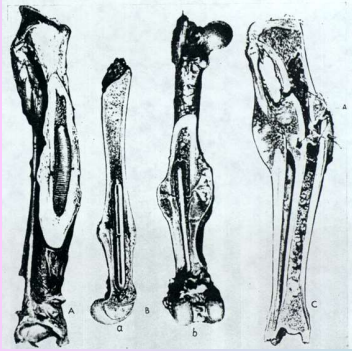


## Joseph Lister

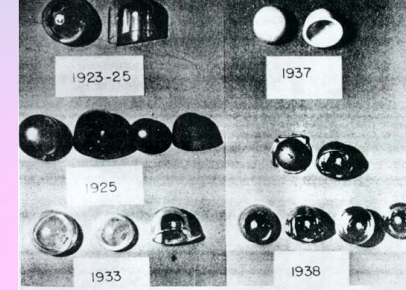


<http://history.amedd.army.mil/books/docs/misc/evprev/fig23.jpg>



Charles O. Bechtol, A. B. Ferguson, and Patrick G. Laing, *Metals and Engineering in Bone and Joint Surgery*, Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1959.

## Cam, Viscaloid, Pyrex, Bakelit ve Vitalyum kullanılarak yapılan eklemler üzerine ameliyat kalıpları



P. G. Laing, *Clinical Experience with Prosthetic Materials: Historical Perspectives, Current Problems, and Future Directions*, in *Corrosion and Degradation of Implant Materials ASTM STP 684*, ASTM, West Conshohocken, 1979.

## İlk protezler



Raymond G. Tronzo, *Surgery of the Hip Joint*, Lea and Febiger, Philadelphia, 1973.

## En çok kullanılan metalik biyomalzemeler

- Paslanmaz çelik (316L)
- Co-Cr alaşımları
- Ti6Al4V
- Au-Ag-Cu-Pd alaşımları
- Amalgam (AgSnCuZnHg)
- Ni-Ti
- Titanyum

### Dezavantajları

- Biyouyumlulukları düşüktür (diğer bmlz.), Korozyona uğrayabilirler, Dokulara göre çok serttirler, Yüksek yoğunluğa sahiptirler, Alerjik doku reaksiyonlarına neden olabilecek metal iyonu salımı yapabilirler.

### Avantajları

- Kristal yapıya sahiptirler Sahip oldukları güçlü metalik bağlar nedeniyle üstün mekanik özellikler taşırlar.

- İki elementin yüksek konsantrasyonlarda katı çözelti oluşturması için, kafes sisteminin **aynı veya benzer** olması gerekir.
- Yüzde yüz katı eriyik oluşturmak için ise kafes sisteminin **aynı** olması gerekmektedir.



Örneğin; iskeletteki kırıkların tedavisinde kullanılan kemik plakaları



Örneğin; Diş implantları

- Titanyum ve titanyum alaşımları (iki veya birkaç maddenin muhtelif oranlarda beraberce eritilerek meydana getirilen karışım) , paslanmaz çelikler, altın ve kobalt gibi metal ve metal alaşımlarının biyomalzeme alanındaki gelişmelere katkısı büyüktür.
- Ortopedik uygulamalarda;
  - eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak,
  - yüz-çene cerrahisinde,
  - diş implantında,
  - kalp-damar cerrahisinde yapay kalp parçaları,
  - katater, vana ve kalp kapakçığı olarak kullanılmaktadır.

- Teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan biyomedikal cihazların üretiminde de metalik biyomalzemeler tercih edilmektedir.
- İnsan vücudunda kullanılmak üzere geliştirilen ilk metal 'Vanadyum eliği' olup, kemik kırıklarında plaka ve vida olarak kullanılmıştır.
- Vanadyum eliği;
  - % 0,7-1,4 Cr ve % 1,5-2,5 Vanadyum ihtiva eden elik.En önemli özelliği mukavemet ve elastikiyetini uzun zaman muhafaza etmesidir.

- Protez yapımında kullanılan
  - demir,
  - krom,
  - kobalt,
  - nikel,
  - titanyum,
  - tantal,
  - molibden,
  - niyobyum ve
  - tungsten
- gibi çok sayıda metal az miktarda kullanılmak koşuluyla canlı vücuduna uygunluk göstermektedir.
- Metal protezlerinin biyoyumluluğu, vücut içerisinde **korozyon** uğramalarıyla ilgilidir.

Metalik biyomalzemelerin kimyasal ve biyolojik özelliklerinin, insan vcundaki organ ve dokular arasında korozyon sonucu oluşabilecek reaksiyonları, insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Vücuttaki metalik bir implantta korozyon oluşursa, metaldeki elektronların akışı, iyonların oluşumu, temas da oldukları doku ve hücrelerde bir harabiyete sebep olur.

İnorganik korozyon reaksiyonları ile açığa çıkan metal iyonları **böbrek ve karaciğer** gibi organlara taşınır ve orada toplanırlar.

Buda çeşitli hastalıklara sebep olmakta ve zehirlilik limitinde artışa yol açmaktadır. Organik reaksiyon proteinleri ile bir metalin teması, metali çevreleyen dokuda alerjik iltihaplı reaksiyonlara sebep olmaktadır.

İltihaplı hücreler, hidrojen peroksit üretirler ve hidroksil radikaller, çevreleyen dokuda ağır harabiyete sebep olur.

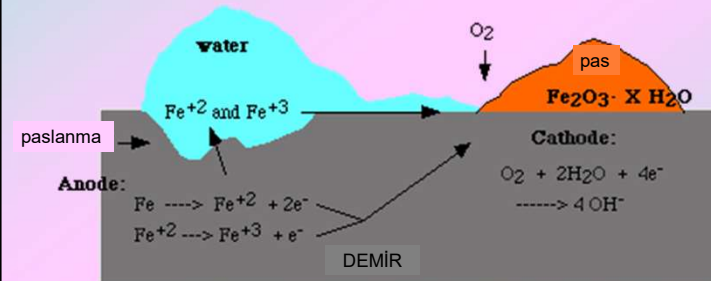


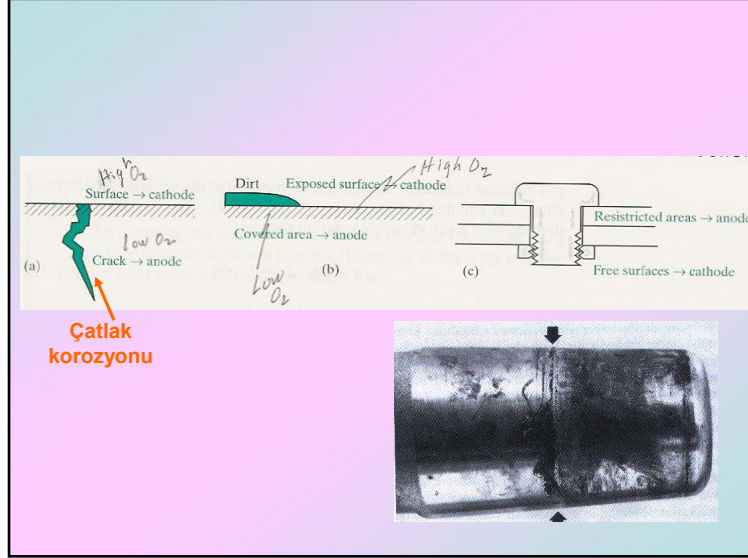
hücrelerde harabiyete sebep olur.

## Korozyon

- Korozyon metallerin çevreleriyle istenmeyen bir kimyasal reaksiyona girerek oksijen, hidroksit ve diğer başka bileşikler oluşturarak bozunmasıdır.
- İyonlaşma(asidik ortam veya indirgeyici ortam);  
 $M \rightarrow M^+ + e^-$
- Oksitleme;  $M + O_2 \rightarrow MO_2$
- Hidroksilleşme (bazik ortam);  
 $2M + O_2(aq) + 2H_2O \rightarrow 2M(OH)_2$
- Diğer anyon ve katyonlarla reaksiyon;  
 $MO_2^{2-} + HCl \rightarrow MOCl + OH^-$

## Meydana gelen korozyon





## Korozyon Çeşitleri

- Genel korozyon
- Galvanik korozyon
- Oyuklu (Çukurcuk) Korozyon
- Aralık Korozyonu
- Seçici Korozyon
- Taneler Arası Korozyon
- Gerilimli (Gerilmeli) Korozyon
- Kazımalı Korozyon

### 1) Genel korozyon;

Geniş bir yüzeyin her yanında kimyasal tepkimeyle metal yüzeyi her yönde aynı biçimde aşınır. Bu yüzden genel korozyona homojen dağılımlı **korozyon** da denir.



## 2) Galvanik Korozyon;

Basit olarak **benzer olmayan metal korozyonu** diye bilinmektedir.

Bu tür bir bozunma beklenmeyen yerlerde ortaya çıkar ve sık sık en tehlikeli sonuçlar oluşturur.

Aynı elektrolitik ortamda birlikte bulunan metallerin arasında oluşan akımdan dolayı bir korozyon meydana gelir.



İki metal arasında galvanik akımın nasıl oluşacağını ve metallerin temasları halinde hangi metalin aşınacağı metallerin '**Galvanik Serisi**'nden bulunabilir.

Bu, galvanik koroze etme eğilimlerine göre düzenlenmiş temel metal ve alaşımların listesidir.

Tablo 1. Metallerin elektrot potansiyelleri (Galvanik Seri)

Metalsiyonları	Potansiyel fark (Volt)
Li	+2,96
K	+2,92
Ca	+2,90
Na	+2,71
Mg	+2,40
Al	+1,70
Zn	+0,76
Cr	+0,56
Fe <sup>++</sup>	+0,44
Ni	+0,23
Sn	+0,14
Pb	+0,12
Fe <sup>+</sup>	+0,045
H	0,0 (Referans)
Cu <sup>++</sup>	-0,34
Cu <sup>+</sup>	-0,47
Ag	-0,80
Pt	-0,86
Au (Soy)	-1,50

### 3) Oyuklu (Çukurcuk) Korozyon;

Korozyon olayının çok dar-bölgeler üzerinde yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan korozyon türüdür.

Toplam metal kaybı homojen dağılımlı korozyonun aksine çok küçüktür. Ancak parçalar kısa zamanda delinerek kullanılmaz hale gelirler.

- Çukurcuk diplerinde oluşan mekanik gerilim yoğunlaşması dayanım kaybı yanında korozyonlu yorulma ve gerilimli korozyon olarak bilinen çatlatma olaylarını başlatabilir.



### 4) Aralık Korozyonu;

Korozif ortamda bulunan metallerin yüzeyindeki yarıklar, aralıklar içinde oluşan korozyon tipidir.

Bu tip korozyon ısı izolasyonu bağlantılarında kullanılan conta yüzeylerinde, yüzeyde kalan birikintilerde, civata ve perçin başlarının altındaki aralıklarda gözlenebilmektedir.



### 5) Seçici Korozyon;

Korozyonun alaşımlarda belirli bir metal veya belirli bir faz üzerinde yoğunlaşarak öncelikle çözünmeleriyle sonuçlanması olayıdır. Örn. Altın-Gümüş alaşımının nitrik asitteki reaksiyonu.

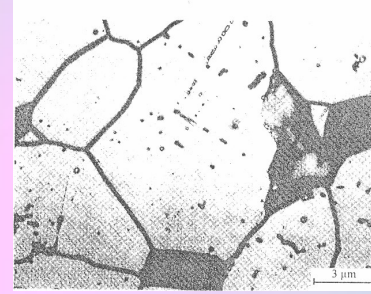


### 6) Taneler Arası Korozyon;

Korozyon olayının malzemenin tane sınırlarına yakın bölgelerinde yoğunlaşması sonucunda ortaya çıkan bir bozunma türüdür.

Bu korozyon, metal veya alaşımların tane sınırlarıyla diğer bölgeleri arasında bir gerilim farkının meydana gelmesi durumunda ortaya çıkar.

Kaynar durumdaki sülfat-sülfürik asit çözeltisinde tutulan bir paslanmaz çelikte meydana gelen taneler arası korozyonun görünümü

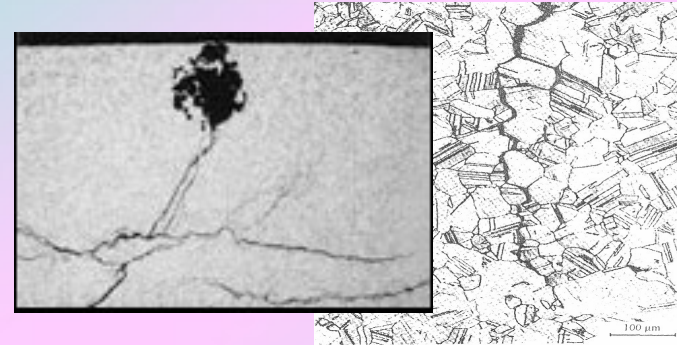


### 7) Gerilimli (Gerilmeli) Korozyon;

Gerilmeli korozyon, korozif ortamda bulunan korozyona duyarlı malzemelerde çekme gerilmesi etkisiyle çatlak oluşması ve ilerlemesi şeklinde meydana gelen bir olaydır.

Parçanın kesiti uygulanan yükü taşıyamayacak duruma geldiğinde ani kopma meydana gelir.

Pirinç malzemede meydana gelen gerilmeli korozyon çatlaklarının görünümü



### 8) Kazımalı Korozyon;

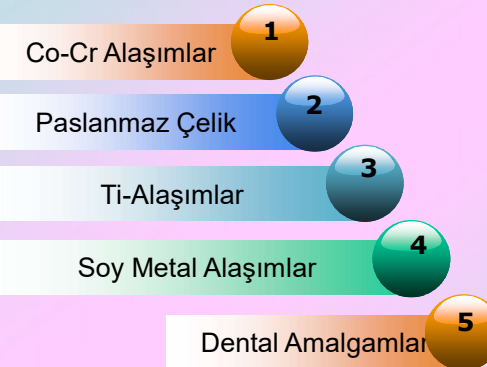
Yeterli yük altında birbirleri üzerinde ileri geri hareket eden metal yüzeylerde görülen bozunma türüdür.

Başlangıçta parçaların teması yüzeylerin çıkıntılı kısımlarının birbirlerine değmesi ile sağlanır.

- Yüksek gerilim altında birbiriyle kaynayan sivri uçlar parçaların kayma hareketi sırasında kazınırlar ve ara yüzeye giren havanın oksijeni ile oksitlenirler.
- Bunlar genellikle serttir ve kazıyıcı ortam olarak etkilidirler.

- Malzeme, korozyon sonucunda zayıflar, daha da önemlisi korozyon ürünleri doku içerisine girerek hücrelere zarar verebilirler.
- Bu yüzden in-vivo kullanılacak metal protezlerin, serum, tükürük veya farklı sentetik tampon çözeltiler içinde test edilmeleri gereklidir.

- *In vitro*: Hücre ve doku kültürlerinde gerçekleştirilen deneyler (canlı organizma dışında).
- *In vivo*: Vücuda doğrudan temasla yapılan deneyler (göz içi, ağız gibi).
- *In situ*: Hücre içinde yapılan deneyler (canlı organizma içinde).



## Çelikler

- Alaşimsız ve az alaşımlı çelikler korozyon etkilere dayanıklı değildir.
- Demir, karbon, silisyum, mangan ve az miktarda fosfor ve kükürttten oluşan çelik **karbon çeliği (alaşimsız çelik)** olarak adlandırılır.

- %1'den daha düşük karbon içeriğine sahip ve diğer metaller ve ametalleri de içerecek şekilde hazırlanan çelik ise **alaşımlı çelik** olarak isimlendirilir.
- Bileşimlerinde **en az % 10,5 Cr** bulunanlarsa yüzeylerine kuvvetle bağlanan yoğun tok ve çok ince bir kromoksit tabakası nedeniyle pasifleşerek korozyona dayanıklı hale gelir.

- Bu tip yüksek alaşımlı çelikler **"Paslanmaz çelikler"** olarak tanımlanmaktadır.
- Paslanmaz çelikler **normal atmosfer şartlarına ve suya dayanıklıdır**. Asitli ve korozyon ortamlara dayanım da bu çeliklerin büyük bir bölümünde iyidir.

- Bu gruptaki çelikler, karbon çeliğine göre daha pahalıdır ve işlenmeleri de daha zordur.
- Ancak, korozyon ve ısı dirençleri çok daha yüksektir.
- Alaşımlı çelikler;
  - alüminyum, krom, nikel, kobalt, bakır, mangan, molibden, fosfor, silisyum, kükürt, titanyum, tungsten ve vanadyum içerebilirler.

- Alaşım elementleri, çeliklere ya yeni değişik özellikler kazandırmak veya var olan özellikleri geliştirmek gayesi ile katılırlar.
- Alaşım elementlerinin hem tek tek etkileri ve hem de başka elementler ile birlikte etkileri değerlendirilerek alaşım dizaynı yapılmalıdır.

- Alaşım elementlerinin çeliklere sağladıkları avantajlar şunlardır:

- Sertleşme kabiliyetini artırır,
- Olağan sıcaklıklarda mukavemeti iyileştirir,
- Düşük ve yüksek sıcaklıklardaki mekanik özellikleri iyileştirir,
- Sertlik/mukavemet ve tokluk arasındaki optimizasyona yardımcı olurlar,
- Aşınma direncini artırır,
- Korozyon direncini artırır,
- Manyetik özellikleri düzeltir.

- **Karbon**
- Karbon ,çelikte bulunan ana elementtir.
- Karbon, demirle katı çözeltili yaparak **mukavemet ve sertliği artırdığı** gibi, kuvvetli karbürler oluşturarak **aşınma direncini de artırır**.
- Katı çözeltili halindeki karbon, çeliğin sertliğini en fazla artıran elementtir.Sade karbonlu çeliklerde, denge şartlarında, %0,6 C içeriğine kadar sertlik yükselir.

- **Krom (Cr)**
- Kromun oksijene karşı olan ilgisi demirden fazla olduğu için mevcut oksijenle kendisi birleşerek 20-30 nm kalınlığında pasif  $Cr_2O_3$  tabakası oluşturur.
- Ancak paslanmaz çeliklerde krom karbür oluşumu sonucunda kafes içindeki krom oranı düşer ve dolayısıyla korozyona karşı dayanım özelliği ortadan kalkar.
- Bu nedenle çelikte yükselen C oranı ile ya Cr oranı artırılır yada krom'a göre karbür yapma eğilimi daha fazla olan alaşım elementleri (Nb, Ta, Ti) çeliğe ilave edilir.

- Oluşan  $Cr_2O_3$  tabakası yüzeyi tamamen kaplamalıdır. Aksi takdirde korozif ortamlarda termal korozyon, korozyon pili oluşumu desteklenir.
- Paslanmazlık açısından çelikte herhangi bir şekilde kimyasal olarak ( $Cr_2O_3$ ,  $Cr_2N$ ,  $Cr_{23}C_6$ ,  $Cr_7C_3$  gibi) bağlanmış kromun etkinliği kalmamıştır.
- Cr aynı zamanda çeliğin **yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerini korumasını** da sağlar.

### • **Manganez (Mn)**

- Her tür çelikte bulunan bir elementtir.
- Çeliğe ergitme prosesleri sırasında **oksijen tutucu olarak** katılır.
- Karbon çeliklerinde, manganez miktarının üst sınırı %0,8-1,0 olarak gösterilmektedir.
- Fazla bulunması halinde, çelik, mangan alaşımli çelik olarak kabul edilir.

- Sertliğe paralel olarak mukavemet de artar; fakat süneklik (bir malzemenin plastik olarak deforme olabilme kabiliyetidir), dövülebilirlik ve kaynak kabiliyeti azalır(kaynak özellikleri %0,25 C üzerinde kötüleşir).
- Karbon, demirle katı çözeltili yapılarak mukavemet ve sertliği artırdığı gibi, kuvvetli karbürler oluşturarak aşınma direncini de artırır.

- Manganezin asıl katı çözeltili sertleştiricisi olarak kullanılır.
- Bu durumda, manganez çeliğin mukavemetinde önemli bir artışa sebep olur; süneklik bir miktar azalır.
- Manganezin çeliğin mukavemetinde sağladığı artış, çeliğin karbon içeriği ile doğru orantılıdır.
- Manganez, sertleşme kabiliyetini artırır; kaynak edilme özelliğini iyileştirir ve korozyon özelliklerini geliştirir.

- **Silisyum (Si)**

- Silisyum, çeliklerin **mukavemetini ve özgül ağırlığını artırır.**
- Silisyum katı çözeltili sertleştirmesi yaparak mukavemeti çok artırır.
- Düşük silisyum miktarlarında mukavemet artışı problem oluşturmaz; fakat yüksek silisyum miktarları çeliğin gevrekleşmesine yol açar.

- Yüksek sıcaklıklardaki oksidasyon(tufalleşme) direncini de arttırdığı için, bu alanlarda kullanılacak çeliklerde (ısı dirençli çelikler) silisyum bulunur veya silisyumla kaplanmış çelikler kullanılır.
- Silisyum, alaşım elementi olarak tek başına kullanılmaz; Mn,Mo,Cr gibi alaşım elementleri ile kullanıldığında derin sertleşebilirlik sağlar. Silisyum miktarı arttıkça, çeliğin dövülebilirliği azalır.

- **Molibden (Mo)**

- Karbür oluşumuna kromdan daha yatkın bir elementtir.
- **Aşınma dayanıklılığı, ısıya dayanıklılık, kesme yeteneğini** düzeltme gibi özelliklerin arandığı yerlerde molibden alaşımlı çeliklerden söz edilir.
- Aynı zamanda wolframlı, vanadyumlu ve nikelli çeliklerde katkı elemanı olarak molibden kullanılır.

- Korozyona dayanıklı krom nikelli çeliklerde sülfürik asitlere karşı dayanıklılığı yine molibden artırır.
- Çeliğe yüksek miktarlarda molibden katıldığında dövülme oldukça güçleşir.

- **Vanadyum (V)**

- Çelikte karbür bileşiği oluşturması sebebi ile malzemenin **ısıya dayanıklılığını** artırır.
- Vanadyumlu çelikler aşınmaya karşı üstün dayanımlıdırlar böylece malzeme uzun süre kullanılsa da aşınmaya karşı oldukça dayanıklıdır (böylelikle kesici uçların uzun süre kesici kalmalarını sağlar).

- **Wolfram (Tungsten, W)**

- Takım çeliklerinin en önemli alaşım metalidir. Esas etki alaşım elemanları ile birlikte kullanıldığında **çeliğin yapısında karbür oluşturmasından** kaynaklanır.
- Çeliğin karbür oluşturması uzun süre **yüksek sıcaklıkta çalışmasını** ve kesici uçların uzun süre **körelmemesini** sağlar.
- Ayrıca **aşınmaya karşı dayanımları** da artar.

- **Titanyum (Ti) Niyobyum (Nb) Tantal (Ta)**

- Karbon oranına bağlı olarak yüksek oranlarda krom nikelli çeliklere katılır böylece **korozyon** engellenebilir.

- **Bakır (Cu)**

- Hemen her alaşımında %0,15 oranında bakır mevcuttur.
- Eğer bakır oranı isteğe bağlı olarak yukarılara çıkartılırsa **açık havada paslanmayı azaltır**.
- Ayrıca çeliğe bakır katıldığında **asitlere karşı** özellikle sülfürik aside karşı **dayanımı** artar.

- **Nikel (Ni)**
- Ender durumlarda tek başına katık metali olarak kullanılır ekseriye kromla birlikte kullanılır.
- Yine kromla birlikte çeliğe katıldığında **sertleşmeye ve ısıya dayanıklılığı** sağlar.
- Korozyona dayanıklılığı ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı nikel krom katınca meydana gelir.

## Paslanmaz Çelik

- **F138-97** (316LVM) Wrought 18 Chromium-14 Nickel-2.5 Molybdenum Stainless Steel
- **F139-96** Wrought 18 Chromium-14 Nickel-2.5 Molybdenum Stainless Steel
- **F621-97** Stainless Steel
- **F745-95** 18 Chromium-12.5 Nickel-2.5 Molybdenum Stainless Steel
- **F899-95** Stainless Steel
- **F1314-95** Wrought Nitrogen Strengthened-22 Chromium-12.5 Nickel-5 Manganese-2.5 Molybdenum Stainless Steel
- **F1350-91(1996)** Wrought 18 Chromium-14 Nickel-2.5 Molybdenum Stainless Steel
- **F1586-95** Wrought Nitrogen Strengthened-21 Chromium-10 Nickel-3 Manganese-2.5 Molybdenum Stainless Steel

10/30/2020

62

## Paslanmaz çeliğin medikal amaçlı kullanımı

- **316L**

- Fe 60-65 wt%
- Cr 17-19 wt %
- Ni 12-14 wt%

C içeriği 0.03 wt% düşürülerek in vivo korozyona dayanıklılık artırılmış olmaktadır. Çünkü karbid oluşumu ( $Cr_{23}C_6$ ) yüzeydeki oksitlenmeyi bozmaktadır.



Table 3.2 Composition of austenitic stainless steels (balance % iron)\*

AISI	%C	%Cr	%Ni	%Mn	% other elements
301	0.15	16-18	6-8	2.0	1.0 Si
304	0.07	17-19	8-11	2.0	1-Si
316, 18-8sMo	0.07	16-18	10-14	2.0	2-3 Mo, 1.0 Si
316L	0.03	16-18	10-14	2.0	2-3 Mo, 0.75 Si
430 F	0.08	16-18	1.0-1.5	1.5	1.0 Si, 0-6 Mo

\*Adapted from ASTM, 13.01 (2000)

## Kobalt Alaşımları

- Biyomalzeme olarak kullanılan iki tip kobalt-krom alaşımı vardır.

1. CoCrMo
2. CoNiCrMo

CoCrMo alaşımları dişçilik ve yeni geliştirilen yapay eklemlerde kullanılmaktadır.



## Cobalt Alaşımları

- [F75-98](#) Cobalt-28 Chromium-6 Molybdenum Casting Alloy
- [F90-97](#) Wrought Cobalt-Chromium-15T Tungsten-10 Nickel Alloy
- [F562-00](#) Wrought Cobalt-35 Nickel-20 Chromium-10 Molybdenum Alloy
- [F563-95](#) Wrought Cobalt-Nickel-Chromium-Molybdenum-Tungsten-Iron Alloy
- [F688-95](#) Wrought Cobalt-35 Nickel-20 Chromium-10 Molybdenum Alloy
- [F799-99](#) Cobalt-28 Chromium-6 Molybdenum Alloy
- [F961-96](#) Cobalt-35 Nickel-20 Chromium-10 Molybdenum Alloy
- [F1058-97](#) Wrought Cobalt-Chromium-Nickel-Molybdenum-Iron Alloy
- [F1091-97\(1996\)](#) Wrought Cobalt-20 Chromium-15 Tungsten-10 Nickel Alloy
- [F1377-98a](#) Cobalt-28 Chromium-6 Molybdenum Powder
- [F1466-99](#) Iron-Nickel-Cobalt Alloys
- [F1537-00](#) Wrought Cobalt-28-Chromium-6-Molybdenum Alloy

10/30/2020

65

- CoNiCrMo alaşımları ise CoCrMo alaşımlarına nazaran daha ağır yükler taşıyan, kalça ve diz eklemlerinde protez sapı malzemesi olarak kullanılmaktadır.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), CoCr alaşımlarını cerrahideki uygulamalarına göre 4 çeşit gruba ayırmıştır.

- Bunlar;
  - CoCrMo (F75)
  - CoCrWNi (F90)
  - CoNiCrMo (F562)
  - CoNiCrMoWFe (F563)alaşımlarıdır.

## CoCr alaşımlarının kimyasal bileşimi

İMPLANT ELEMENT	CoCrMo (F75)		CoCrWNi (F90)		CoCrMo (F562)		CoNiCrMoWFe (563)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Cr	27,0	30,0	19,0	21,0	19,0	21,0	18,00	22,00
Mo	5,0	7,0	-----	-----	9,0	10,5	3,00	4,00
Ni	-----	2,5	9,0	11,0	33,0	37,0	15,00	25,00
Fe	-----	0,75	-----	3,0	-----	1,0	4,00	6,00
C	-----	0,35	0,05	0,15	-----	0,025	-----	0,05
Si	-----	1,00	-----	1,00	-----	0,15	-----	0,50
Mn	-----	1,00	-----	2,00	-----	0,15	-----	1,00
W	-----	-----	14,0	16,0	-----	-----	3,00	4,00
P	-----	-----	-----	-----	-----	0,015	-----	-----
S	-----	-----	-----	-----	-----	0,010	-----	0,010
Ti	-----	-----	-----	-----	-----	1,0	0,50	3,50
Co	SABİT							

- CoCr alaşımlarında alaşımın çözeltilere karşı olan **korozyonunu** %65 Co **engellemektedir**.
- Mo ilavesiyle, malzemenin yapısındaki tanelerde küçölme olduğundan dolayı malzemenin **mekanik özelliklerinin iyileştiği** görölmüştür.

- Cr miktarının artırılması alaşımın katı çözeltilere karşı olan korozyon dayanımını daha da arttırmaktadır.
- CoNiCrMo (F562) çelik standartlarına göre yaklaşık olarak %35 Co ve %35 Ni içerir.
- Bu alaşımın Cl iyonları bulunduran deniz suyuna karşı olan korozyon dayanımı oldukça yüksektir.

## Titanyum Alaşımları

- **Saf Ti ve Ti6Al4V**

Titanyum 1930'dan beri biyomalzeme olarak kullanılmaktadır. Titanyum paslanmaz çelik ve vitalyuma (CoCrMo alaşımı) göre daha hafiftir. Titanyumun, mekanik ve kimyasal özelliklerinin iyi olmasının yanında hafif oluşu biyomalzeme uygulamaları için önemli özelliklerindedir.

## Titanium Alloys

- **F67-00** Alaşımlanmamış Titanyum  
**F136-98e1** İşlenmemiş Titanyum 6-Aluminum 4-Vanadium ELI Alloy  
**F620-00** Alpha Plus Beta Titanyum Alloy Forgings  
**F1108-97a** Ti6Al4V Alloy Castings  
**F1295-97a** İşlenmemiş Titanyum 6-Aluminum7-Niobium Alloy  
**F1341-99** Alaşımlanmamış Titanyum Wire  
**F1472-99** İşlenmemiş Titanyum 6-Aluminum 4-Vanadium Alloy  
**F1580-95** Titanyum ve Titanyum 6-Aluminum 4-Vanadium Alloy Powders  
**F1713-96** İşlenmemiş Titanyum 13-Niobium 13-Zirconium Alloy  
**F1813-97e1** İşlenmemiş Titanyum 12-Molybdenum 6-Zirconium 2-Iron Alloy

- Titanyumun;

- inert özellikte olması,
- nontoksik yapısı,
- mekanik özelliklerinin iyi oluşu,
- rahatlıkla küçük boyutlu numunelerin üretilebilmesi,
- biyouyumluluğunun yüksek olması,
- korozyona karşı dirençli olması,
- elastisite modülünün kemiğinkine çok yakın olması

gibi özellikleri, titanyumun **ortopedik uygulamalarda** biyomalzeme olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

## İmplant malzeme olarak kullanılan titanyum ve alaşımları kimyasal bileşimleri



İMPLANT	1. Kalite	2. Kalite	3. Kalite	4. Kalite	Ti6Al4V <sup>a</sup>
<b>ELEMENT</b>					
Nitrojen	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
Karbon	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08
Hidrojen	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0125
Demir	0,20	0,30	0,30	0,50	0,25
Oksijen	0,18	0,25	0,35	0,40	0,13
Titanyum	SABİT				

<sup>a</sup> %6 Alüminyum (5,50-6,50); %4,00 Vanadyum (3,50-4,50); ve diğer elementlerin her birinden max. %0,1 toplam % 0,4

- Titanyum,

- hafif olması,
- kimyasallar ve asitlerden etkilenmemesi,
- iyi korozyon direncinin olması,
- dokuda alerjik reaksiyon oluşturmaması,
- renk değiştirmemesi,
- tuzlu sudan etkilenmemesi,
- yüksek güç ve düşük yoğunluk gibi

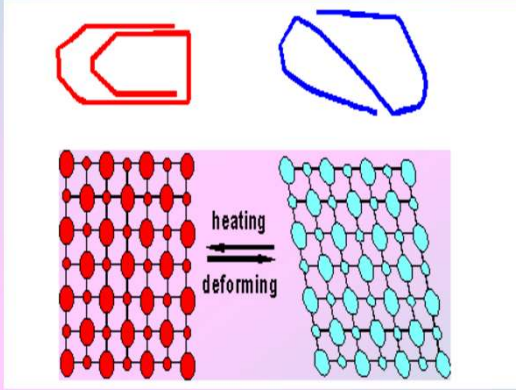
özelliklere sahip olması sebebiyle, her ne kadar işleme teknolojisi pahalı olsada, Havacılık, uzay, uçak, tıp (kalça ve diz implantları, kalp valfi, diş dolgu maddesi, vs.), el aletleri ve hatta golf sopasına kadar pek çok yerde kullanılmaktadır.

- **TiNi Alaşımları**

Bu alaşımlar ısıtıldıklarında ilk şekillerine dönebilme yeteneğine sahiptirler. Bu özelliğe **şekil hafıza özelliği** denmektedir. (Shape Memory Alloys)

Şekil hafıza etkisi, biyomalzeme uygulamalarında; diş köprülerinde, kafatası içerisindeki damar bağlantılarında, yapay kalp için kaslarda ve ortopedik protezlerde kullanılmaktadır.

## Shape memory alloy (SMA)



- TiNi alaşımları insan vücutunda yapay olarak, **sert dokuların cerrahi aşılamalarında** kullanılmaktadır.
- Nikel ve titanyumdan (%49/51 Ni) oluşan deformasyon sonrası sıcaklığa bağlı olarak Şekil hafıza özelliği gösteren alaşıma **Nitinol** denir.
- Alaşım oranı ağırlıkça %49/51Ni oranlarında hazırlanan bu alaşım 1310°C'de sıvı hale ulaşmaktadır.

## Dental implant-Nitinol



## Altın

- Altın ve altın alaşımları **kararlılık, korozyon direnci ve uzun ömürlü** oluşlarından dolayı diş tedavisi açısından yararlı metallerdir.



- Altın alaşımları saf altına göre daha iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Bu alaşımların %75 veya daha fazlası altın geri kalanı ise soy metallerden oluşmaktadır.
- Bakır ilavesi **dayanımı** artırır. Platinde aynı etkiyi gösterir. Ancak %4'den fazla ilave edilirse erime noktası arttığı için işlenmesi zorlaşmaktadır.

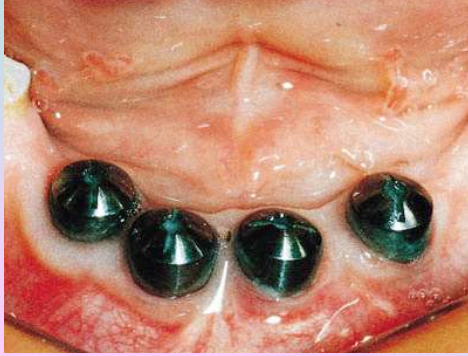
- Az miktarda çinko ilavesiyle **erime sıcaklığı düşürülür**. %83'ten fazla altın içeren yumuşak alaşımlar fazla yük altında kalmayacak şekilde dolgu malzemesi olarak kullanılırlar.
- Daha az altın içeren alaşımlar ise daha serttir ve yüke karşı dayanımları daha yüksektir. Bu nedenle kaplama malzemesi olarak kullanılırlar.

## Dental Alaşımlar

*Altın-Gümüş alaşımı (Type III for crowns & bridges: e.g. 75%Au-11%Ag-9%Cu3.5%Pd)*

- 2.882 Å - Gold (Au) FCC : FCC (Ag) Silver - 2.888 Å
- 2.888 Å - Silver (Ag) FCC : FCC (Cu) Copper - 2.556 Å
- 2.888 Å - Silver (Ag) FCC : FCC (Sn) Tin - 3.016 Å

## Kemik içi implant

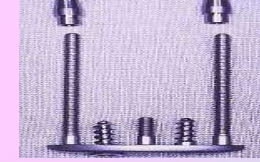


## İmplantların sınıflandırılması



SUBPERIOSTEAL İMPLANT

TRANSOSSEOUS İMPLANT



ENDOSSEOUS İMPLANT

10/3

86

## Dental Amalgam

- Amalgam; bakır, gümüş, kalay ve çinko'dan oluşan alaşımın civa ile karıştırılması sonucu hazırlanan sert ve dayanıklı bir malzemedir.
- Civa oda sıcaklığında sıvı fazda olur ve diğer metallerle reaksiyona girmesi sonucu, bir oyuk içini doldurulabilecek plastik kütle şeklini alır.
- Bu özelliğinden dolayı amalgam, diş dolgu maddesi olarak kullanılır.
  - 45 - 55% civa
  - 35 - 45% gümüş
  - 15% kalay



- Estetik olmaması ve civa içermesi, başlıca olumsuz özellikleridir.
- Son yıllarda amalgamın içerdiği civanın çevresel etkileri önem kazanmış ve civanın doğa için zararlı bir atık olmasından dolayı, birçok Avrupa ülkesinde amalgam kullanımı büyük ölçüde kısıtlanmıştır.