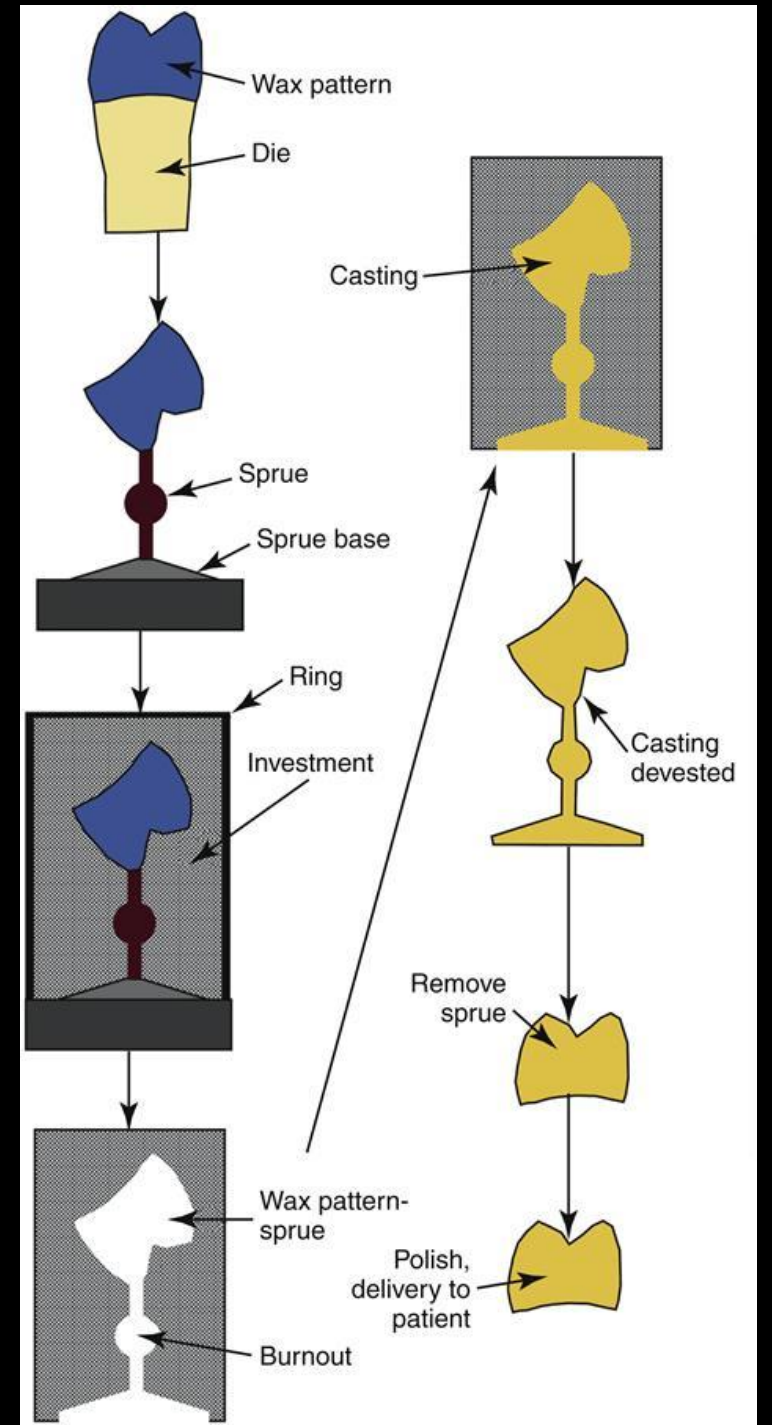


DÖKÜM

- Döküm; kaybolan mumun yerine erimiş metalin çeşitli şekillerde sevk edilmesi olayıdır.

Metal dökümlerde izlenecek yol;

- 1) Preperasyon
- 2) Ölçü
- 3) Die'lı model hazırlama
- 4) Mum modelaj: mum modelajı tamamlandıktan sonra tüm kütle yağ tabakasının giderilmesi ve döküm incilerinin oluşmaması için alkollü bir pamukla silinir (yüzey gerilimi ↓)
- 5) Tijleme
- 6) Revetmana alma
- 7) Mum örneğin yakılması
- 8) Erimiş metalin dökümü
- 9) Dökümün temizlenmesi
- 10) Bitirme ve polisaj
- 11) Simantasyon



TIJLEME



Tij; döküm örneğın revetman içine yerleşmesine yardımcı olan ve mum atımından sonra oluşan boşluğu ile döküm yolu oluşturan mum, metal, tahta ya da akrilikten yapılan bir tutamaçtır.

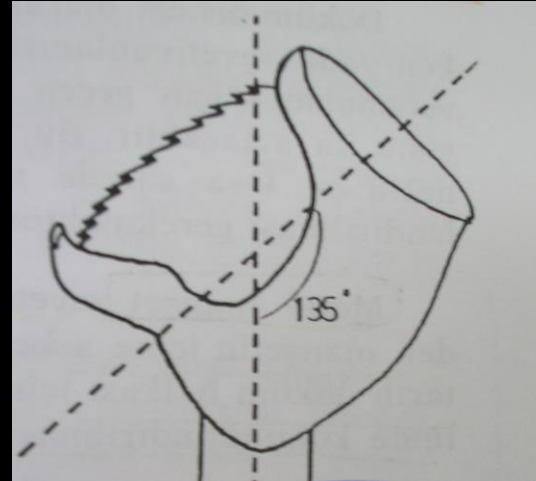
Tijlemenin Amaçları:

- 1) Mum örneğın belli bir konumda tutulması,
- 2) Döküm için uygun boşluğun sağlanması,
- 3) Mum atımı sırasında mumun uzaklaşabileceğı bir kanal yapmak,
- 4) Döküm esnasında erimiş alaşımın girebileceğı bir kanal oluşturmak,
- 5) Katılaşma esnasında alaşımın büzülmesini kompanse etmek.

Tijleme işleminde önemli kriterler;

- 1) İçi boş tijler, döküm rneği ile daha sıkı bağlantı sağlar.
- 2) Tijin çapının geniş olması ve santrifüj kuvvetinin fazlalığı döküm metalinin ısı kaybetmeden, çabucak döküm boşluğunda şekillenmesini sağlar.
- 3) Tij mum örneğin en geniş en kalın ve en yüksek kısmına yerleştirilmelidir.
- 4) Tij ile döküm rneği arasındaki açı her yönde aynı olmalıdır.
- 5) Tij döküm rneği içine baskı ile yerleştirilmemelidir.
- 6) Tij çok uzun olmamalıdır.

- Her zaman mum objenin en hacimli yerine takılmalı
- Uygun tij açısı (135 derece)
- Keskin köşe, açı ya da spatül izi içermemeli
- Tij açısı uygun değilse; GAZ SIKIŞMASI PÖRÖZİTESİ.....

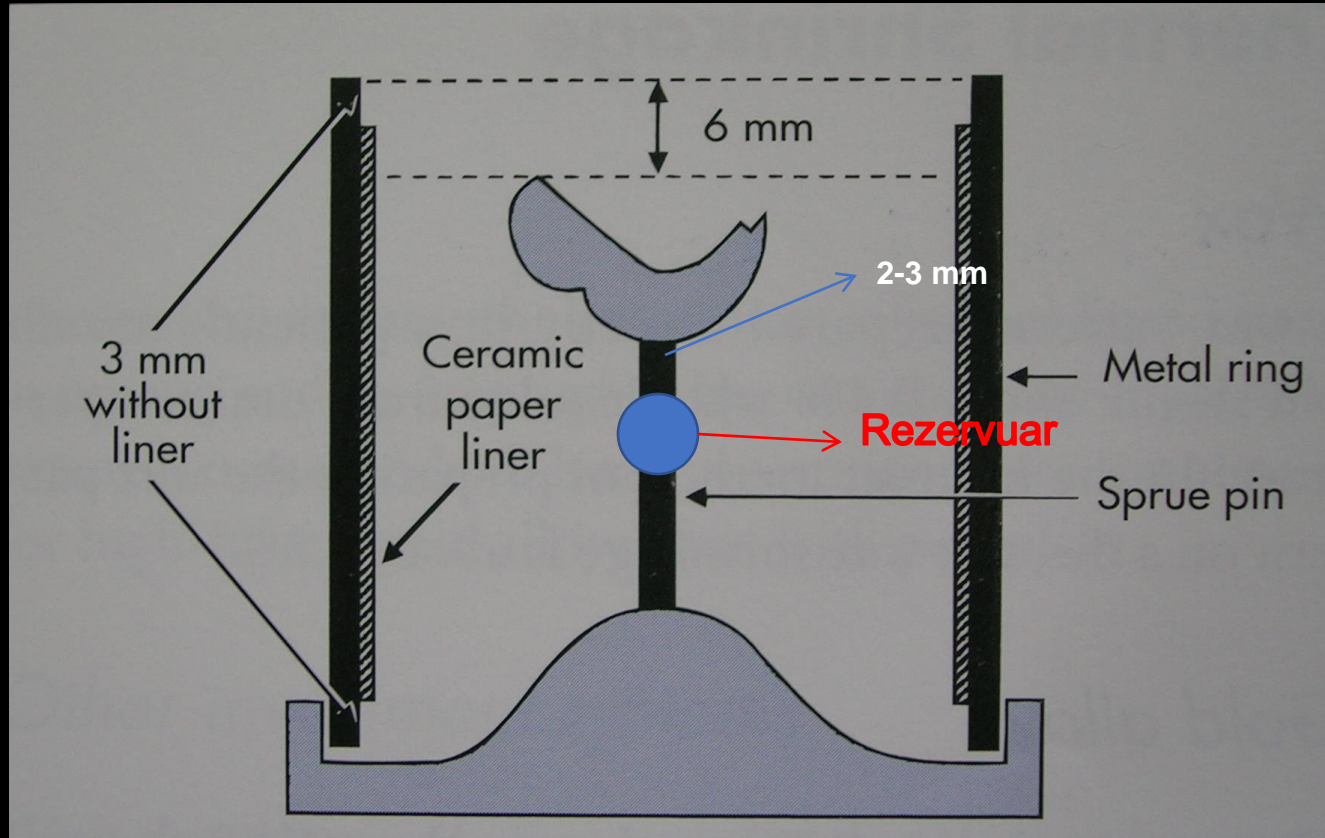


Manşete Yerleştirme

- Mum obje manşet tavanından 6 mm aşağıda olmalı.
- 6 mm den az olursa alaşım basıncı nedeniyle revetmanda kırılma olur.
- 6 mm den fazla olursa manşet tavanından gaz kaçıışı engellenir ve dökümde yuvarlak marjinler, eksik döküm ve kırıklar oluşur.



- Rezervuar mum objenin hacminin yarısı kadar olmalı
- Rezervuar mum objeye çok yakın olmamalı
- Tij ile mum obje bağlantısı çok kalın olmamalı
- Mum obje manşetin merkezinde olmamalı



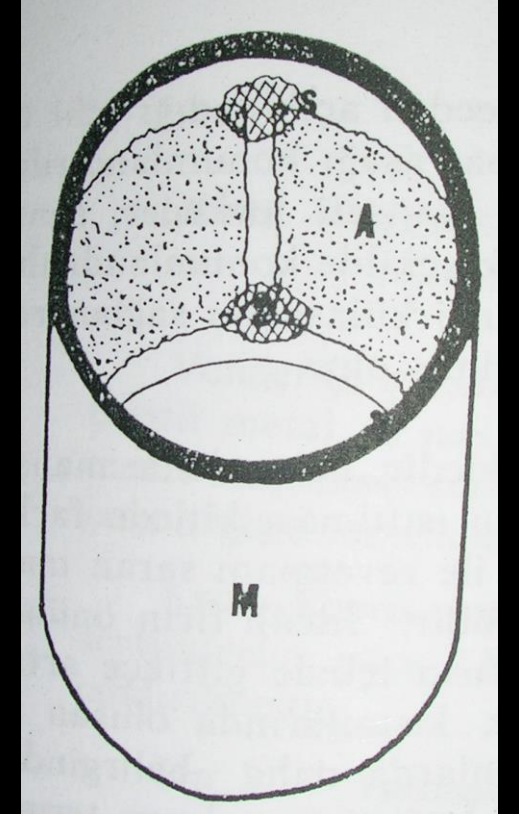
LİNER (ASTAR)

- Lateral ekspansiyon amacıyla,
- Asbest kağıt ya da fiber glass (cam elyafı)
- Suya daldırılmalı.
- Liner yerleştirilmesinde dikkat edilmesi gerekenler;
 - Asbest kağıt, parmak basıncı ya da sert spatülle ve aşırı baskı ile yerleştirilmemeli
 - Uygulanan asbest tabakasının karşılıklı kenarları arasında ya da manşetin alt ve üstünde 2-3 mm aralık kalacak şekilde konumlandırılmalı.



Liner tabakasının yararları;

- 1) Döküm boşluğundaki boyutsal değişimin bozulmasını engeller.
- 2) Döküm işlemi sonunda kütlenin döküm halkasını kolayca terk etmesini sağlar
- 3) Revetmanda sertleşme genleşmesinin oluşmasını sağlar.
- 4) Döküm sırasında revetman ısısının kaybını engelleyen bir yalıtkan olarak görev yapar.



REVETMANLAR



- Metal veya metal alaşımının dökülebileceği kalıp boşluğunu oluşturan seramik bir madde.



Özellikleri:

- 1) Döküm örneği ile tam temas kuracak akıcılık ve kıvamda olmalı,
- 2) Yeterli dirence sahip olmalı, döküm basıncı ile kırılmamalı
- 3) Düzgün ve pürüzsüz bir yüzey oluşturabilmeli,
- 4) Boşluktaki gaz ve havanın döküm sırasında kolayca dışarı çıkmasını sağlayacak gözenekli yapı sağlamalı,
- 5) Döküm metalinin yüzeyini kimyasal olarak etkileyecek aşındırıcı gazlar çıkarmamalı,
- 6) Döküm sonunda kolayca ayrılmalı ve döküm yüzeyine yapışmamalı,
- 7) Yeterli genleşmeye sahip olmalı,
- 8) Fiyatı ucuz olmalı.

Büzülme (MUM+METAL)= REVETMANIN genleşmesi

Mum örnek %0,2 → die'lı model üzerinde

Alaşım %1,75 → altın, full kronlar

Revetman %1,95
→ higroskopik genleşme %0,7
→ termal genleşme %1,25

- Metal alaşımlarının dökülebilmesi için belirli tek bir derece yoktur. Döküm yapılabilmesi için gerekli olan sıcaklık derecesinin alt ve üst sınırları vardır. Onun için kullanılan revetmanın da belirli sıcaklık dereceleri arasında yeterli genleşme yapabilmesi gerekir.

Revetman Tipleri:

1) Kalsiyum sülfat (alçı) bağlı revetmanlar

2) Fosfat bağlı revetmanlar

3) Silika bağlı revetmanlar

Kalsiyum sülfat bağı revetmanlar:

- İçerik; quartz, kristobalit, alfa kalsiyum sülfat hemi hidrat, modifiye edici kimyasal maddeler.
- Sadece altın ve altın alaşımların dökümünde kullanılır
- ☹ 700 °C üzerinde dekompozisyona uğrar.(bu derecenin üzerinde revetmanın içinde bulunan kalsiyum sülfat ayrışır ve oluşan sülfür dioksit ve sülfür trioksit döküm metalinin kırılgan olmasına yol açar.)

Fosfat Bağlı Revetmanlar

- İçerik; Silika, amonyum fosfat, magnezyum oksit
 - Metal destekli porselen restorasyonlarda,
 - İskelet protezlerde
 - Birçok palladium ve baz metal alaşımlarının dökümünde.
 - 850-1100°C sıcaklıklara dayanabilir.
- Inlay, kron ve diğer sabit restorasyonlar için: Tip 1
 - İskelet ve diğer çıkarılabilir döküm restorasyonlar için: Tip 2



Silika Bağlı Revetmanlar:

- İçerik; etil silikat, kolloidal silikanın sol formu, sodyum silikat
- 😊 Yüksek derecelerde eriyebilen iskelet protez metal alaşımlarının dökümünde

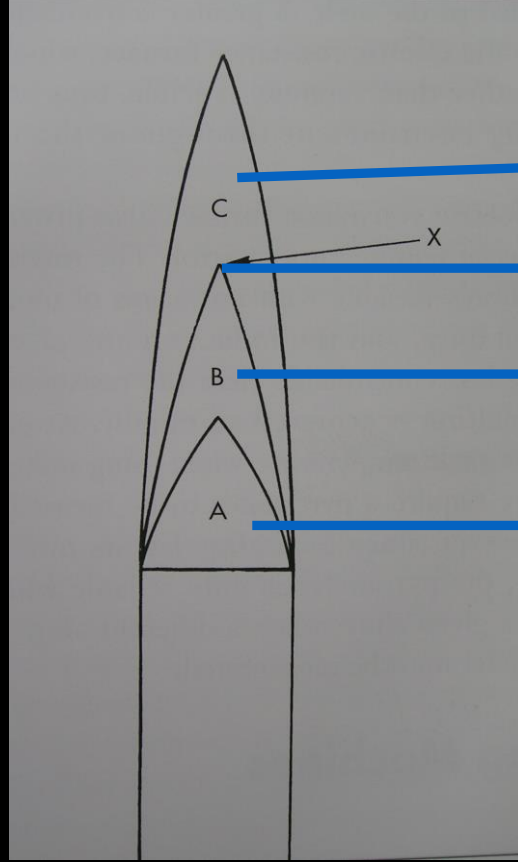
- Son zamanlarda fosfat ve silika bağlı revetmanların titanyum ve titanyum alaşımlarının dökümünde çok başarılı olmadığı ortaya çıktı. (erimiş haldeki titanyum çok reaktiftir ve çeşitli maddelerle reaksiyona girerek dökülen titanyumun kırılğan olmasına neden olur)
- Bu nedenle yeni revetman türleri geliştirildi. Bu revetmanlar bağlayıcı ajanın cinsine göre, fosfat bağlı, etisilikat bağlı ve “cemented” denilen şekillerde yapıldı. Bağlayıcı maddeler olarak da; Magnesia, zirkonya, alümina ve silika eklenen yeni revetman sistemleri de geliştirilmiştir.

Alaşımın Eritilmesi İçin Kullanılan Yöntemler:

- 1) Torch kullanmak (şalome),
- 2) Elektriksel ekipmanla eritmek.
 - Elektrik enerjisi pahalı.



Torch'la eritme



Oksidasyon bölgesi

İdeal yanma bölgesi

Redüksiyon bölgesi

Yanmamış gaz bölgesi

4 gruba ayrılır;

- 1) Gaz / oksijen metodu,
- 2) Gaz / hava metodu,
- 3) Hava / asetilen metodu,
- 4) Oksijen / asetilen metodu.

☹️Torch, ısı değişimleri monitörize edilemez.

- Metal alaşımlarını eritilmesi için genellikle oksijen, asetilen gazlarının karışımı kullanılır.
- Bunu yanında, karbon arkları, argon arkları, silisyum-karbür direnç fırını ve yüksek frekanslı endüksiyon fırınları gibi elektrikle eritme kaynaklarından da yararlanılabilir.
- Endüksiyonla eritme yönteminde eritme hızlı olmakta ve döküm anında düzenli bir metal ısısı elde edilmektedir.

Elektrikle Eritme

- 1) Elektrik rezistansları, (en uygun)
- 2) Elektrik arkı kullanılır.

Elektrik arkı; kobalt-krom ve titanyum alaşımları eritilebilir.

😊 Elektrik rezistansı, ısı kontrolü sağlar.

😊 / 😞 Elektrik arkı daha hızlı eritme sağlar ancak rezistans sistemine göre daha az kontrol edilebilir.

DENTAL ALAŞIMLARDA KULLANILAN DÖKÜM CİHAZLARI

- 1) Santrifuj döküm cihazı
 - a) Oksijen-gaz sistemi
 - b) İndüksiyon sistemi
- 2) Hava basınçlı döküm cihazı

SANTRİFUJLÜ DÖKÜM MAKİNELERİ



- Havanın tutulması ve döküme karışması tehlikesi daha azdır, ancak böyle bir döküm yöntemi uygulandığında oksit ve karbür gibi metal olmayan artıklar alaşıma karışabilir.
- Potası elektrikle ısıtılan santrifüj cihazlarından daha iyi sonuçlar alınmaktadır.

HAVA BASINCIYLA ÇALIŞAN DÖKÜM MAKİNELERİ (PNÖMATİK KUVVETLER)

- Kuvvetli basınç nedeniyle eriyik tarafından tutulan hava döküme karışır ve metal altyapı aşırı pöröz olabilir.



SABİT PROTEZLERDE DÖKÜM



- Fosfat bağı revetmanlar
- 732 – 927 °C
- **Alaşımın eritilmesi;**
Asetilen – oksijen,
Gaz – oksijen,
Elektrik indüksiyonu.
- **Dökümün temizlenmesi ve bitirme;**
Yüksek devirli laboratuvar makineleri,
Abraziv diskler,
Seramik bağı alüminyum oksit taşlar.

Metal üzerinde hiçbir çizik bırakmadan, aliminyum oksit kumlarıyla temizlenir.

Daha sonra döküm, ultrasonik olarak kimyasal deterjanlarla yıkanır.



DÖKÜM DEFEKTLERİ



Neden????

1. Yetersiz metal alaşımı kullanılması,
2. Mum örnekte ince kenar sonlanmalarının olması,
3. Döküm boşluğunun yeterli ısıya ulaşmaması,
4. Döküm boşluğu ve yolunda artıkların bulunması,
5. Erimiş gazların metal içerisine girmesi,
6. Santrifuj veya vakum sisteminin yetersiz olması,
7. Metalin aşırı kontraksiyona uğraması,
8. Soğuma ve katılaşmanın kontrol edilememesi.

Döküm Defektleri

- A- Nodüller
- B- Eksik döküm
- C- Yüzey pürüzlülüğü
- D- Yuvarlak kenarlar
- E- Döküm bayrakları
- F- Siyah pürüzlü dökümler
- G- Pörözite

Nodüller

☹ Revetman içinde kalan hava kabarcıkları.



SONUÇ; yüzey düzensizliği ve gereksiz metal kaybı.

Engellenebilir; 1) Mum modelasyonu deterjan ile temizleme.
2) Revetmanda uygun su/ toz oranı.
3) Dikkatli inceleme.

Eksik Döküm

- ☹ Hatalı modelaj,
 - ☹ Döküm örnekte deformite,
 - ☹ Yetersiz liner uygulama,
 - ☹ Revetmanda su/ toz oranı,
 - ☹ Kontrolsüz ısıtma,
 - ☹ Ani soğuma.
- Eksik döküm belirgin bir şekilde parlak ise böyle bir yüzey mum modelin kalıptan tam olarak çıkarılamadığını ve metalin kalıp içerisinde kalan artık karbon nedeniyle indirgen bir atmosferde katılaştığını ifade eder.

Yüzey Pürüzlülüğü

- En sık nedeni revetmana alma sırasında model üzerinde hava kabarcıklarının toplanması.
- Model üzerindeki su damlacıkları
- Revetman granül büyüklüğü,
- Revetmanın aşırı yoğun ya da akıcı hazırlanması,
- Revetmanın yetersiz karıştırma,
- Alçı esaslı revetmanın çok uzun süre 700 °C de yada daha yüksek bir derecede ısıtılması sonucu ortaya çıkan sülfür bileşikleri
- Revetman kalıbının çok süratle ısıtılması,
- Gazların çıkarılmaması.
- Tij üzerindeki pas ürünleri
- Erimiş alaşımla birlikte kalıp içine taşınan revetman parçacıkları



Döküm Bayrakları

☺ Polisaj işlemi ile kolayca uzaklaştırılabilir.

Manşetin kısa sürede yüksek ısıda ısıtılması,

↓
Çatlak oluşumu

↓
Metalin bu boşlukları doldurması.

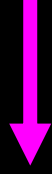


Yuvarlak Kenarlar

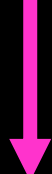
- 1) Açılı kenar sonlanmaları,
- 2) Su buharının tam olarak elimine edilememesi,
- 3) Yetersiz ısı,
- 4) Yetersiz döküm basıncı,
- 5) Uygun olmayan revetman kullanılması.

Siyah Pürüzlü Dökümler

Yüksek ısılarda revetman içindeki alçının dekompoze olması



Sülfidlerin oluşması



Siyah görüntü

Pörözite

Metaldeki küçük çukurlar yada gözenekler. Pörözite döküm yüzeyinde yüzey defekti olarak görülebilir veya düzeltme ve cilalama işlemleri sırasında açığa çıkabilir.

İç ve dış pörözite olarak ikiye ayrılır.

A. Dış Pörözite: Genellikle belirgin

Geri basınç pörözitesi “yüzey pörözitesi”: yetersiz mum eliminasyonu, yetersiz eritme, yetersiz döküm basıncı ve yabancı partiküller nedeniyle meydana gelir.

A. İç Pörözite: metalin katılaşma düzeni ve metal eritilmekte iken gazların tutulması ile meydana gelir.

1. Soğuma ve katılaşma ile ilgili olanlar

I. Lokal kontraksiyon pörözitesi,

II. Mikropörözite.

2. Gazlar nedeniyle oluşan

I. İğne deliği pörözitesi (pinhole),

II. Gaz sıkışmaları,

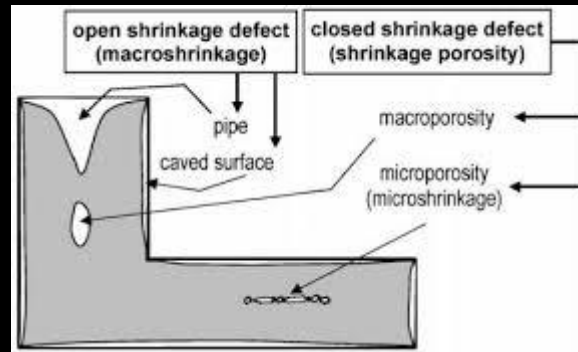
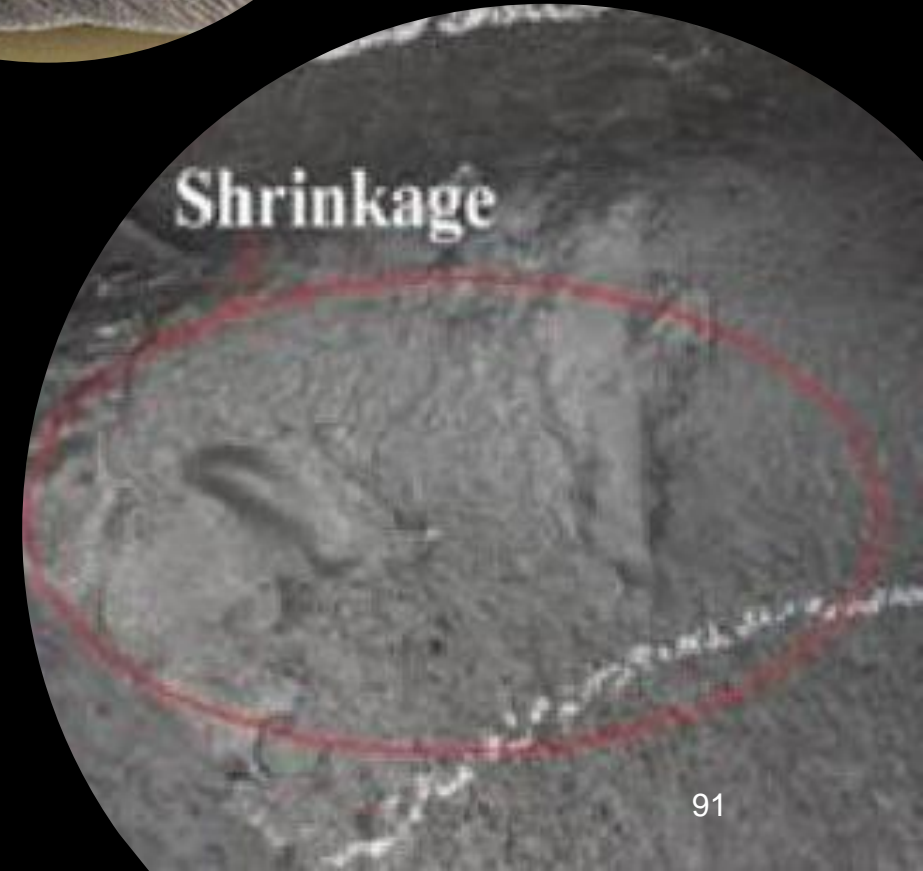
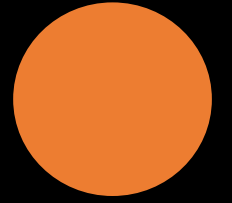
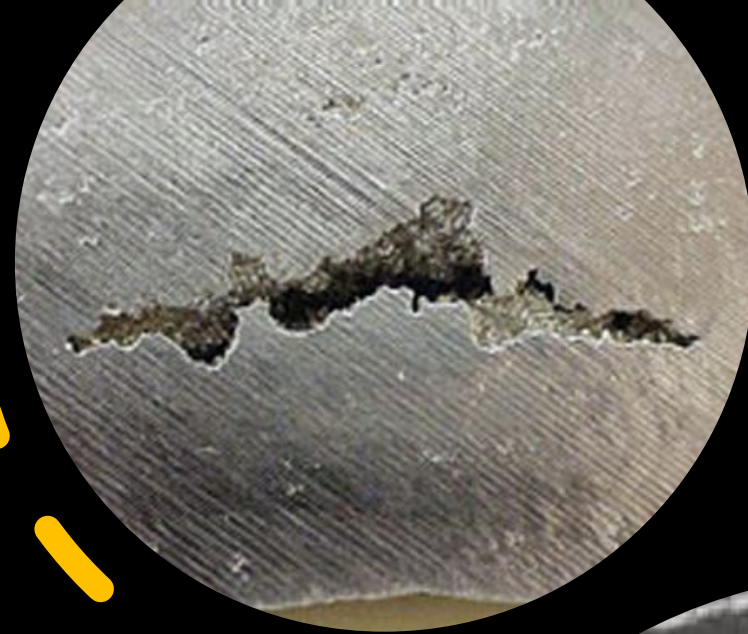
III. Yüzey altı pörözitesi.

Lokal Kontraksiyon Pörözitesi

- Çok uzun, ince ve rezervuarı olmayan tij kullanmak,
- Tij bağlantı bölgesinin soğuk olması,
- Yetersiz döküm metali.

Mikropörözite

- Revetmanın yeterince ısıtılmaması.



İğne Deliği Pörözitesi

- ☹ Erimiş metalin oksijen ve hidrojen gazı absorbe etmesi.
- ▶ Yüksek ısının kullanıldığı dökümlerde.

Yüzeyaltı Pörözitesi

- ☹ Erimiş metalin aşırı yüksek ısıda ve süratle döküm boşluğuna itilmesi.

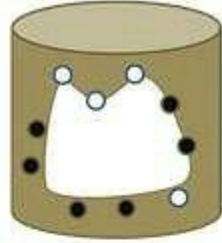
Gaz sıkışmaları

Metal içindeki mekanik olarak tutulan ve döküm sırasında manşet içine taşınan gazlar.

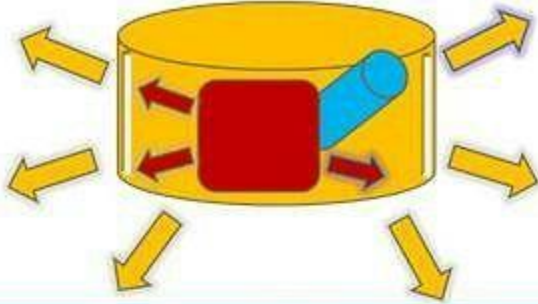
Surface roughness



Irregularity



Distortion



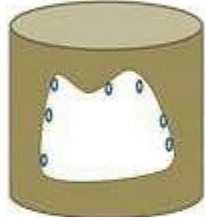
Nodule



Water film



Subsurface



Defects in Casting

Fins, Spines & Flakes



Back-pressure

Distortion

Incomplete casting

Gas inclusion



Surface roughness and irregularities

Incorrect heating



Porosity

Incomplete and missing detail

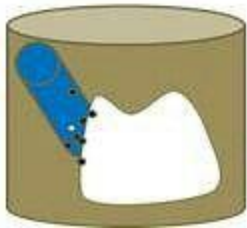
Pinhole



Microporosity



Localized shrinkage



Foreign bodies



Improper composition



Incorrect pressure

