



# metalik malzemeler

## 8.10.2015

# alaşımli elikler

Her elik esasen bir Fe-C alaşımıdır.

Alaşımli elikler karbon dışında diğer alaşım elementlerinin kasıtlı olarak ve bir işlev sunmak üzere ilave edildikleri çeliklerdir.

Alaşımli elikler 2 gruba ayrılır:

Az alaşımli elikler: Low-alloy steels (alloy steels)

Yüksek alaşımli elikler: High alloy steels

2 grup arasında ayırım keyfi olmakla birlikte sınır: %8 alaşım.

Başlıca alaşım elementleri:

Mn (en yaygın), Ni, Cr, Mo, V, Si, B

Daha az olanlar:

Al, Co, Cu, Ce, Nb, Ti, W, Sn, Zn, Pb, Zr

# Neden alaşımlı çelikler?

Alaşımlı çeliklerde, sade karbonlu çeliklere göre daha

**yüksek**

**mukavemet**

**Sertlik**

**alaşım >%5: korozyon direnci**

**Tokluk**

**yüksek sıcaklık**

**aşınma direnci**

**dayanıklılığı**

**sertleşebilirlik**

**sıcak sertlik bulunur.**

Bu üstünlükler için ısıl işlem gerekebilir.

Alaşımlı çelikler,

Jet motorlarının türbin kanatçıklarında,

Uzay mekiği ve nükleer reaktör yapısal

uygulamaları gibi ağır şartlarda tercih edilir.

# alaşımlı çelikler

**Mn, Si veya Al sıvı**

çelikte çözünmüş oksijen,  
kükürt ve fosforu gidermek

**Mn, Si, Ni ve Cu**

ferritte katı eriyik  
sertleşmesi sağlamak

**Cr, V, Mo ve W**

ikincil karbürlerle çökeltme  
sertleşmesi

**Ni ve Cu (↓%)**

korozyona dayanıklılık

**Mo**

gevrekliği azaltmak

**Zr, Ce ve Ca**

kalıntı kontrolü ile tokluğu  
arttırmak

**S, Pb, Bi, Se ve Te**  
için kullanılır.

talaşlı imalat kabiliyeti

# alaşımli elikler

Alaşım elementleri ya katı eriyik, ya bileşik ya da karbür yaparlar.

Ni ferrit içinde kolayca çözüdür ve bileşik oluşturur ( $\text{Ni}_3\text{Al}$ ).

Al ferrit içinde çözüdür ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve AlN bileşiklerini oluşturur.

Si kolayca çözüdür ve  $\text{SiO}_2 \cdot \text{M}_x\text{O}_y$  bileşigi oluşturur.

Mn ferritte çözüdür ve  $\text{MnS}$ ,  $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{C}$  oluşturur.

Cr ferrit ve karbürler  $[(\text{Fe}, \text{Cr}_3)\text{C}$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6]$  arasında paylaşılır. Hangi karbür? %C ve diğer alaşım elementlerine bağlıdır.

# alaşımli elikler

- W ve Mo yeterli C var ve karbürleri daha kararlı Ti ve Nb gibi elementler yok ise  $W_2C$  ve  $Mo_2C$  karbürler yaparlar.
- V, Ti ve Nb gibi kuvvetli karbür yapıcı elementler karbür yaparlar.
- Alaşım elementleri aynı zamanda ötektoid sıcaklığı da etkilerler.
- Mn ve Ni ötektoid sıcaklığı düşürürler ve bu yüzden ostenit yapıcı olarak bilinirler. Bu elementler çokça bulunduğunda ostenit oda sıcaklığında bile korunabilir.
- Karbür yapıcı elementler ötektoid sıcaklığı yükseltirler ve ferrit yapıcı olarak bilinirler.

# Alaşım elementleri

**Mn:** Kükürtü bağlar ve gevrekliği önler!

>%1: sertleşebilirliği artırır.

%11-14: sertliği

sünekliği

deformasyon sertleşme

kapasitesini

aşınma direncini artırır.

Darbeye dayanıklı alet ve takımlar için ideal!

**S:** Gevreklik yapar. Mn varsa sorun olmaz.

Talaşlı imalat kabiliyetini artırır.

“free-machining” çelikler %0.08-0.15 S içerir.

Örnek: 11XX-kükürtlü çelik (free-cutting)



# Alaşım elementleri

**Ni** Mukavemet, kararlılık, tokluk verir.

Ni alaşım örnekleri:

30xx: %0.7 Ni, %0.7 Cr / 31xx: %1.25 Ni, %0.6 Cr

32xx: 1.75 Ni, %1.0 Cr / 33xx: %3.5, %1.5 Cr

**Cr** Genellikle <%2

Sertleşebilirliği ve mukavemeti arttırır.

Pasif oksit filmi ile korozyon direnci sağlar.

Tipik olarak Ni ve Mo ile birlikte kullanılır.

30XX: %0.7 Ni, %0.7 Cr / 5XXX: Cr elikleri

6XXX: Cr-V elikleri / 41XXX: Cr-Mo elikleri



# Alaşım elementleri

- Mo** genellikle  $< 0.3\%$   
Sertleşebilirliği ve mukavemeti arttırır.  
Mo-karbürler sürünme direncini arttırır.  
Sıcak iş takım çeliklerinde kullanılır.
- V** Genellikle  $0.03\% - 0.25\%$   
Mukavemeti arttırır. + sünekliliği düşürmeden
- W** Kararlı karbürler yapar.  
Kızıl sertliği arttırır.  
Takım çeliklerinde kullanılır.

# Alaşım elementleri

**Cu** 0.10% ile 0.50% kadar

Korozyon direncini arttırır.

Yüzey kalitesini ve sıcak deformasyon kabiliyetini düşürür.

Düşük karbonlu çelik saclarda ve yapısal çeliklerde kullanılır.

**Si** yaklaşık %2 kadar

Sünekliği düşürmeden mukavemeti arttırır.

Yumuşak manyetik özellikleri geliştirir.

# Alaşım elementleri

**B** Düşük karbonlu çeliklerde sertleşebilirliği aşırı şekilde arttırır.

Talaşlı imalat kabiliyetini ve soğuk çekil alabilirliği arttırır.

**Al** deoksidan

0.95% ile 1.30%

Nitrasyon sırasında Al-nitrür yapar.

# otomotiv elikleri

## Düşük mukavemetli çelikler

kalıntısız (interstitial-free) ve  
yumuşak (mild) elikler

## Yüksek mukavemetli elikler (HSS)

karbon-mangan  
bake hardenable ve  
HSLA elikler

## Yeni yüksek mukavemetli elikler (AHSS)

dual faz çelikleri  
transformation-induced plasticity,  
twinning-induced plasticity,  
ferritik-beynitik,  
kompleks faz and martensitik çelikler.

# otomotiv elikleri

Mukavemeti yüksek  
Őekillenebilirliđi yüksek  
hafif  
Koroyona dayanıklı  
Yüzey boya tutar- przly  
Kaynaklanabilirliği yeterli



olarak otomotiv endüstrisinde kullanılan sacların C% si genellikle 0.25% nin altında tutulur ve çekme muvemetini arttırmak için az miktarda alaşım kullanılır.

# otomotiv elikleri

Otomotive yönelik geliştirilen malzemeler genel olarak HSLA (High strength low alloy) olarak adlandırılır.

Bunlardan 6 mm den ince saclar ASTM A1008 ve A1008M spesifikasyonları ile 6 mm den kalın plakalar ise ASTM A656 ve A656M spesifikasyonları ile tanımlanmıştır.



# HSLA elikleri

- kimyasal bileşimden ziyade, mukavemet, tokluk, şekil verilebilirlik, kaynaklanabilirlik ve korozyon dayanıklılığı için tasarlanmış!
- az miktarda alaşım katkısı ile birlikte **kontrollü haddeme ve hızlandırılmış soğutma gibi kontrollü üretim prosesleri ile 345-620 MPa seviyelerine kadar (sade karbon çeliklerine göre yüksek) mukavemet!**
- HSLA eliklerinin geleneksel düşük karbon çeliklerine göre üstünlüğü yüksek mukavemet-ağırlık oranıdır.



# HSLA elikleri

- HSLA elikleri karbon çeliklerine göre daha iyi mekanik özellikler ve korozyon direnci sağlar.
- Şekil verilebilirlik ve kaynaklanabilirlik için C 0.05-0.25% aralığında tutulmuŐtur.
- %2'ye kadar Mn ve az miktarda Cu, Ni, Nb, N, V, Cr, Mo, Ti ve Zr bulunur.
- Cu, Ti, V ve Nb sertleştirme için ilave edilir.
- Bu elementler ferrit-perlitten oluŐan matris yerine ferrit içinde daęılmıŐ ince karbürlerden oluŐan bir yapı elde etmek için kullanılır.

# HSLA elikleri

- Böyle bir yapı perlitin tokluk düşürücü etkisini azaltırken tane yapısını küçölterek mukavemeti artırır.
- İnce dağımlı karbürlerle çökeltme sertleşmesi de sağlanır.
- Cu, Si, Ni, Cr ve P korozyon direncini artırır.
- Zr, Ca ve nadir toprak elementleri ile sülfid kalıntılarının morfolojileri iyileştirilir ve şekil alma kabiliyeti artırılır.
- Yüksek gerilmelere maruz kalan yapısal uygulamalar için uygundur.

# HSLA elikleri

Akma: 400-800 MPa

Çekme: 600-900 MPa

Uzama: %25

Nükleer taşıtlar, tesisler

Kimya sektörü ve

rafinerilerde yapısal

Basınçlı kaplar

Buhar jeneratörleri

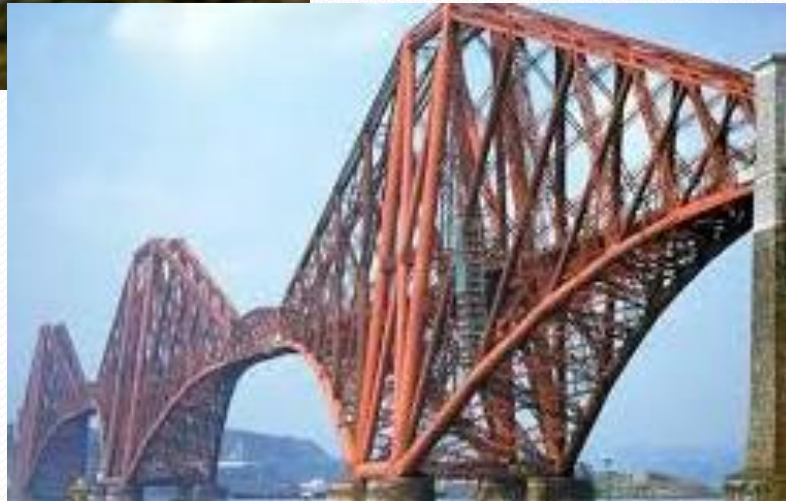
Krojenik tanklar



# HSLA elikleri



köprü ve bina inşaatı  
Atmosferik korozyona  
dayanıklısıdır ve bu sayede  
uzun ömürlüdüür.





# HSLA elikleri

Kaynaklı konstrüksiyonlar  
Gemi gövdesi  
Deniz platformları



# HSLA uygulamalar

Zırh çeliği  
Petrol ve doğal gaz  
boru hatları  
Madencilik ekipmanları  
İnşaat ve tarım  
makinaları



# HSLA elik rnekleri

AISI/SAE	UNS	Ni	Cr	Mo	other
40xx	G40xx0			0.20-0.30	
41xx	G41xx0		0.80-1.10	0.15-0.25	
43xx	G43xx0	1.65-2.00	0.40-0.90	0.20-0.30	
46xx	G46xx0	0.70-2.00		0.15-0.30	
48xx	G48xx0	3.25-3.75		0.20-0.30	
51xx	G51xx0		0.70-1.10		
61xx	G61xx0		0.50-1.10		0.10-0.15V
86xx	G86xx0	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	
92xx	G92xx0				1.80-2.20Si



# HSLA elikleri

- Aık hava elikleri
- Mikroalaşımlı ferrit-perlit elikleri
- Haddelenmiş perlitik elikler
- İğnesel ferrit (düşük karbonlu beynitik) eliler
- Dual faz elikleri
- Kalıntı şekil kontrollü elikler

# Açık hava çelikleri

korozif atmosferlerde çelik uygulaması için 2 seçenek var:

Sıradan çelik + yüzey kaplama (boyama, elektro kaplama veya anti-korozyon tabakası ile kaplama)  
Paslanmaz çelik veya açık hava çeliği kullanmak



Çeliğe atmosferik korozyon önleyici alaşım elementleri (**Cu**, Cr, P, Ni) ilave edilir!

İlk aşamada atmosfer çeliği de normal karbon çeliği gibi paslanacaktır; ancak 1 yıl kadar sonra paslanmış yüzey daha fazla paslanmaya izin vermeyen bir koruyucu görevi görecektir.

# Açık hava çelikleri

Açıkta boyanmadan iklim koşullarına direnç gösterebilen yapı çeliklerine “weathering steels” denir.

Çelik konstrüksiyon binalarda korozyona karşı boyanmadan direnç gösteren bu çelikler ASTM spesifikasyonlarında A 242, A588 olarak sınıflandırılırlar.



# Açık hava çelikleri



# Açık hava çelikleri

<b>kod</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>V</b>	<b>Ni</b>
Corten A	0.12	0.25- 0.75	0.20- 0.50	0.01- 0.20	0.03	0.50- 1.25	0.25- 0.55		0.65
Corten B	0.16	0.30- 0.50	0.80- 1.25	0.03	0.03	0.40- 0.65	0.25- 0.40	0.02- 0.10	0.40



# Mikroalaşımli elikler (HSLA)

- Sertleşme mekanizmaları: Çökeltme sertleşmesi + Tane boyutu kontrolü
- sıcak hadde eliğinde C ve Mn'ı arttırmadan yüksek mukavemet için Nb, V ve/veya Ti gibi karbür veya karbo-nitrür yapıcı elementlerden çok az seviyelerde ( $\leq 0.10\%$ ) ilave edilir.
- Yapı: ferrit+perlit
- Akma: ısıl işlemsiz 500-750 MPa
- Kaynaklanabilirlik iyi

# mikro alaşımlı çelikler:

- Vanadium-mikro alaşımlı çelikler
- Niobium-mikro alaşımlı çelikler
- Niobium-molybdenum çelikler
- Vanadium-niobium mikro alaşımlı çelikler
- Vanadium-nitrogen mikro alaşımlı çelikler
- Titanium-mikro alaşımlı çelikler
- Niobium-titanium mikro alaşımlı çelikler
- Vanadium-titanium mikro alaşımlı çelikler



# mikro alaşımlı çelikler

kod	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Cu	V
K11510	0.15	1.00	0.45	0.05	...	...	...	0.20 min	...
...	0.21	1.35(c)	0.04	0.05	0.30(c)	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.23	1.35(c)	0.04	0.05	0.30(c)	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.26	1.35(c)	0.04	0.05	0.30	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.23(c)	1.65(c)	0.04	0.05	0.30	...	...	0.20 min(d)	...
K11430	0.10-0.19	0.90-1.25	0.04	0.05	0.15-0.30	0.40-0.65	...	0.25-0.40	0.02-0.10
K12043	0.20	0.75-1.25	0.04	0.05	0.15-0.30	0.40-0.70	0.25-0.50	0.20-0.40	0.01-0.10
K11538	0.15	0.80-1.35	0.04	0.05	0.15-0.30	0.30-0.50	0.25-0.50	0.20-0.50	0.01-0.10
K11552	0.10-0.20	0.75-1.25	0.04	0.05	0.50-0.90	0.50-0.90	...	0.30	...
...	0.17	0.5-1.20	0.04	0.05	0.25-0.50	0.40-0.70	0.40	0.30-0.50	...
...	0.22	1.25	...	0.05	...	...	...	...	...
...	0.22	1.35	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.23	1.35	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.25	1.35	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.26	1.50	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.26	1.50	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.26	1.65	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(d)	...
...	0.15	1.00	0.15	0.05	...	...	...	0.20 min	...
...	0.20	1.35	0.04	0.05	...	...	...	0.20 min(f)	...
K12609	0.22	0.85-1.25	0.04	0.05	0.30	...	...	...	0.02 min
K12700	0.23	1.35	0.04	0.05	0.30	...	...	...	0.02 min
K01802	0.18	1.00-1.35	0.04	0.05	0.15-0.30	...	...	...	...
K12000	0.20	1.15-1.50	0.04	0.05	0.15-0.50	...	...	...	...
K02003	0.20	0.70-1.60(c)	0.04	0.05	0.15-0.50	0.25	0.25	0.35	...
K12202	0.22	1.15-1.50	0.04	0.05	0.15-0.50	...	...	...	0.04-0.11

Ayrıca, %0.X mertebesinde Nb, Zr, Mo, N

# mikro alaşımlı çelikler

kod	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Cu	V
...	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	...	...	...	0.08
...	0.18	1.65	0.025	0.035	0.60	...	...	...	0.005–0.15
K12249	0.22	0.60–0.90	0.08–0.15	0.05	0.10	...	0.40–0.75	0.50 min	...
...	0.23	1.35	0.04	0.05	0.40	...	...	...	...
...	0.23	1.35	0.04	0.05	0.40	...	...	...	0.01–0.15
...	0.23	1.35	0.04	0.05	0.40	...	...	...	(h)
...	0.23	1.35	0.04	0.05	0.40	...	...	...	(i)
...	0.15	1.65	0.025	0.035	...	...	...	...	Added as necessary
...	0.12	1.65	0.04	0.05 max or 0.010 max	0.15–0.50	...	...	...	0.10
...	0.23	1.40	0.035	0.04	0.15–0.50(j)	...	...	...	V + Nb = 0.02–0.15
...	0.23	1.50	0.035	0.04	0.15–0.50	0.35	...	...	V + Nb = 0.02–0.15
...	0.20	(k)	0.030	0.030	0.15–0.50	0.25	0.25	0.35	0.06
...	0.20	1.50	0.04	0.05	0.90	0.90	1.25	1.00	0.10

# haddelenmiş perlitik çelikler

Otomotiv uygulamaları için geliştirilmiş yassı çelikler

**Karbon-mangan çelikleri:**

Mukavemeti,

tokluğu,

şekil verilebilirliği ve

kaynaklanabilirliği arttırmak için

500-800 Mpa aralığında çekme mukavemeti

**az miktarda diğer alaşım elementleri içerebilirler.**

# iğnesel ferrit çelikleri

%0.05'den az karbon içeren çelikler

Az karbonlu beynitik çelikler de denir.

Akma mukavemeti 690 MPa'a kadar çıkar.

Birbirini kitleyen (interlocking) kaotik ferrit iğneleri çatlamayı yavaşlatır ve tokluğu arttırır.

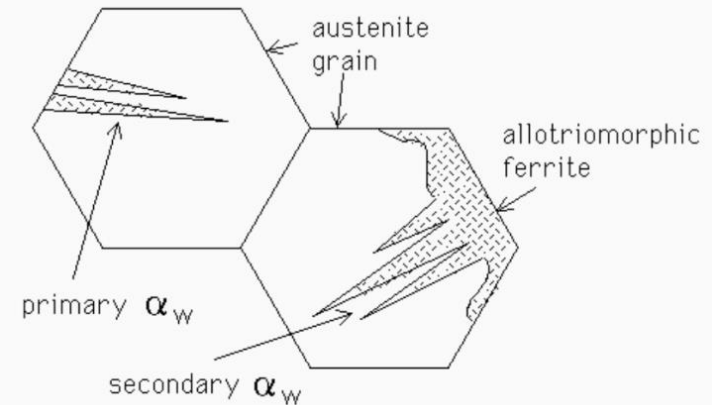
Oksit ve sülfid kalıntıları ferrit çekirdeklenmesinde rol oynar.

Mukavemet ,

kaynaklanabilirlik,

**tokluk** ve şekil verilebilirlik

üst düzeydedir.



# iğnesel ferrit çelikleri



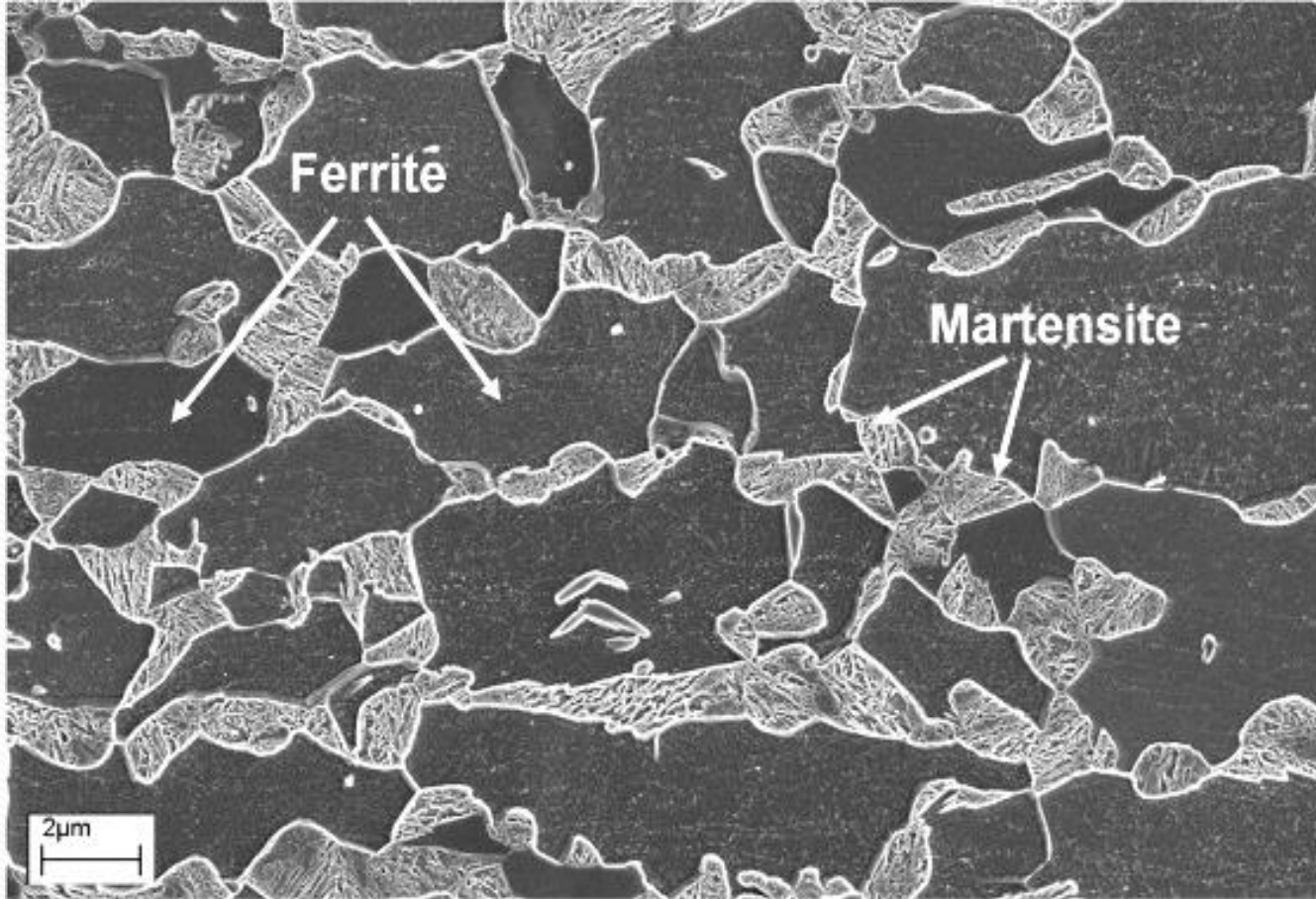
Boru hatlarında kullanımı yaygındır.

# Dual faz elikleri

- Tipik bileşim: 0.12 %C, 1.7 %Mn, 0.58 %Si, 0.04 %V
- Mikroyapı: ferritik matriste gömülü martensit adacıkları
- ~800 °C'de, **γ-α faz bölgesinde (A<sub>3</sub>-A<sub>1</sub> arasında)** ısıtıldıktan sonra su verilerek oluşturuluyor.
- Ferrit bu ısıl işlemde etkilenmezken ostenit taneleri martensite dönüşüyor.
- Daha sonra düşük sıcaklıkta temperleme ile süneklik artırılıyor.
- 415-900 MPa aralığında akma dayanımı ve mükemmel deformasyon sertleşmesi kapasitesi ile preslenerek üretilen otomobil gövde panelleri için ideal!



# Dual faz çelikleri-mikroyapı





# Dual faz elikleri

B sütunu

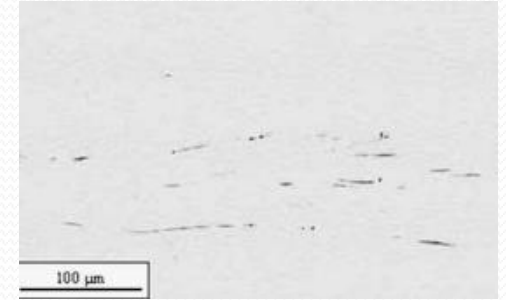


1.35mm kalınlıkta  
sactan imal edilen  
tampon



# Kalıntı Şekil kontrollü elikler

Ca, Zr, Mg, Ti ve nadir toprak elementleri ilave edilerek sülfit kalıntılarının uzun zincirlerden küçük dağınık küresel taneciklerine dönüŐtüđü, yüksek süneklik ve kesit boyunca yüksek tokluk sunan elikler.



Sıcak haddelenmiş eliklerde Mekanik özelliklerin yöne bağlılığını etkileyen faktörlerin başında Mn sülfit kalıntılarının hadde yönünde uzaması gelir. Mn sülfitler yerine daha kararlı ve ergime noktası daha yüksek ve orijinal küresel Őekillerini koruyan sülfitler oluşturmak için, örneğin %0.03-0.04 Ce ilavesi etkili!

# mikroyapılar

HSLA -- Dupleks tane yapısı



Nb ile sertleştirilmiş HSLA çeliği: dupleks tane boyut dağılımı. Mikroyapı: ferrit ve perlit. Dağlama önce 4% picral sonra 2% nital. 200X ve 500X.

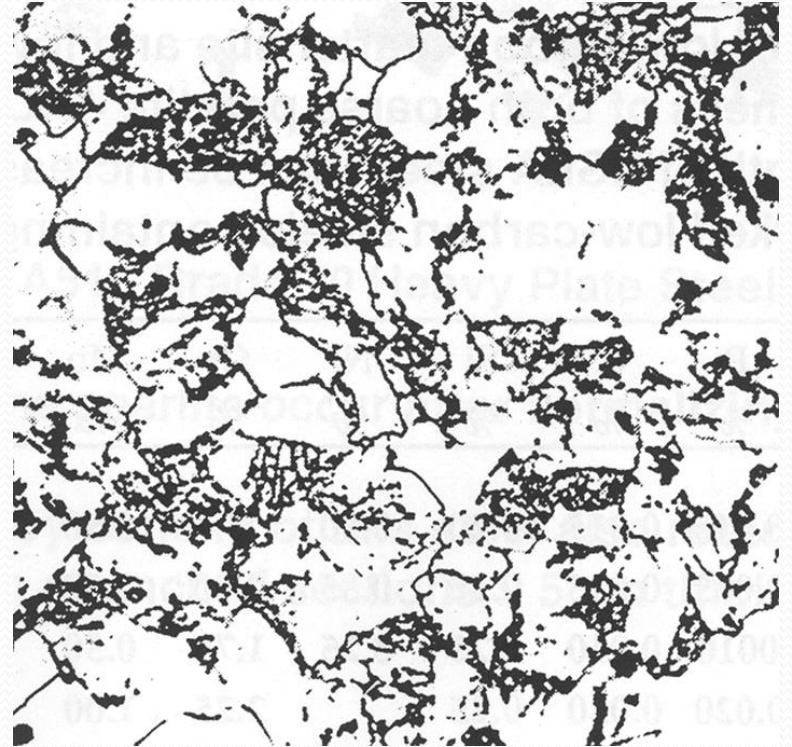
# mikroyapılar

A533 B kalite HSLA çelik

Su verme ile ferritin yanısıra bir miktar beyrit oluşması ve sertleşme kapasitesi için az miktarda Ni ve Mo içerir.

Temperleme ile tokluk arttırılırken sıcak işlenmiş karbonlu çeliklere denk sertlik elde edilir.

900 °C'den su verilmiş ve 620 °C'de temperlenmiş mikroyapı



# düşük karbonlu ve az alaşımlı yüksek mukavemet çelik kompozisyonları

gösteriliş		bileşim		
AISI/SAE #	UNS #	C	Mn	diğer
<b>düşük karbon çelikleri</b>				
1010	G10100	0.10	0.45	
1020	G10200	0.20	0.45	
<b>Yüksek mukavemet, az alaşımlı çelikler</b>				
A36	K02600	0.29	1.00	0.20 Cu (min)
A516 Grade 70	K02700	0.31	1.00	0.25 Si
A440	K12810	0.28	1.35	0.30Si (max), 0.20Cu (min)
A633 Grade E	K12002	0.22	1.35	0.30 Si, 0.08 V, 0.02 N, 0.03 Nb
A656 Grade 1	K11804	0.18	1.60	0.60 Si, 0.1 V, 0.20 Al,0.015 N

# Karbon ve az alaşımlı çelik örnekleri

AISI/SAE	UNS	Ni	Cr	Mo	diğer
10XX	G10XX0				
11XX	G11XX0				0.08-0.33S
12XX	G12XX0				0.10-0.35S 0.04-0.12P
13XX	G13XX0				1.6-1.9Mn
40XX	G40XX0			0.2-0.3	
41XX	G41XX0		0.8-1.1	0.15-0.25	
43XX	G43XX0	1.65-2.00	0.40-0.90	0.20-0.30	
46XX	G46XX0	0.70-2.00		0.15-0.30	
48XX	G48XX0	3.25-3.75		0.20-0.30	
51XX	G51XX0		0.70-1.10		
61XX	G61XX0		0.50-1.10		0.10-0.15V
86XX	G86XX0	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	
92XX	G92XX0				1.80-2.2Si



# düşük karbonlu ve az alaşımlı yüksek mukavemet çeliklerinin özellikleri

gösteriliş		Mekanik özellikler			
AISI/SAE #	UNS #	UTS-MPA	YS-MPa	EL-%	uygulama
<b>Düşük karbonlu çelikler</b>					
1010	G10100	325	180	28	Otomotiv sacları, tel, çivi
1020	G10200	380	225	25	Boru, yapısal levha
<b>HSLA çelikleri</b>					
A36	K02600	400	220	23	Yapısal-köprü ve bina
A516 Grade 70	K02700	485	260	21	Düşük T basınçlı kap
A440	K12810	435	290	21	yapısal
A633 Grade E	K12002	520	380	23	Yapısal-düşük T
A656 Grade 1	K11804	655	552	15	Tır ve vagon gövdesi

# Karbon ve az alaşımlı çelik örneklerin mekanik özellikleri- Yağda su verilmiş ve temperlenmiş

AISI	UNS	UTS MPa	YS MPa	EL %	Uygulama alanları
1040	G10400	600-780	430-585	33-19	Krank mili, civata
1080	G10800	800-1310	480-980	24-13	Çekiç, levye
1095	G10950	760-1280	510-830	26-10	Bıçak, testere
4063	G40630	786-2380	710-1770	24-4	Yay, takım aletleri
4340	G43400	980-1960	895-1570	21-11	Burç, uçak boru-tüpleri
6150	G61500	815-2170	745-1860	22-7	Şaft, piston, dişli

# Damascus çeliği

Ortadoğu'da kılıç yapımında kullanılan özel “antik” çelik.

yüzeyde su akış hatlarını andıran desenler var. yüksek toklukları, çok keskin yapılabilmeleri, parçalanmaya dirençleri ile efsane olmuştur.

Damascus çeliği hem süperplastik özelliklere sahip hem de çok sertti. Damascus bıçakları o dönemde Hindistan'da geliştirilen «wootz» çeliğinden imal edilirdi.



# Damascus çeliği

Günümüzde yapılan araştırmalar bu çeliğin nano karbon tüpleri içerdiğini göstermiştir.

Ergitme sırasında karbürleyici olarak çeliğe biyolojik katkılar yapıldığı tahmin ediliyor.

Bitki fiberlerinden karbon nano tüpleri yapılabildiği biliniyor. Elde edilen ingotlar tekrar tekrar dövülerek kılıç yapılırdı.



# Damascus çeliği



C nanotubes in an ancient Damascus Sabre-M. Reibold et al.



# TRIP elikleri

TRIP: "Transformation induced plasticity."

C: 0.12 - 0.55 wt.%; Mn: 0.20 - 2.5 wt.%; Si: 0.40 - 1.8 ađ%.

**Otomotiv sektöründe yaygın kullanımı olan yüksek mukavemet eliği!**

Mukavemet ve süneklilğin mükemmel bir kombinasyonuna sahip!

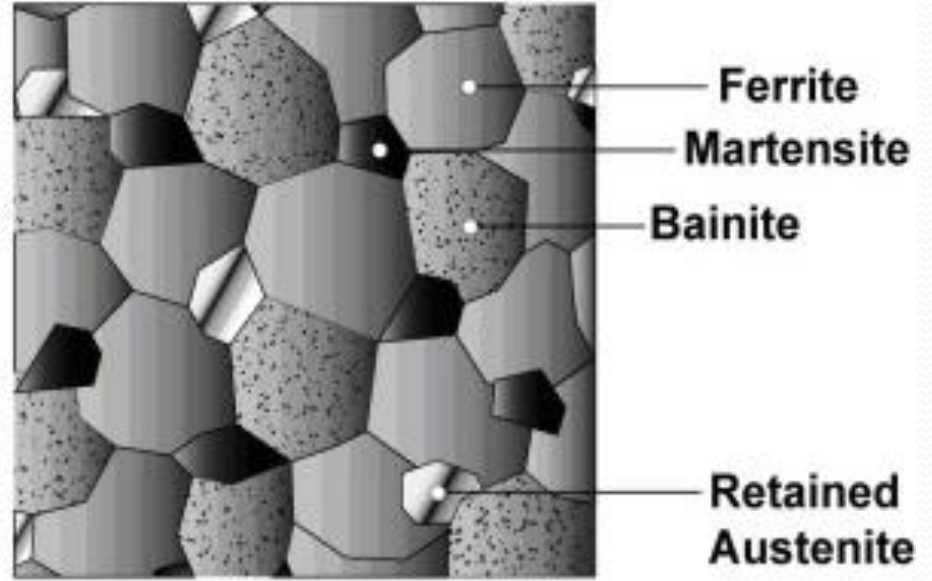
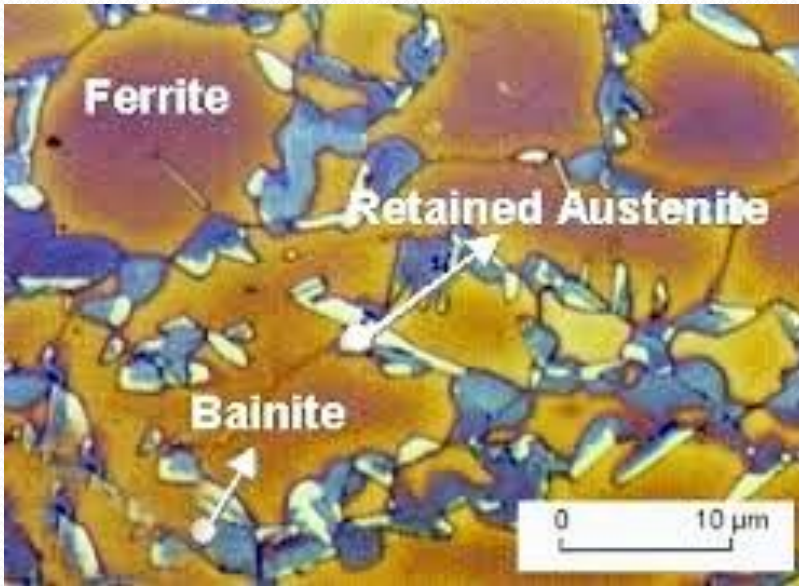
Yüksek deformasyon sertleşmesi kapasitesi ve yüksek mukavemet ile enerji sönümlenme uygulamaları için ideal!

deformasyon sonrasında boya-fırınlama sertleşmesi!



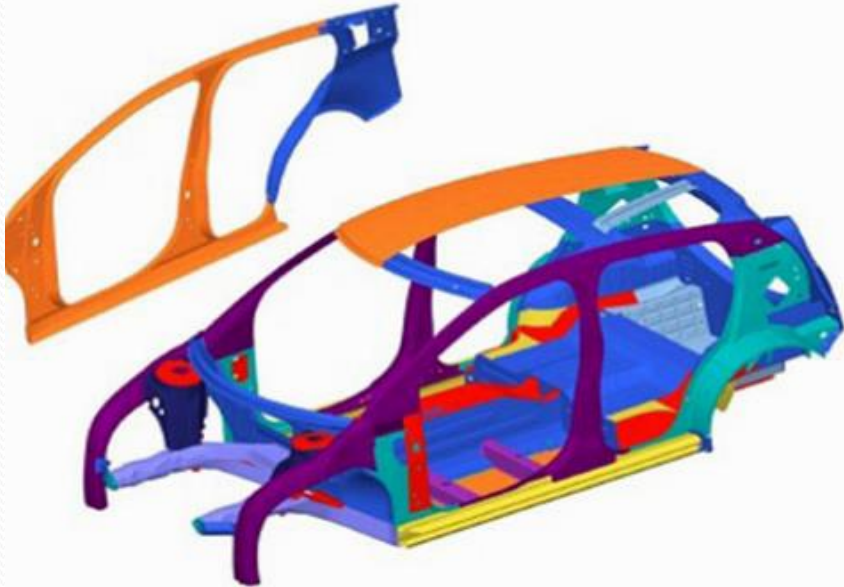
# TRIP çelikleri

Mikroyapı: ferritik bir matriste kalıntı ostenit  
Plastik deformasyon sırasında kalıntı ostenit  
martensite dönüşür!  
Kalıntı ostenit + beyrit ve martensit fazları



# TRIP elikleri

Otomobil B-sütunu  
Güvenlik kirişleri  
Uzay kafes profilleri  
Tampon parçaları  
Enerji sönmleme  
elemanları

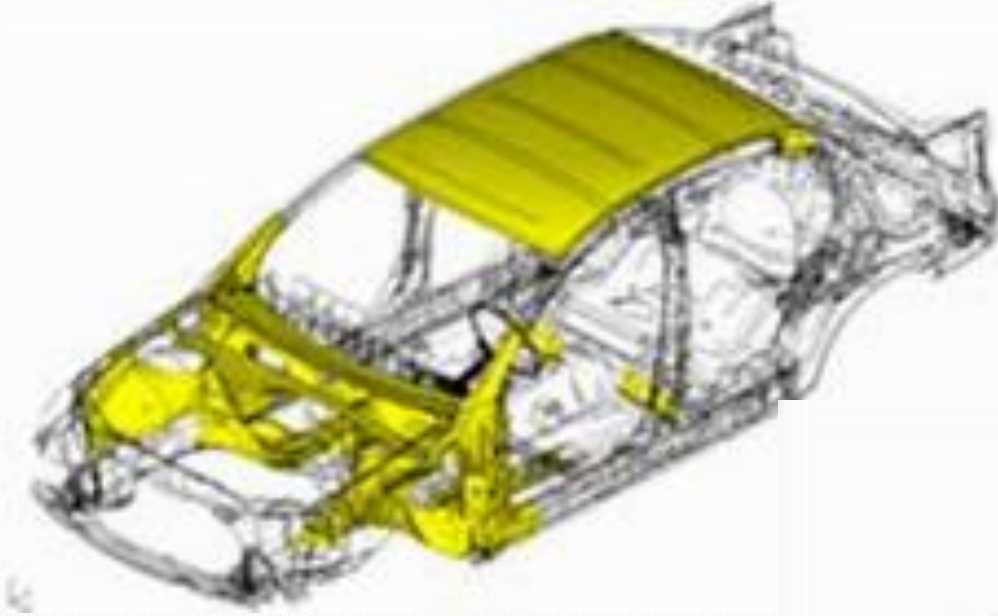




# Az alaşımlı otomotiv çelikleri

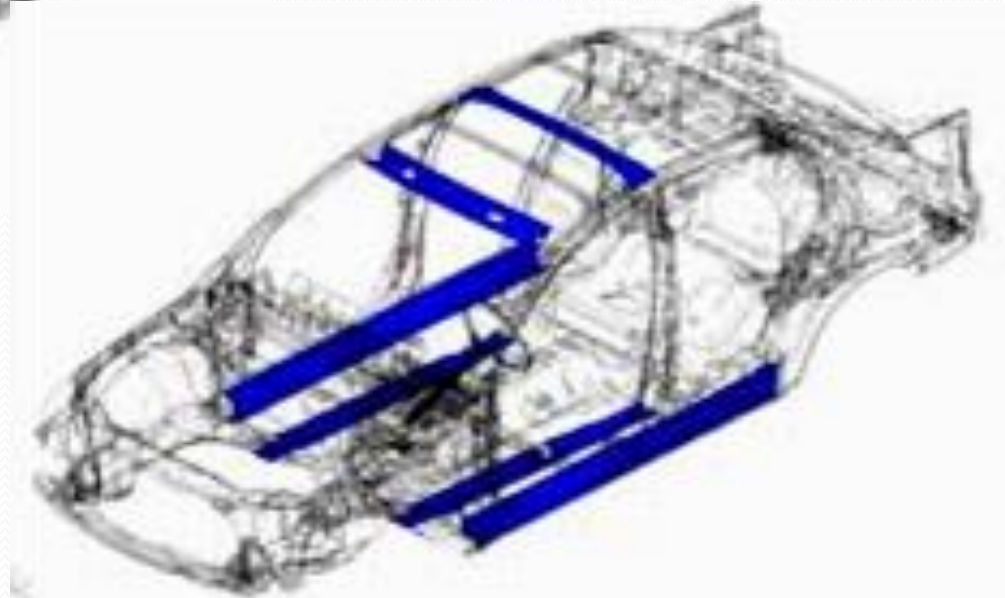


# Az alaşımlı otomotiv elikleri



Bake hardenable steel

Dual faz çeliği



# fırınlama sertleşmesi

Oto panellerinde kullanılan düşük karbonlu çeliklere uygulanan teknolojik bir işlemdir.

Preste şekillendirme aşamasında kullanılan çelik düşük karbonlu olması sayesinde kolayca şekil verilebilir.

Pres işleminde saca kazandırılan dislokasyonların hareketi boya fırınlama aşamasında dislokasyonlara çökelen karbon atomlarının kilitleyici rolü yüzünden zorlaşır.

Boya fırınlama aşamasında akma dayanımı en az 27-55 MPa kadar daha artar. Bu şekilde gövde panellerinin vuruk-darbe dayanımı da artmış olur.

Çelik düşük karbonlu olduğu için kaynak kabiliyeti de yüksektir.





# fırınlama ile sertleşen çelikler

Parça şekillendirme sırasında deformasyonla ve daha sonraki fırınlama gibi bir düşük sıcaklık operasyonu sırasında yaşlanma ile bir ciddi miktarda sertleşme tecrübe eden çelikler.

Çözeltide yeterince yaşlanma sertleşmesi sağlayacak kadar C ve N bulunduran çeliklere fırınlama ile sertleşebilir çelikler denir.

Alüminyumla söndürülmüş ve azotla birleşerek yeterli miktarda AlN yapacak kadar Al'u olan çelikler.

# fırınlama sertleşmesi

	C	Mn	Si
	Max	Max	Max
<b>180 BH</b>	0,04	0,70	0,50
<b>195 BH</b>	0,06	0,70	0,50
<b>220 BH</b>	0,06	0,70	0,50
<b>260 BH</b>	0,08	0,80	0,50
<b>300 BH</b>	0,10	0,70	0,50

# Bor çelikleri

Bor çelikleri abrasif aşınmaya karşı mükemmel direnç gösterirler.

Düşük-Orta karbonlu çelikler + bor →  
ısıl işlemde sertleşme kapasitesi ↑

Çok daha yüksek karbon içeren çeliklere ve nispeten daha pahalı olan düşük alaşımlı çeliklere kıyasla daha yüksek sertleşme gösterirler.

**Tipik bileşim:**

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	B
0.250	0.200	1.100	0.020	0.005	0.025	0.400	0.001
0.300	0.350	1.300	max.	max.	0.065	0.600	0.004

# Bor elikleri

Kürek, Pulluk, saban gibi tarım aletleri

im biçme makinesi bıçakları

Tarım makine parçaları

Maden makineleri

Otomotivde güvenlik kirişleri

Beton karıştırıcıları gövdeleri



# düşük karbonlu su verilmiş ve temperlenmiş çelikler

- Quenched and tempered plate, a steel that is stronger and harder than ordinary carbon steel. The product is used for the manufacture and repair of machinery and structures where greater abrasion resistance or higher yield strength are required.
- Yüksek akma (350 - 1035 MPa) ve çekme mukavemeti ile iyi tokluk, süneklik, korozyon direnci ve kaynaklanabilirlik
- Uygulama alanına bağlı olarak bu özelliklerin değişik kombinasyonlarına göre hazırlanabilirler.
- Bu gruptaki bazı çelikler savunma sanayinde,
- çoğunlukla tabaka levha olarak kullanılırlar.
- Bazıları döküm / dövme parça şeklindedir.



# yüksek çekme ve akma mukavemetli çelikler

- Mn, Ni, Cr, ve Mo ilavesi  
Ferrit matrisin mukavemetini ve, Sertleşme eğilimini arttırır; ve Tane boyutu kontrolü sağlar.
- Kaynak yapılmış halde, bu çelikler yüksek mukavemet, korozyon direnci, darbe dayanıklılığı gerektiren uygulamalar için uygundur.
- Kaynaklı halde akma mukavemeti 480-830 MPa, çekme mukavemeti 620-1150 MPa seviyesindedir.

# Orta karbonlu ultra yüksek mukavemetli elikler

- Akma mukavemetleri 1380 MPa'ı geçen yapısal çeliklerdir.
- Bir çoğunun bileşimi firmalara özeldir.
- Bilet, bar, çubuk, dövme parça, tabaka levha tp ve kaynak teli şeklinde uygulanır.

# yay elikleri

- Yay imalatında kullanılan çeliklerdir.
- Orta veya yüksek karbonlu düşük alaşımı+ Mn + Si
- Akma dayanımı çok yüksektir.
- Yüksek akma dayanımı ciddi miktarda eğme ve bükmeden sonra orijinal Őekle dönmelerini sağlar!
- **Nikel önemli bir alaşım elementidir.**
- Türkiyede en çok kullanılan yay elikleri;
  - SAE 9245
  - SAE 9255
  - SAE 9265



# yay çelikleri



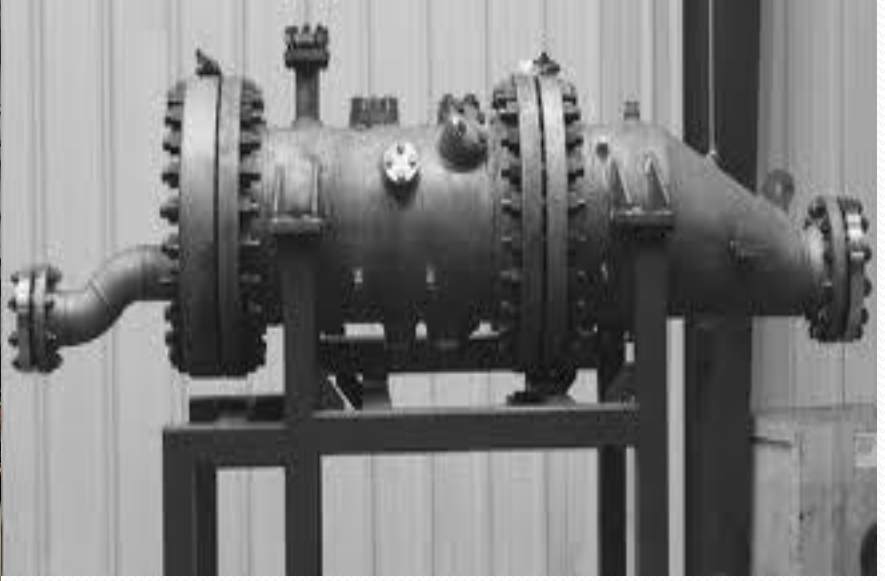
# yay çelikleri

	C	Si	Mn	P (max)	S (max)	Cr	N (max)
1.0900	0.35-0.42	1.40-1.60	0.50-0.80	0.050	0.050	-	0.007
1.0902	0.42-0.50	1.50-1.80	0.50-0.80	0.050	0.050	-	0.007
1.0903	0.47-0.55	1.50-1.80	0.50-0.80	0.045	0.045	-	0.007
1.0970	0.35-0.42	1.50-1.80	0.50-0.80	0.045	0.045	-	0.007
1.1231	0.65-0.72	0.15-0.35	0.60-0.90	0.035	0.035	-	-
1.5028	0.60-0.70	1.50-1.80	0.70-1.00	0.035	0.035	-	-
1.7103	0.62-0.72	1.20-1.40	0.40-0.60	0.035	0.035	0.4-0.6	-



# Basınçlı kap çelikleri

Yüksek basınç altında çalışacak kazan ve kaplarda kullanılması gereken çeliklerde dikkat çeken alaşım elementleri: Cr, Mo ve V.



# Basınçlı kap çelikleri

kod	C	Si	Mn	P max	S max	Cr	Mo	Ni	V	diğer
1.7218	0,22-0,29	≤ 0,40	0,60-0,90	0,035	0,030	0,90-1,20	0,15-0,30	-	-	-
1.7259	0,22-0,30	0,15-0,35	0,50-0,70	0,035	0,035	1,50-1,80	0,20-0,25	-	-	-
1.7273	0,20-0,28	0,15-0,35	0,50-0,80	0,035	0,035	2,30-2,60	0,20-0,30	≤ 0,80	-	-
1.7276	0,08-0,12	0,15-0,35	0,30-0,50	0,035	0,035	2,70-3,00	0,20-0,30	-	-	-
1.7281	0,12-0,20	0,15-0,35	0,30-0,50	0,035	0,035	2,00-2,50	0,30-0,40	-	-	-
1.7362	≤ 0,15	0,30-0,50	0,30-0,60	0,035	0,035	4,50-5,50	0,45-0,65	-	-	-
1.7766	0,15-0,20	0,15-0,35	0,30-0,50	0,035	0,035	2,70-3,00	0,20-0,30	-	0,10-0,20	-
1.7779	0,17-0,23	0,15-0,35	0,30-0,50	0,035	0,035	3,00-3,30	0,50-0,60	-	0,45-0,55	-
1.8212	0,18-0,25	0,15-0,35	0,30-0,50	0,035	0,035	2,70-3,00	0,35-0,45	-	0,75-0,85	W 0.30-0.45

# sübab çelikleri

motor ve kompresörlerde kullanılırlar.

temel özellikler

korozyona karşı direnç

darbelere dayanıklılık

valf ile valf yatağının sızdırmazlığı için çok

yüksek yüzey hassasiyetinde işlenebilirlik

uzun ömürlü

Chemical composition [% nominal]							
C	Si	Mn	P max	S max	Cr	Ni	Mo
1.00	0.30	0.45	0.015	0.006			
0.75	0.30	0.40	0.018	0.005		2.00	
0.38	0.45	0.55	0.025	0.015	13.5		1.00
0.21	0.40	0.45	0.025	0.015	13.2		



# Yüksek alaşımlı çelikler

# düşük sıcaklık (nikel) çelikleri

- Karbon çeliğine 2.5% ile 3.5 % Ni ilave edilerek düşük sıcaklık tokluğu iyileştirilmeye çalışılmıştır.
- Ni ferriti kuvvetlendirirken,  $A_3$  sıcaklığını düşürerek tane yapısını küçültür.
- Normalizasyon, su verme ve temperleme işlemleri düşük alaşımlı düşük sıcaklık çeliğinin üretiminde mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için standart işlemlerdir.
- Düşük sıcaklık yapısal uygulamalarında kullanılır.



# Sıfır altı elikleri

Sıfır derecenin altında toklukların kaybetmeden çalışması gereken yerlerde kullanılacak eliklerin Nikel ile alaşımlanmış olmaları gerekir.



# Sıfır altı elikleri

Gazların sıvılaşma sıcaklıkları ve düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılan malzemeler

Gaz	Sıvılaşma Sıcaklığı (°C)	Malzeme
Propan (LPG)	-42.1 ile - 45.5	İnce taneli elikler %2.25 Ni eliği
Propilen	- 47.7	
Karbondioksit	- 78.5	% 3.5 Ni eliği
Etan	- 88.4	
Etilen (LEG)	- 103.8	% 5- 9 Ni eliği
Metan (LNG)	- 163	
Oksijen	- 182.9	
Azot	- 195.8	Ostenitik paslanmaz elikler %36 Ni- Fe (Invar)
Hidrojen	- 252.8	
Helyum	-268.9	Alüminyum alaşımları

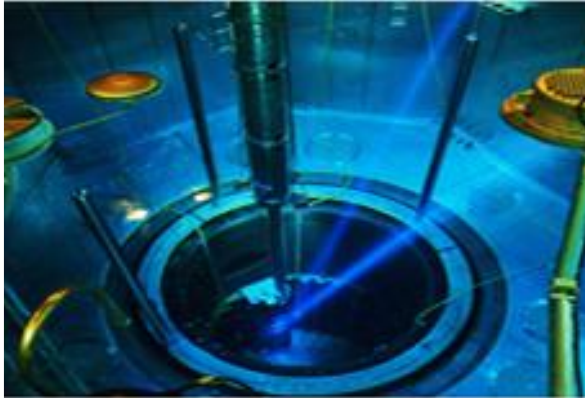
# Isıya dayanıklı çelikler yüksek sıcaklık çelikleri

- %0.5%~12 Cr ve %0.5~1 Mo
- C < %0.20
- Yeterli kaynaklanabilirlik ve yüksek alaşım içeriği sayesinde yüksek sertleşebilirlik
- Cr ile oksidasyon/korozyon direnci
- Mo ile yüksek sıcaklık mukavemeti
- Yüksek sürünme mukavemeti
- normalize ve temperlenmiş/su verilmiş ve temperlenmiş ve tavlanmış halde kullanılırlar!

# ısıya dayanıklı çelikler yüksek sıcaklık çelikleri

Yüksek sıcaklıklarda mukavemet özelliklerini kaybetmeden bulunması gereken (fırın, ocak, kazan vs) yapı çelikleri

Petrokimya endüstrisinde, buhar kazanlarında, yüksek sıcaklık yapısal uygulamalarında, fosil yakıt ve nükleer santrallerde



# Yüksek sıcaklık çelikleri

kod	C	Si	Mn	P max	S max	Cr	Mo	Ni	V	diğer
1.0482	0,17-0,22	0,30-0,60	1,00-1,30	0,045	0,045	≅ 0,30	-	-	-	-
1.1181	0,32-0,39	≅ 0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	-	-	-	-	-
1.1191	0,42-0,50	≅ 0,40	0,50-0,80	0,035	0,030	-	-	-	-	-
1.4922	0,17-0,23	≅ 0,50	≅ 1,00	0,030	0,030	0,00-12,50	0,80-1,20	0,30-0,80	0,25-0,35	-
1.5404	0,17-0,25	0,15-0,35	0,50-0,80	0,035	0,035	0,20-0,40	0,45-0,55	≅ 0,30	0,25-0,35	-
1.5406	0,14-0,22	0,15-0,35	0,50-0,80	0,035	0,035	0,20-0,40	0,80-1,00	≅ 0,30	0,30-0,40	-
1.5415	0,12-0,20	0,10-0,35	0,40-0,90	0,035	0,030	≅ 0,25	0,25-0,35	≅ 0,30	-	Cu ≅ 0,30; + Al
1.5419	0,18-0,25	0,20-0,40	0,40-0,70	0,035	0,035	(≅ 0,30)	0,30-0,40	-	-	-
1.5423	0,12-0,20	0,15-0,50	0,50-0,80	0,040	0,040	-	0,45-0,65	-	-	-
1.6311	0,17-0,23	≅ 0,40	1,00-1,50	0,035	0,035	≅ 0,50	0,45-0,60	0,40-0,80	-	-
1.6368	≅ 0,17	0,25-0,50	0,80-1,20	0,035	0,035	≅ 0,30	0,25-0,40	1,00-1,30	-	Cu 0,50-0,80; Nb ~ 0,2
1.6513	0,24-0,34	0,15-0,40	0,30-0,60	0,035	0,035	1,00-1,30	0,20-0,30	1,00-1,30	-	-
1.7242	0,13-0,20	0,15-0,35	0,50-0,80	0,035	0,035	0,90-1,20	0,20-0,30	≅ 0,40	-	-
1.7258	0,20-0,28	≅ 0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	0,90-1,20	0,20-0,35	≅ 0,60	-	-
1.7335	0,08-0,18	0,10-0,35	0,40-1,00	0,035	0,030	0,70-1,10	0,40-0,60	-	-	Cu ≅ 0,30; + Al
1.7337	0,13-0,20	0,15-0,35	0,50-0,80	0,035	0,035	0,90-1,20	0,40-0,50	≅ 0,40	-	-
1.7350	0,19-0,26	0,15-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035	0,90-1,20	0,40-0,50	≅ 0,60	-	-
1.7380	0,06-0,15	≅ 0,50	0,40-0,70	0,035	0,030	2,00-2,50	0,90-1,10	-	-	Cu ≅ 0,30; + Al
1.7709	0,17-0,25	0,15-0,35	0,35-0,85	0,030	0,035	1,20-1,50	0,65-0,80	-	0,25-0,35	-
1.7711	0,36-0,44	0,15-0,35	0,35-0,85	0,030	0,035	0,90-1,20	0,60-0,75	-	0,25-0,35	-
1.7715	0,10-0,18	0,10-0,35	0,40-0,70	0,030	0,035	0,30-0,60	0,50-0,70	-	0,22-0,32	-
1.7733	0,20-0,28	0,15-0,35	0,30-0,60	0,035	0,035	1,20-1,50	0,50-0,60	(≅ 0,60)	0,15-0,25	-
1.8070	0,17-0,25	0,30-0,60	0,30-0,60	0,035	0,035	1,20-1,50	1,00-1,20	≅ 0,60	0,25-0,35	-
1.8817	≅ 0,19	0,20-0,50	1,40-1,70	0,035	0,035	-	0,20-0,50	-	≅ 0,20	N ~ 0,15; + Al



# Manyetik alandan etkilenmeyen elikler

Elektronik sanayinde, jeolojik incelemelerde, bilimsel araştırmalar yapan gemilerin döner ekipmanlarında (şaft vs.), navigasyon hizmetlerinde kullanılan uydularda manyetik alanlardan etkilenmeyen elik kullanılması gerekmektedir.



# Rulman elikleri

% 0.10-0.20 aralığında karbon içeren sadece yüzeyi sertleştirilmiş ve % 1.0 kadar karbon içeren derinlemesine sertleştirilmiş çeliklerdir.

Rulmanlarda kullanılan bilya ve makaraların imalatında kullanılır.

Bu elikler Islah elikleri grubuna aittir.



# Rulman elikleri

kod	C	Si	Mn	P max	S max	Cr	Mo	Ni	diğer
1.3501	0.90-1.05	0.15-0.35	0.25-0.45	0.030	0.025	0.40-0.60	-	<0.30	Cu<0.30
1.3503	1.00-1.10	0.15-0.35	0.25-0.45	0.030	0.025	0.90-1.15	-	-	-
1.3505	0.90-1.05	0.15-0.35	0.25-0.45	0.030	0.025	1.40-1.65	-	<0.30	Cu<0.30
1.3520	0.90-1.05	0.50-0.70	1.00-1.20	0.030	0.025	1.40-1.65	-	<0.30	Cu<0.30
1.3536	0.90-1.05	0.20-0.40	0.60-0.80	0.030	0.025	0.90-1.65	0.20-0.35	<0.30	Cu<0.30
1.3543	0.95-1.10	<1.00	<1.00	0.040	0.030	16.0-18.0	0.35-0.75	<0.50	Cu<0.30
1.3549	0.85-0.95	<1.00	<1.00	0.045	0.030	17.0-19.0	0.90-1.30	<0.30	V:0.07-0.12
1.3551	0.77-0.85	<0.25	<0.35	0.015	0.015	3.75-4.25	4.00-4.50	-	V:0.90-1.10

# Maraging elikleri

Karbonsuz Fe-Ni alaşımları (Ni:ađ%15-25)

Diğer alaşım elementleri: Co, Mo, Ti ve Al

Martensit + yaşlandırma sertleşmesi

820° C'den oda sıcaklığına havada soğutma aşırı

doymuş katı eriyikte Mo ve Co'un bulunduğu yumuşak bir martensitik yapı verir.

480-500° C'de temperleme sonucunda Ni-Mo, Fe-Mo ve Fe-Ni bileşiklerinin öknelmesi ile etkin bir sertleşme yaşanır.

Akma dayanımı: 1400-2400 MPa Ultra Yüksek muk!

mükemmel tokluk özellikleri

kaynaklanabilirlik

# Maraging çelikleri

Element	Grade 200	Grade 250	Grade 300	Grade 350
Fe	balance	balance	balance	balance
Ni	17.0-19.0	17.0-19.0	18.0-19.0	18.0-19.0
Co	8.0-9.0	7.0-8.5	8.5-9.5	11.5-12.5
Mo	3.0-3.5	4.6-5.2	4.6-5.2	4.6-5.2
Ti	0.15-0.25	0.3-0.5	0.5-0.8	1.3-1.6
Al	0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.15



# Maraging elikleri

yüksek mukavemet (400 °C'ye kadar)

yaşlandırma öncesinde şekil verilebilirlik

Maraging eliklerinde çatlak ilerleme hızı karbon çeliklerine kıyasla 10 kat daha yavaş!

Kolay kırılmama özelliği ile yaralanmaları

önlediğinden eskrim sporu kılılarında tercih edilir

Ameliyat aletlerinde de kullanılır.

Kritik bir kullanım alanı da uranyum

zenginleştirmede gaz santrifüjleridir.

Bu nedenle ticareti ABD tarafından yakından izlenir.

# Maraging elikleri

Havacılık sekt6r6  
yapısal panel ve profil  
Kanat bağlantı parçaları vb  
6zel takım aletleri  
6zel makine parçaları  
Ekstr6zyon pres zımbaları



# Maraging elikleri

Eskrim kılıçları

Golf sopası

bisiklet

silahlarda ateşleme pimleri





# hadfield çelikleri

%0.8 - 1.25 C, %11 ile 15 Mn

Yüksek darbe direnci (darbe sırasında sertliği kırılmalık olmadan 3 kata kadar artar!)

Yüksek aşınma dayanımı

Düşük sıcaklıklarda dayanıklılık

Yüksek tokluk

Manyetik değil

İşlenebilirliği düşük (bazı uygulamalarda sorun!)

Tav ile yumuşatılamaz ve işlenebilirlik için özel takımlar gerekir.

# hadfield çelikleri

Madencilik sektörü  
Beton karıştırıcılar  
Taş kırıcılar  
Kumlama kabinleri  
(shot pinning)  
Krojenik yapısal





# TWIP elikleri

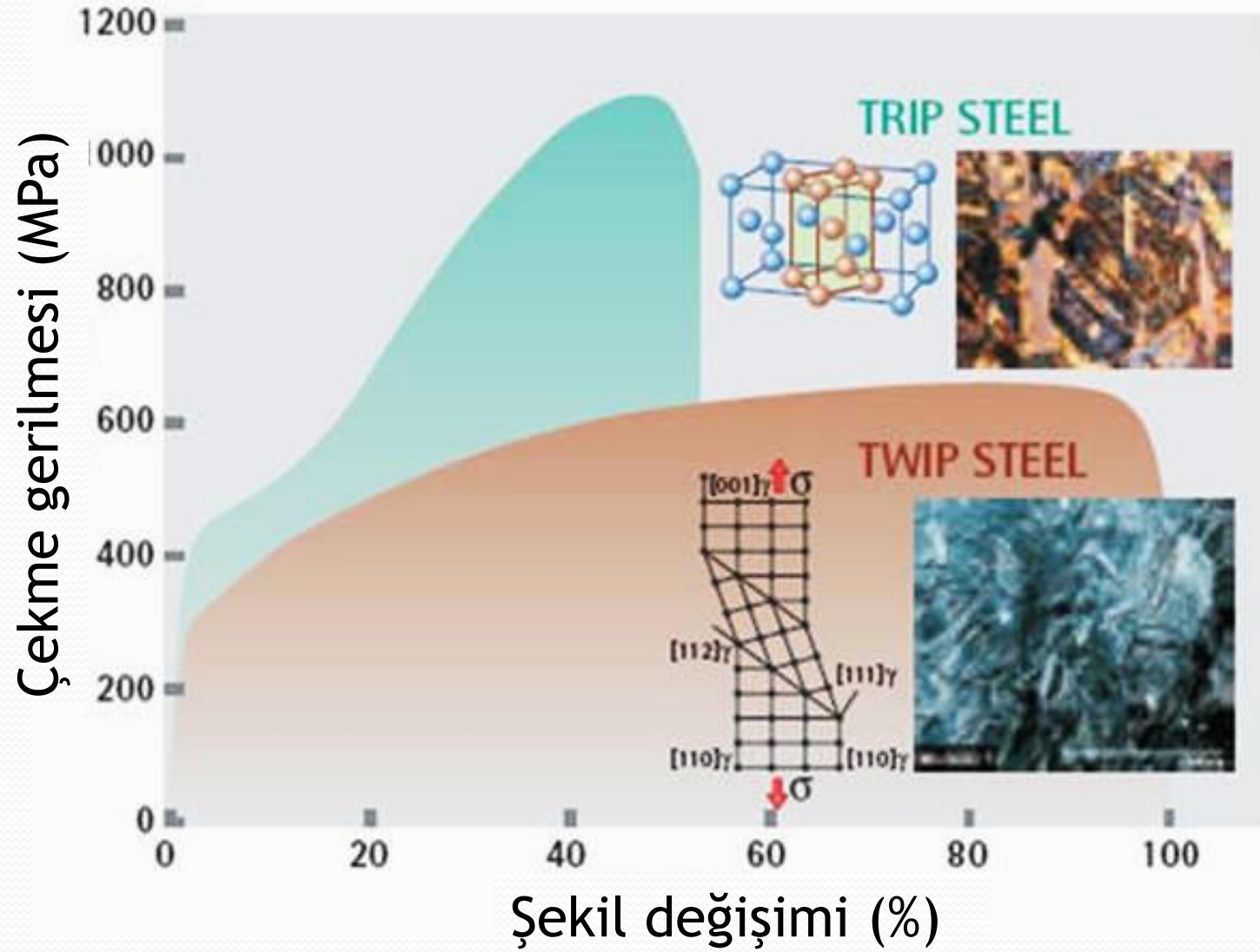
Mn (>%20) + C (<%1), Si (<%3) veya Al (<%3).

kayma ve/veya mekanik ikizlenme ile deformeasyona uğrayan ostenitik çeliklerdir.

Ostenitik elikler mükemmel mukavemet ve süneklik ile birlikte aşınma ve korozyon dirençleri sayesinde bir çok uygulama için cazip bir malzeme seçeneğidir.

Yüksek Mn'lı TWIP elikleri geleneksel yüksek mukavemet çeliklerine kıyasla en az 2 kat daha yüksek enerji sönlüme kapasiteleri ve çarpışma güvenliği sağlama kabiliyetleri ile otomotiv uygulamaları için idealdir.

# TRIP/TWIP çelikleri





paslanmaz  
Çelikler

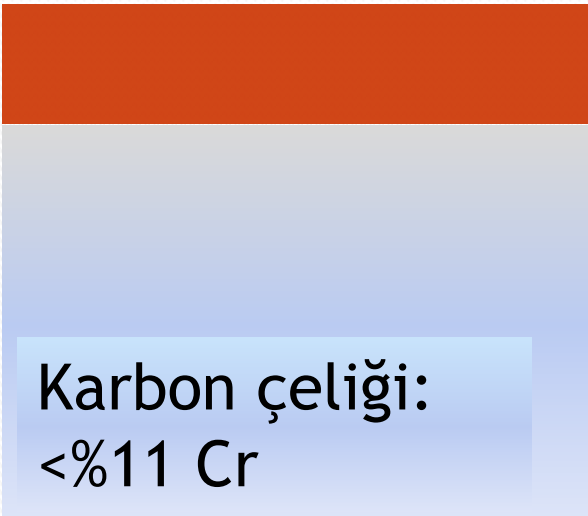
# Paslanmaz çeliği paslanmaz yapan nedir ?

Yüzeydeki pasif tabaka bozulduğunda

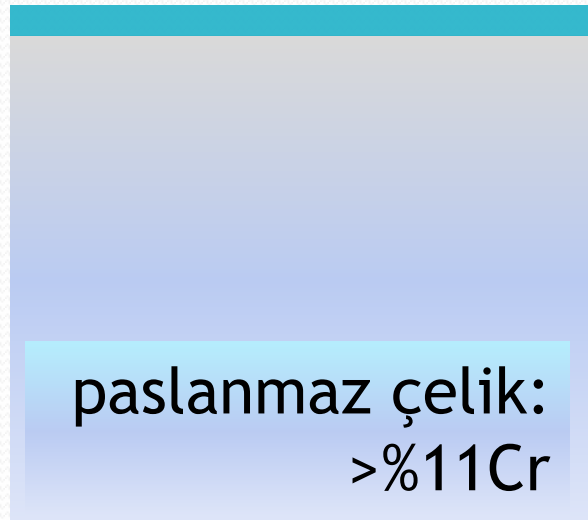
bu koruyucu tabaka kendini hemen yeniler.

Oxygen

pas



Pasif film: 2-3 nm



# Paslanmaz çeliğin tarihçesi

- Paslanmaz çelik Sheffield'lı metalürji mühendisi Harry Brearley tarafından 1913'te bulunmuş.
- Harry, silah imalatında kullanılabilecek çelikleri araştırırken %13 Cr içeren çeliğin aradan birkaç ay geçmesine rağmen paslanmadığını fark etmiş!
- 20. Yüzyılın başlarında keşfedilmiş olmasına karşın, ancak 2. Dünya savaşı sonra yaygınlaşmış.
- Piyasaya ilk sürülen paslanmaz çelikler oldukça pahalı olduğundan ancak çok özel uygulamalara adaydı.



# Paslanmaz eliğin tarihçesi

- 1960'larda paslanmaz çelikler için Argon Oksijen Dekarbürizasyonu (AOD), Vakum Oksijen Dekarbürizasyonu (VOD) gibi yeni üretim teknikleri geliştirildi.
- Taneler arası korozyona neden olan yüksek C içeriği düşük maliyetlerle kontrol edilebildi.
- Bu sayede kaliteli paslanmaz çelikler yaygınlaştı.
- 1970'lerden günümüze kadar paslanmaz elik üretimi 6 kat arttı.

# Paslanmaz elikler

- **korozyon ve ısıya dirençleri nedeniyle kullanılırlar.**
- **en az %10.5 kadar Cr içerirler.**
- **Bu seviyede Cr çevredeki oksijen ve nem ile reaksiyona girerek yüzeye tutunan, koruyucu bir oksit tabakası oluşturur ve bu oksit tüm yüzeyi kaplar ve korur.**
- **Paslanmaz elikler aynı zamanda değişen miktarlarda C, Si ve Mn içerirler.**
- **Nikel, paslanmaz çeliği ostenitik yapar. Ostenitik paslanmaz çelikler kaynaklanabilirlik, şekillendirilebilirlik ve tokluk gibi mükemmel özelliklere sahiptirler.**

# Paslanmaz elikler

- Paslanmaz eliklerin yüzeyinde oluŐan pasif tabaka aŐındıĐı ve bozulduğu zaman çelikteki Cr'un atmosferdeki oksijen ve nem ile süratle reaksiyona girmesi sayesinde kendini hemen yeniler.
- Cr %sini 10.5 üstüne çıkarttığımızda korozyon direnci daha da artmaktadır.
- Korozyon direnci %8 ve daha fazla Ni ilavesi ile daha da arttırılabilir.
- Mo ilavesi baŐta oyuklanma olmak üzere korozyon direncini daha da arttırır.
- Azot mukavemeti ve oyuklanma direncini arttırır.

# Paslanmaz elikler

- Paslanmaz eliklerin yüzeyinde oksijen içeren atmosferlerde ince, sert ve yüzeye tutunması mükemmel koruyucu  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  filmi oluşur.
- $\text{Cr}_2\text{O}_3$  bir çok kimyasal ve elektrolitik korozyon tehdidine karşı çok kararlıdır. Hasara uğradığında hemen yenilenir.
- Yüzey çizildiğinde koruyucu oksit tabakası pasivasyon ile kısa sürede tekrar oluşur ve yüzeyi korumaya devam eder.
- Pasivasyon ile koruyucu tabakanın oluşması için Cr oranının en az %10 ile %12 kadar olması gerekir.

# Paslanmaz elikler

- Paslanmaz elikler çeşitli korozyf ortamlarda ve özellikle atmosferik koşullara karşı çok dayanıklıdır.
- Başlıca alaşım elementi en az %11 kadar Cr'dur.
- Korozyon direnci ayrıca Ni ve Mo ilavesi ile arttırılabilir.
- Ayrıca yüksek mukavemet ve süneklik de gösterirler.





# Paslanmaz elikler

- Paslanmaz elikler karbon miktarı arttıkça korozyon direnci düştüğünden genel olarak daha az karbon içerirler.
- Karbon krom ile reaksiyona girer ve karbür oluşturur. Böylece koruyucu oksit filmi oluşturan etkin Cr miktarı düştüğünden korozyon direnci de düşmüş olur.



# Alaşım elementlerinin etkisi

## krom

- Paslanmaz çeliklerdeki en önemli alaşım elementi!
- elik yüzeyinde koruyucu bir krom oksit tabakasının oluşabilmesi için en az %10.5 kadar Cr'a ihtiyaç vardır.
- Bu koruyucu-pasif oksit tabakasının dayanıklılığı Cr miktarı arttıkça artar.
- Cr alaşımda ferrit oluşmasını teşvik eder.
- Cr yüksek sıcaklıklarda oksitlenme direncini de arttırır.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Nikel

- Nikel genel korozyon direncini arttırır.
- Ostenit oluşumunu teşvik eder. Ostenit yapıcı!
- %8-9 kadar Ni'li paslanmaz çelikler tamamen ostenitik bir yapıdadır.
- Suneklik ve tokluğu arttırır.
- Asitli ortamlarda avantajlıdır.
- Nikel miktarını %8-9'dan daha fazla arttırmak özellikle asitlerde korozyon direncini ve Őekillendirilebilmeyi daha da arttırır.
- Ferritik paslanmaz çeliklere göre daha üstün kaynak ve işlenebilme özellikleri gösterir.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Molibden (ve Tungsten)

- Mo hem bölgesel (oyuklanma, aralık korozyonu) hem de genel-homojen korozyona direnci artırır.
- Mo mukavemeti artırır.
- Ferrit yapıcıdır.
- Molibden ve tungsten ferrit yapıcı olduklarından, ostenitik çeliklerde kullanıldıklarında ostenitik yapıyı korumak için ostenitik yapıcı elementlerle uygun şekilde dengelenmelidir.
- Molibden martensitik paslanmaz çeliklere yüksek sıcaklık mukavemetini arttırmak için ilave edilir.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## azot

- Azot mukavemeti ve özellikle Mo ile birlikte bölgesel korozyona direnci arttırır.
- Kuvvetli bir ostenit yapıcıdır.
- Ferritik paslanmaz çeliklerde tokluğu ve korozyon direncini ciddi şekilde düşürür.



# Alaşım elementlerinin etkisi

## Bakır

- asitlere karşı genel-homojen korozyon direncini arttırır.
- Deformasyon sertleşmesini azaltır. (çivi ve vida gibi soğuk işleme baş yapılmış ürünlerde kullanılır!)
- Talaşlı işlenebilirliği arttırır.
- Ostenit yapıcıdır.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Kükürt

- Kükürt paslanmaz çeliklerde işlenebilirliği arttırmak için kullanılır.
- Kükürt içeren paslanmaz çeliklerde korozyon direnci daha dūřüktür.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Titanyum (ve Niobyum & Zirkonyum)

- Karbonu düşük seviyelerde kontrol etmek mümkün olmadığı veya arzulanmadığı durumlarda Ti ve Nb paslanmaz çeliği taneler arası korozyona karşı korumak için ilave edilir.
- Ti (Nb ve Zr) karbona kromdan daha düşük olduğu için, krom karbürler yerine Ti-karbürler oluşur ve böylece Cr'un bölgesel fakirleşmesinin önüne geçilir.
- Bu elementler ferrit yapıcıdır.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Niobyum

- Kuvvetli ferrit yapıcı
- Kuvvetli karbür yapıcı
- Ostenitik paslanmaz çeliklerde taneler arası korozyon direncini arttırmak için kullanılır.
- Yüksek sıcaklıklarda mukavemeti artırır.
- Ferritik paslanmaz çeliklerde tokluğu arttırmak ve taneler arası korozyon riskini azaltmak için kullanılır.
- Martensitik paslanmaz çeliklerde temper direnci sağlar.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Titanyum

- Ferritik yapıyı teşvik eder.
- Kuvvetli karbür yapıcıdır.
- Yüksek karbonlu ostenitik paslanmaz çeliklerde, taneler arası korozyona direnci artırır.
- Yüksek sıcaklıklarda mukavemeti artırır.
- Ferritik paslanmaz çeliklerde tokluğu, şekil alabilirliği ve korozyon direncini artırır.
- Martensitik paslanmaz çeliklerde temper direncini arttırmak için kullanılır.
- Çökeltme sertleşmeli SS çeliklerde metallerarası bileşik oluşturmak ve mukavemeti arttırmak için kullanılır.



# Alaşım elementlerinin etkisi

## Mangan

- ostenit yapıcıdır.
- Çelikte azotun çözünlüğünü artırır ve azot içeren türlerde Nikelin yerine kullanılabilir.
- Sıcak süneklığı artırır.
- Düşük sıcaklıklarda ostenit yapıcı iken yüksek sıcaklıklarda ferriti kararlı kılar.

## Alüminyum

- Yüksek miktarlarda iken oksitlenme direncini artırır.
- Bu nedenle ısıya dayanıklı bazı SS çeliklerinde kullanılır.
- Çökelme sertleşmeli çeliklerde metallerarası bileşik oluşturup yaşlanma sonrasında sertliği arttırmak için yararlanır.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Karbon

- Kuvvetli ostenit yapıcıdır.
- Mukavemeti ciddi şekilde artırır.
- Taneler arası korozyona direnci düşürür.
- Modern paslanmaz çelikler düşük karbon seviyeleri sayesinde bu sorunu yaşamazlar.
- Ferritik çeliklerde tokluğu ve korozyon direncini çok düşürür.
- Özellikle sertleştirilen martensitik çeliklerde mukavemeti artırırken Cr karbürler oluştuğu için korozyon direnci üzerindeki etkisi olumsuzdur.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Seryum

- Nadir toprak metalidir
- Bazı ısıya dayanıklı paslanmaz çeliklere ilave edilir.
- Yüksek sıcaklıklarda koruyucu pasif oksit tabakasının dayanıklılığını ve yzeye tutunmasını arttırır

## Silisyum

- yüksek sıcaklıklarda, kuvvetli oksitleyici ozeltelerde, ve düşük sıcaklıklarda Oksitlenmeye direnci arttırır.
- Yüksek konsantrasyonda sülfürik ve nitrik asitlere maruz kalan bazı özel paslanmaz çeliklerde kullanılır.
- Silisyum ferrit yapıcıdır.

# Alaşım elementlerinin etkisi

## Vanadyum

- Düşük sıcaklıklarda karbür ve nitrürler yapar.
- Ferritik yapıyı teşvik eder.
- Tokluğu artırır.
- Martensitik çeliklerde sertliği artırır.
- Temper direncini artırır.
- Sadece sertleştirilebilir paslanmaz çeliklerde kullanılır.

## Tungsten

- Empürite olarak bulunur.
- Bazı özel çeliklerde (4501) oyuklanma direncini arttırmak için kasıtlı olarak ilave edilir.



# Paslanmaz elikler

Paslanmaz elikler aŐađıdaki gruplara ayrılır:

ostenitik

ferritik

martensitik

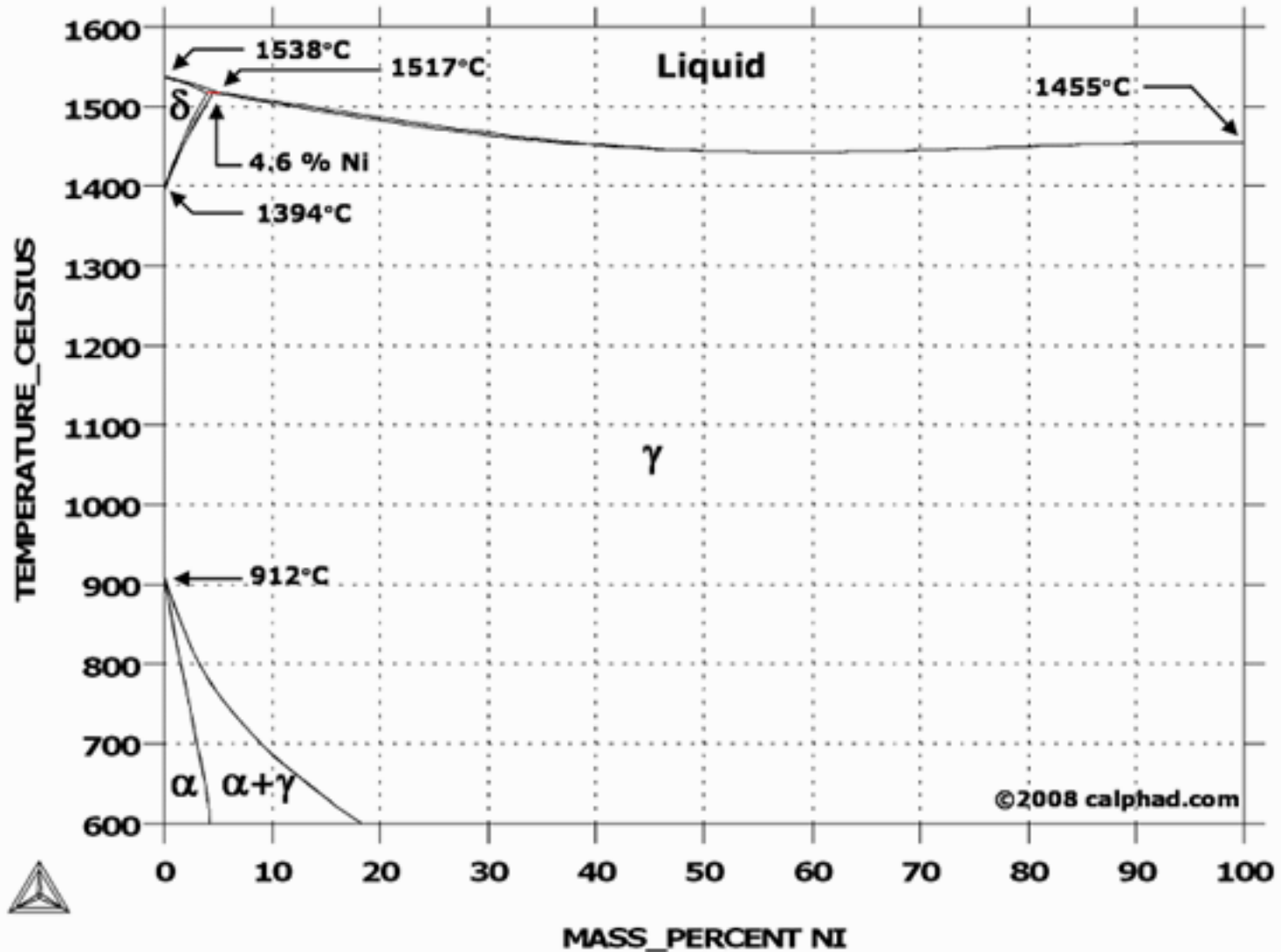
dupleks

Çökeltme sertleşmeli





# Ostenitik paslanmaz çelikler



# Ostenitik paslanmaz elikler

- En popüler, en fazla üretilen paslanmaz çeliklerdir.
- %16-26 Cr, %6-25 Ni içerirler.
- Yüksek Ni ve Cr yüzünden diğerk paslanmaz çeliklere göre daha pahalıdırlar.
- En popüler ostenitik çelikler 300 serisi olarak da bilinen Fe-Cr-Ni elikleridir.
- Yüksek Cr ve Ni içerikleri nedeniyle paslanmaz çelikler arasında korozyona en dayanıklıdır.
- 18% Cr ile birlikte 8% Ni ve 0.03% C içeren ostenitik paslanmaz çelikler oda sıcaklığına kadar ostenitik kalırlar.

# Ostenitik paslanmaz elikler

- Korozyon direnci Cr, Mo ve N ilave edilerek arttırılabilir.
- Standart ostenitik paslanmaz çelikler gerilmeli korozyon atlamaına hassastır.
- Yüksek Ni'li olanlar SCC'ye daha fazla dirençlidir.
- Normal olarak manyetik olmamakla birlikte bileşime ve deformasyon sertleşmesine bağlı olarak bir miktar manyetiklik sergileyebilirler.

# Ostenitik paslanmaz elikler

- Hemen hiç karbür oluşmadığından süneklilik yüksek Şekil verilebilirlikleri mükemmeldir.
- Isıl işleme sertleşme mümkün değildir.
- Mukavemet katı eriyik sertleşmesi ve soğuk deformasyonla sağlanır.
- yeterli seviyede süneklilik ve tokluk korunarak yüksek mukavemet seviyelerine deformasyonla sertleştirilebilirler.
- düşük miktarlarda Ti veya Nb ilavesi ile TiC veya NbC oluşturarak korozyon direncini düşürmeden çökeltme sertleşmesinden de yararlanılabilir.

# Ostenitik paslanmaz elikler

- Ferritik ve martensitik çeliklerden farklı olarak, ostenitik çelikler akma noktası göstermezler.
- Şekil alabilirlikleri mükemmeldir ve deformasyon kapasiteleri bileŐimle kontrol edilebilir.
- Soğuma sırasında faz dönüŐümü olmadığından düşük sıcaklıklarda kırılğanlık yaşamazlar.
- Sünek-gevrek geçiŐi göstermezler ve krojenik sıcaklıklarda bile yüksek tokluğa sahiptirler.

# Ostenitik paslanmaz çelikler

- sıradan bir çeliğin çok daha yüksek sıcaklılardaki yapısına sahiptirler.
- Kolayca kaynak yapılabilirler.
- Fakat yüksek alaşımlı ostenitik çeliklerde uygulanacak kaynak pratiğinin ve dolgu maddesinin seçimi titizlikle yapılmalıdır.
- diğer paslanmaz çeliklerden ayıran en önemli zellikler
  - Korozyona karşı yüksek dirençleri,
  - yüksek toklukları
  - Mıknatıslanmamalarıdır.



# Ostenitik paslanmaz elikler

- Bu malzemeler Petrokimya ve gıda sanayisinde kullanılırlar. Genellikle 8% Ni, 18% Cr içerirler.
- Piyasada popüler östenitik paslanmaz elikler
- AISI 301, 302, 303, 304, 305, 308, 309, 310, 314, 316, 317, 321, 329, 347, 348

# Ostenitik paslanmaz elikler

Gıda işleme tesis ve donanımları-kaynaklı  
Kimyasal tesisler  
Krojenik tesis ve araçlar



# Ostenitik paslanmaz çelikler

ostenitik paslanmaz çeliklerin düz tipleri en çok %0.08 C içerirler.

## Düşük karbonlu türler

- 425–870 °C aralığına ısıtıldığında çelikteki C, Cr ile karbür yapar ve matristen ayrılarak tane sınırlarında ökeler.
- Bu karbürler çözeltideki Cr’u tüketmiş olur ve tane sınırları korozyona hassas hale gelir.
- Bu durum C miktarı kontrol edilerek nlenebilir.
- Uygulamada kaynak işlemi varsa kaynak işleminde sonra ekstra korozyon direnci sağlayan «L» tipleri kullanılır.
- L harfi 304L’de olduğu gibi düşük C miktarını ifade eder:
- Karbür çökelmesini önlemek için C miktarı %0.03 altına sınırlanır. Fakat «L» türleri daha pahalıdır.

# Ostenitik paslanmaz çelikler

## yüksek karbonlu türler

- “H” kodlular % 0.04-0.10 aralığında C içerirler.
- Yüksek C yüksek sıcaklıklarda mukavemetin korunmasına yardımcı olduğundan, aşırı yüksek sıcaklıklardaki uygulamalar için genellikle bu «H» kodlu ostenitik çelikler tercih edilir.
- Tane sınırlarında çökelmiş karbürleri tekrar çözeltiye almak üzere bir ısıl işlem uygulanabilir. Bu çözeltiye alma tavı kaynak işleminden sonra yapılır.
- Boru ve bağlantıların kaynak işleminden sonra bir tav işlemi mümkün değilse, “L” tipi paslanmaz çelikler tercih edilmelidir.

# 300 serisi paslanmaz elikler

- Süneklik, Őekillendirilebilme ve yüksek korozyon direnci sayesinde en popüler paslanmaz çeliktir.
- Tümü 18Cr-8Ni paslanmaz çeliklerinden türetilmiŐtir.
- En yaygın olanlar 304 veya 304L'dir.
- Bu elikler paslanmaz elik tüketiminin ~%60'ını karŐılar.
- Diğer 300 grubu ostenitik çelikler 18-8 çeliğine ekstra korozyon direnci ve kaynaklanabilirlik kazandırmak için alaşım elementleri ilave edilerek elde edilmiştir.



# 300 serisi paslanmaz çelikler

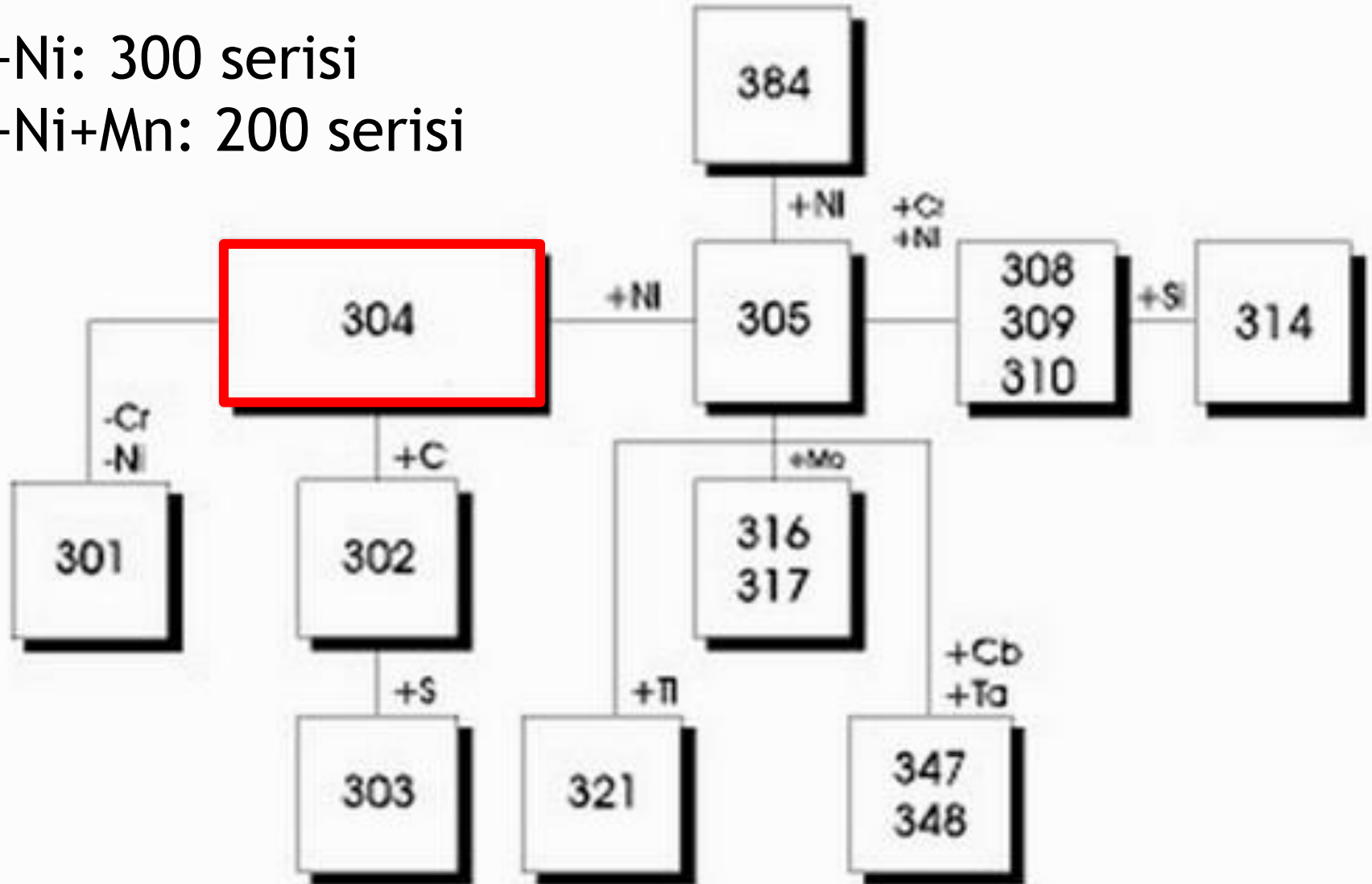
- Mesela 304 eliğine Ti ilave edilerek 321 çeliği elde edilir. 321 çeliği orta sıcaklık malzemelerinin en yaygınıdır.
- 304 eliğine %2 Mo ilave ederek Klorür korozyonuna daha dirençli olan 316 çeliği elde edilmiştir.
- 304 eliğine daha fazla Cr eklenerek yüksek sıcaklık uygulamalarında tercih edilen 310 çeliği geliştirilmiştir.
- Ostenitik paslanmaz çeliklerin başlıca zayıflığı klorür gerilmeli korozyon çatlamasına hassasiyetleridir.



# Ostenitik çelikler

Cr+Ni: 300 serisi

Cr+Ni+Mn: 200 serisi



# Ostenitik paslanmaz çelikler

## 304 paslanmaz eliği

- Ostenitik elikler arasında yaklaşık %18 Cr ve %8 Ni içeren en popüler paslanmaz elik.
- Kimyasal tesisleri ve proses donanımları, gıda, süt ürünleri ve içecek endüstrisinde yaygındır.
- Isı değiştiricilerde ve çok agresif olmayan kimyasalların depolanması, taşınması yapısal uygulamalarında tercih edilir.

# Ostenitik paslanmaz çelikler

## 316 paslanmaz eliği

- %16-18 Cr ve %11-14 Ni içerir.
- 304'den farklı olarak Mo de içerir.
- Mo oyuklanma korozyonunu kontrol için kullanılır.
- Mo en az %2 kadar olmalıdır.
- 316 eliği kimyasal tesislerinde, kağıt ve hamuru sanayinde, gıda ve içecek endüstrisinde, daha agresif kimyasallara karşı tercih edilir.

# Ostenitik paslanmaz elikler

## Tip 317

aşırı korozif ortamlarda kullanılmak üzere 316'dan daha fazla Mo içerir. Mo en az %3 kadar olmalıdır. Gaz temizleyicisi olan bacalarda kullanılır.

## Tip 317L

Ekstra korozyon direnci için C maksimum %0.03 ile, Si de en fazla %0.75 ile sınırlıdır.

## Type 317LM

En az %4 Mo içerir.

## Type 317LMN

Min %4 Mo ve minimum %0.15 N içerir.

# Ostenitik paslanmaz elikler

## Tip 321/347

- Bu elikler 425 C üstündeki sıcaklıklarda aralıklı maruz kalmalarda korozyon direnci için geliştirilmiştir.
- 321 Ti ilavesi ile, 347 ise Ta/kolombiyum ile elde edilmektedir.
- Bu elikler uçak sanayinde kullanılmaktadır.

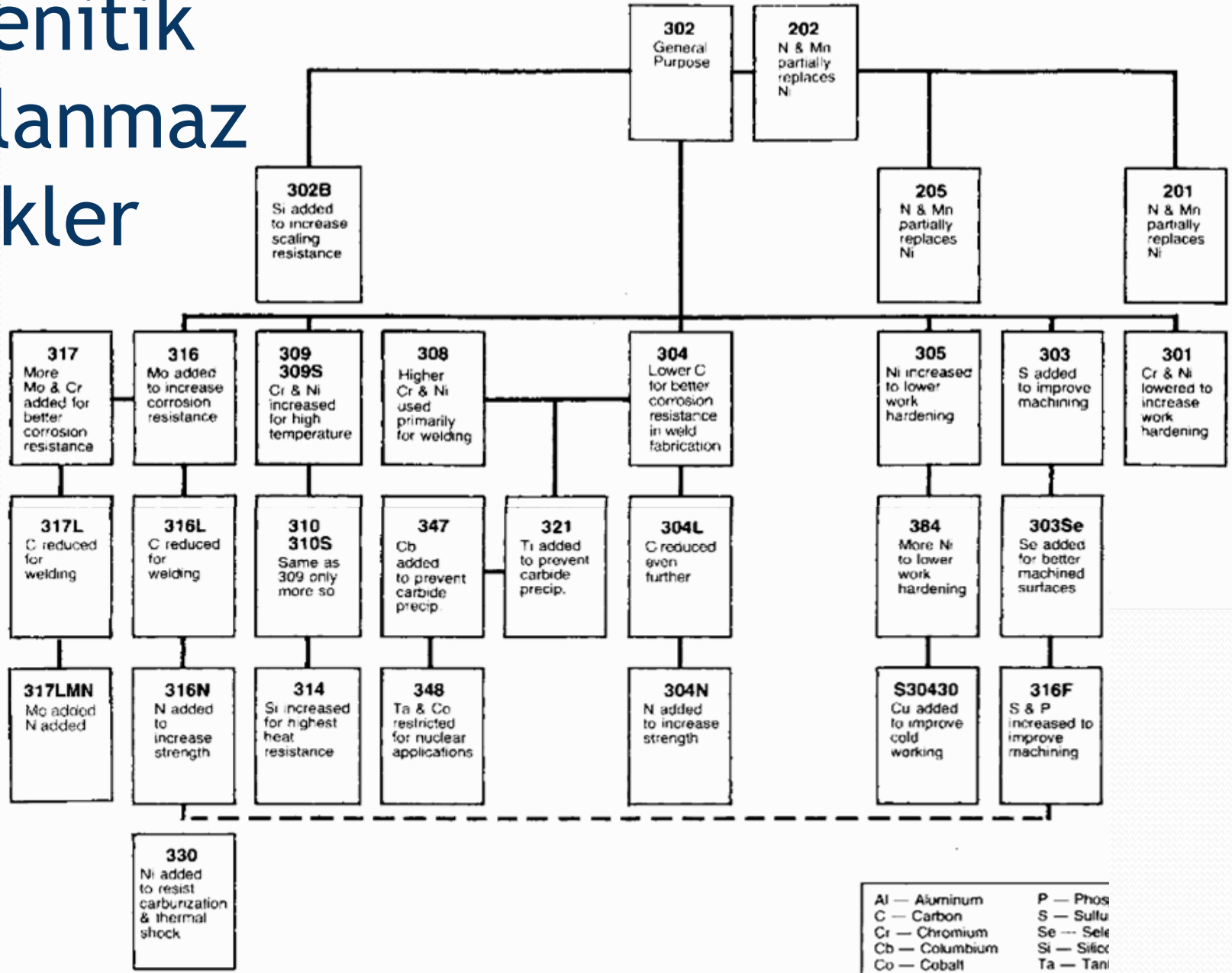
# Ostenitik paslanmaz elikler

## Genel zellikler:

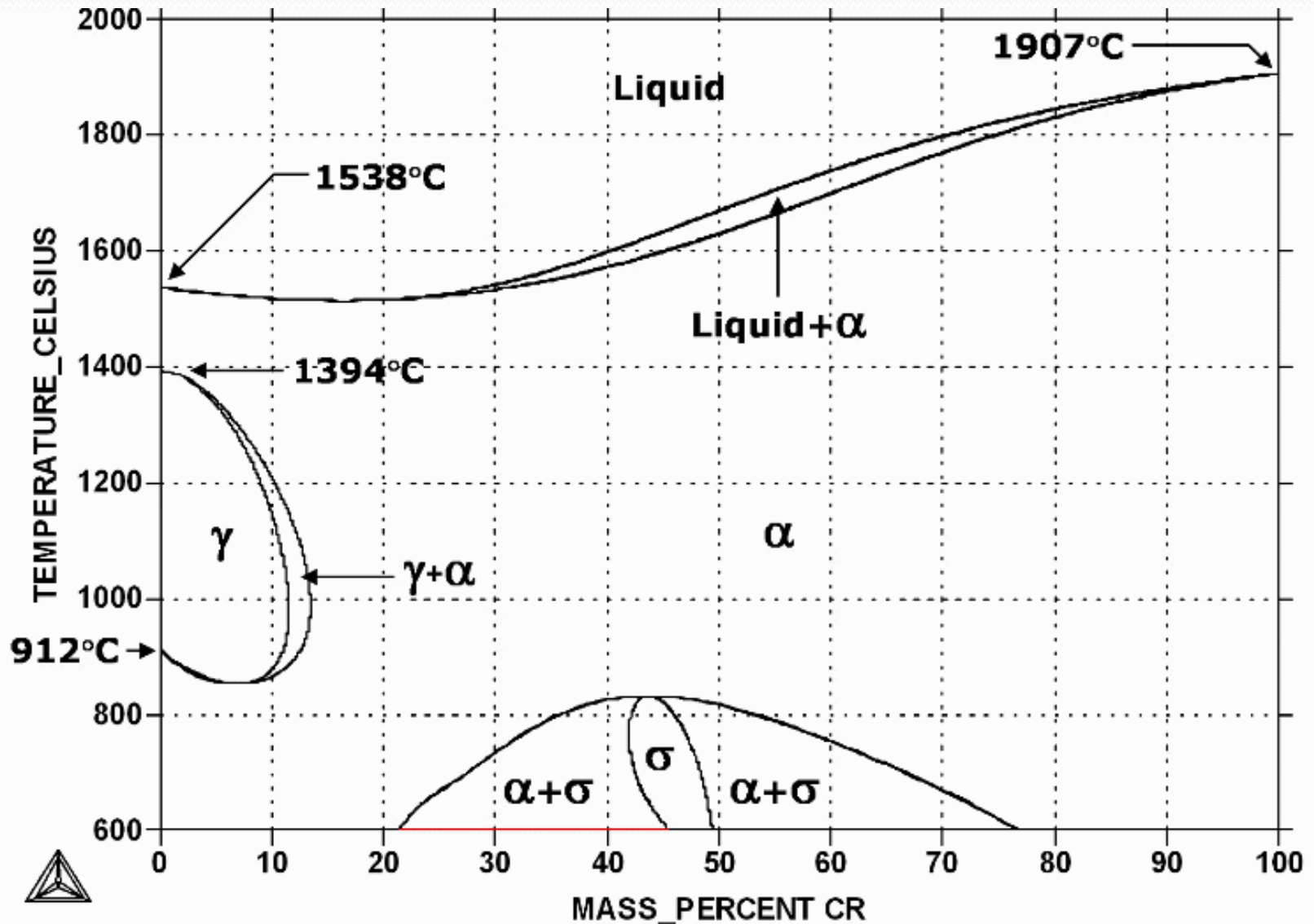
- Genellikle manyetik değil.
- Çok sünek! Mükemmel Şekil verilebilirlik!
- Mükemmel korozyon direnci
- Isıl işleme değil fakat deformasyonla sertleşebilir.
- ortalama mukavemet
- 475  C gevrekliği göstermez.
- Gevrek-sünek geçiŐi yok.
- Hidrojen gevrekliği göstermez.
- Klorürlü ortamlarda riskli; gerilme korozyonu çatlaması olur.



# Ostenitik paslanmaz çelikler



# ferritik paslanmaz çelikler



# ferritik paslanmaz çelikler

- Martensitik çelikler gibi, ferritik paslanmaz çelikler de, Ni'siz düz Cr'lu çeliklerdir.
- Bir çok ferritik paslanmaz çelik %30 kadar Cr ve % 0.12 C içerir.
- Krom HMK kafes yapısına sahip olduğundan ferrit yapıcı bir elementtir. Ferriti kararlı kılarken osteniti de azaltır; bu sayede ferrit faz alanı oda sıcaklığına kadar devam eder.
- $Cr \geq 12$  ağırlık % fazla olduğunda ostenit fazı oluşmaz.



# ferritik paslanmaz elikler

- Ni içermedikleri için ostenitik çeliklerden daha ucuzdurlar.
- Korozyon direnci martensitik çeliklerden daha yüksek fakat ostenitik paslanmaz çeliklerden daha düşüktür.
- Ostenitik paslanmaz çeliklerin yüksek korozyon direncinin lüks olduğu durumlarda tercih edilirler.
- Manyetikler.
- Mukavemetleri tatminkardır.
- HMK kristal yapısı yüzünden süneklik ve Şekil verilebilirlik sınırlıdır.

# ferritik paslanmaz çelikler

- tokluk düşüktür.
- Ferritik paslanmaz çelikler, ısıl işleme sertleştirilemezler.
- sertleştirilmeleri gerekirse soğuk işleme (soğuk haddeleme vb) sadece mütevazi ölçüde sertleştirilip (deformasyon sertleşmesi sınırlıdır.) tavlama ile yumuşatılırlar.
- H gevrekliğine hassastırlar.
- Sünek-gevrek geçiş davranışı gösterirler.
- 315 °C gibi sıcaklıklarda bile gevrekliğe maruz kalırlar.

# Ferritik paslanmaz elikler

- C- ve düşük alaşımlı çeliklere benzer mikroyapıya sahiptirler.
- **Kaynak sonrası sınırlı tokluk nedeniyle kullanımları oldukça ince kesitlerle sınırlıdır.**
- Kaynak gerektirmediğinde çok geniş bir kullanım alanına hitap ederler.
- **Mo ilaveli yüksek Cr elikleri deniz suyu gibi oldukça agresif ortamlarda kullanılabilirler.**
- Ayrıca klorlu ortamlarda gerilme korozyon çatlamasına dirençlerinin yüksek olması sebebiyle de kullanılırlar.



# Ferritik paslanmaz elikler

- Otomotivde eksoz borularında ve kimyasallar için depo, tank vs imalatında kullanılırlar. Ayrıca ısı iletim katsayıları yüksek olduğundan kazan imalatı için uygundur.
- Dekoratif yüzey ve profiller, lavabo, başta eksoz donanımı olmak üzere çeşitli otomotiv uygulamalarında tercih edilirler.
- Piyasada popüler ferritik paslanmaz elikler: AISI 405, 430, 446.

# ferritik paslanmaz çelikler

Otomobil egsoz  
parçaları

Tarım ilacı tankları

Yüksek sıcaklık  
vanaları

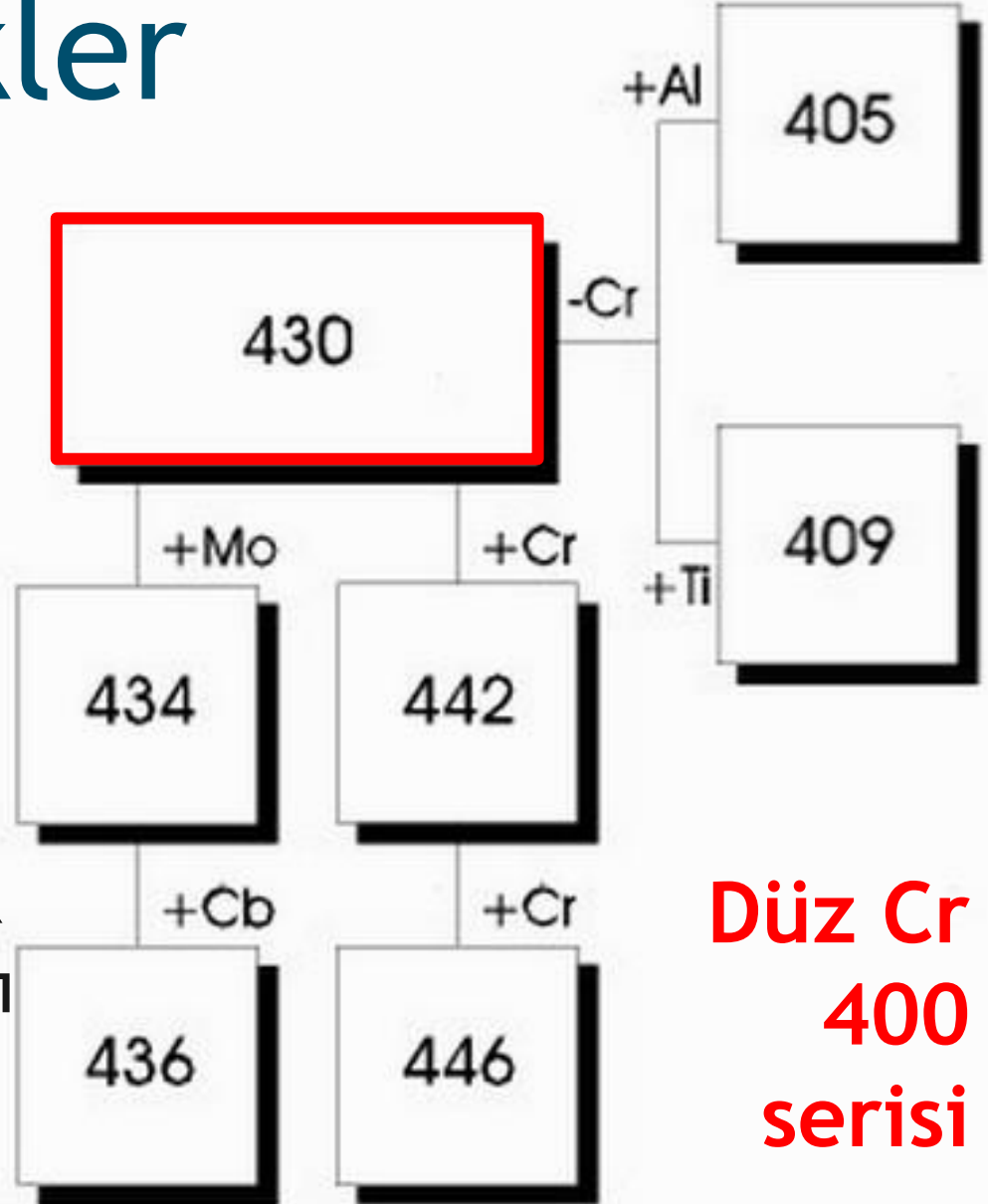
Cam işleme kalıpları



# Ferritik çelikler

## 430 paslanmaz çeliği

- Ferritik çelikler arasında genel amaçlı çeliktir.
- 304'den biraz daha düşük korozyon direncine sahiptir.
- Nitrik asit, kükürt gazları, çeşitli organik ve gıda asitlerine karşı yüksek korozyon direncine sahiptir.



# Ferritik paslanmaz elikler

## 405

- Cr'u daha düşüktür.
- yüksek sıcaklıklardan soğutulduğunda sertleşmeyi önlemek için alüminyum ilave edilmiştir.
- Tipik uygulama alanı ısı değiştiricileridir.

## 409

- Tüm paslanmaz çelikler arasında en düşük Cr'lu olandır ve en ucuzdur.
- Egsoz susturucusu için geliştirilmiştir ve kritik olmayan koroziyel ortamlarda da dış parçalarda da kullanılır.

# Ferritik paslanmaz elikler

## 434

- Korozyon direncini arttırmak için Mo ilave edilmiştir.
- Tipik uygulamaları otomotiv parçaları ve perçin vb bağlantı elemanlarıdır.

## 436

- Isı ve korozyon dayanıklılığı için kolombiyum (Cb) ilave edilmiştir.
- Tipik olarak derin çekilen parçalarda kullanılır.

# Ferritik paslanmaz çelikler

## 442

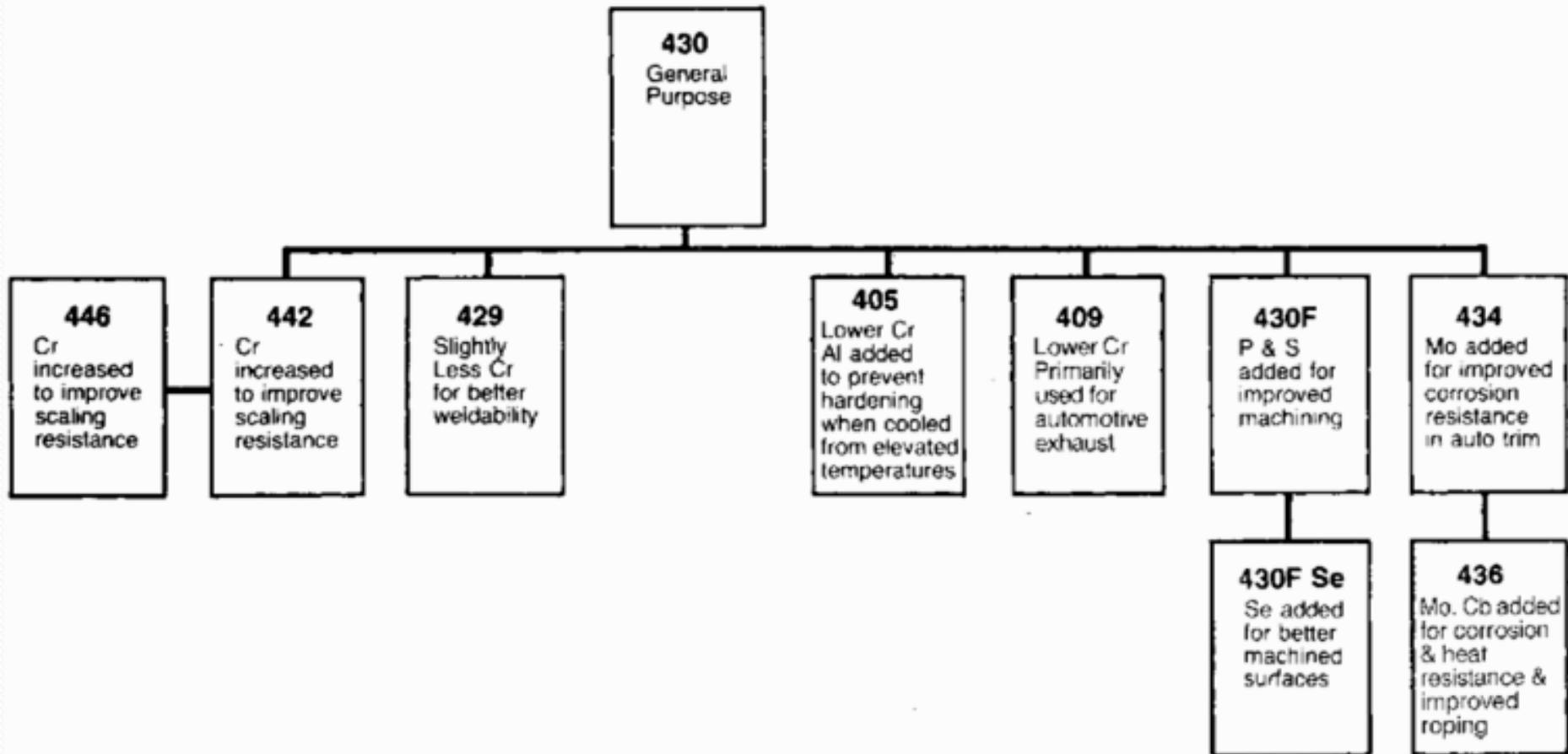
- Oksitlenme direncini arttırmak için Cr miktarı artırılmıştır.
- Tipik uygulamalar fırın ve ısıtıcı gövde ve parçalarıdır.

## 446

- Yüksek sıcaklıklarda korozyon ve oksitlenme direncini daha da arttırmak için Cr miktarı daha da yüksektir.
- kükürtlü atmosferlerde oksitlenme direnci için iyi bir seçimdir.



# Ferritik paslanmaz çelikler



# martensitik paslanmaz elikler

- Cr esaslı oldukları için ferritik çeliklere benzerler fakat daha yüksek C içerirler (%1'e kadar).
- Düşük karbonlu elik elde etmekteki güçlükler nedeniyle geliştirilen ilk paslanmaz çeliklerdir.
- hem korozyona dayanıklılık hem de mukavemet gerektiren uygulamalar için geliştirilmiştir.
- %10.5-18 Cr ve %0.2-1.0 C içerirler.
- Ni içermeyen düz Cr'lu çeliklerdir.
- Korozyona sadece 304 çelikleri kadar dayanıklı fakat yerini aldıkları karbon çeliklerinden çok daha stndrleri.

# martensitik paslanmaz elikler

- Yüksek mukavemet ve orta seviyede korozyon direnci gerektiğinde tercih edilirler.
- Karbon takım eliklerindeki gibi mükemmel sertliklerini yüksek karbondan alırlar.
- Keskin kenarlarını yüksek sertlik ve korozyon dirençlerine borçludurlar.
- Bu paslanmaz çeliklerin en önemli özelliği ısıl işlem yolu ile sertliklerinin arttırılabilmeleridir.
- 750 °C üstünde ostenitleme ve ardından oda sıcaklığına su verme ile martensit yapısı oluşturularak üretilirler.

# martensitik paslanmaz elikler

- Bu Şekilde oluŐturulan martensitik paslanmaz çelikler temperleme ile daha da sertleştirilebilirler.
- Diğer çeliklere benzer Şekilde ısıl işlem görürler; fakat sertleŐebilirlikleri daha yüksektir.
- Korozyona diğer paslanmaz çelikler kadar dayanıklı olmamakla birlikte daha yüksek sertlik ve mukavemete sahiptirler.
- Süneklik ve toklukları düşük, Şekil verilebilirlikleri sınırlıdır.
- Sünek-gevrek geçiŐi gösterirler.
- Ferromanyetiklerdir.

# martensitik paslanmaz elikler

- Kaynak yapılabilirlikler sınırlı olmakla birlikte titizlikle gerçekleştirilmek kaydı ile kaynak yapılabilirler.
- Benzer dolgu maddesi kullanılırsa çatlama görülebilir.
- Bu sayede karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler gibi sertleştirme ve temperleme işlemleri uygulanabilir.
- Piyasada levha ve tabaka gibi yassı formlardan ziyade genellikle uzun çubuk vb formlarda bulunurlar.

# martensitik paslanmaz elikler

- Aynı sertleştirme ve temper mekanizmalarını kullandıklarından esasen paslanmaz takım elikleridir.
- Tipik uygulamalar; Keskin kenarları sayesinde yüksek kaliteli bıçaklar (İsviçre akısı, ameliyat neşteri), Erozyonlu korozyonun sorun olduğu korozyona dayanıklı bilya ve rulmanlar, valf ve yaylardır.
- Piyasada AISI sade Cr'lu 400 serisi (403, 410, 414, 416, 418, 420, 422, 431, 440), 501, 502 kalite olarak bilinen paslanmaz çelikler martensitik paslanmaz çeliklerdir.



# martensitik paslanmaz elikler

Ateşli silah namluları  
Saat kayışları  
Kesiciler  
Bıçaklar  
Ameliyat gereçleri



# martensitik paslanmaz çelikler

Isıl işlemle sertleşirler.

Sertlik, mukavemet ve aşınma direncinin bir arada gerektiği yerlerde kullanılırlar.

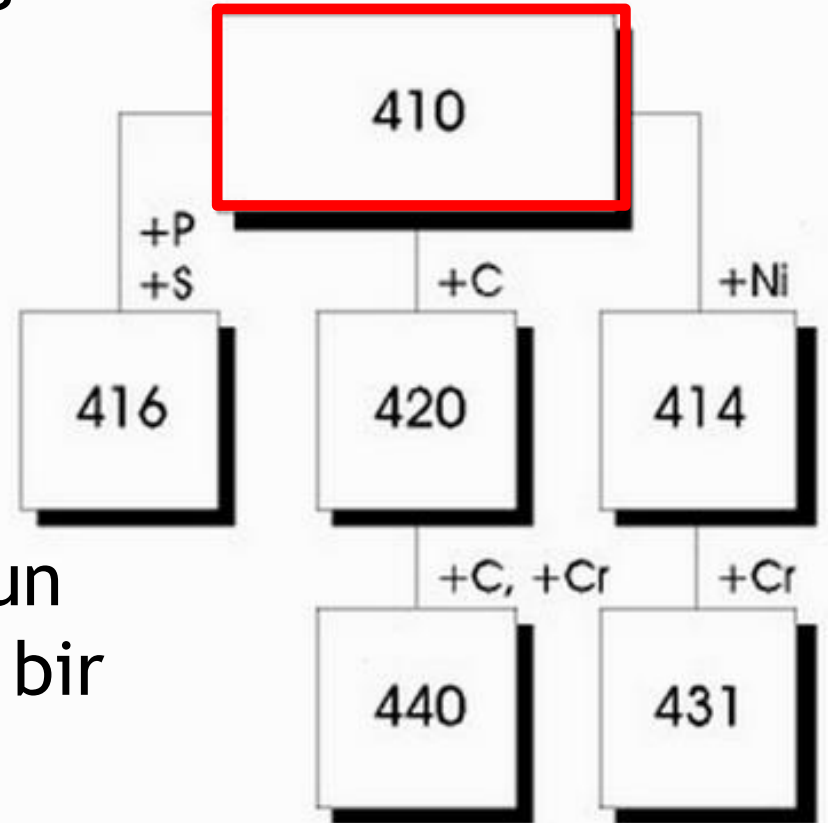
Bazıları

UTS= 1380 Mpa'a

kadar

sertleştirilebilirler.

410 çeliği martensitik grubun yükünü çeken genel amaçlı bir çeliktir.



# martensitik paslanmaz elikler

## 410

- Temel 3 paslanmaz çelikten (304, 430 ve 410) en az alaşım içeren martensitik elik.
- Ucuz, genel amaçlı kullanıma uygun, ısıl işlem uygulanabilir.
- Korozyon şiddetli olmadığında (hava, su, bazı kimyasallar ve gıda asitleri ile)yaygın olarak kullanılır.
- Tipik uygulamalar mukavemet ve korozyon direncini bir arada gerektiren yüksek gerilmelere maruz kalan bağlantı parçaları gibi uygulamalarda tercih edilir.

# martensitik paslanmaz çelikler

## 410S

- 410'a göre daha az C içerir.
- Dolayısı ile sertleşebilirliği daha düşük fakat kaynak kabiliyeti daha yüksektir.
- 410S genel amaçlı korozyon ve ısıya dayanıklı Cr çeliğidir.

## 414

- Daha yüksek korozyon direnci için %2 Ni ilave edilmiştir.
- Yay ve çatal bıçak takımlarında tercih edilir.

# martensitik paslanmaz elikler

## 416

- İşlenebilirliği arttırmak için fosfor ve kükürt eklenmiştir.
- Tipik uygulamaları vidalı makine parçalarıdır.

## 420

- Üstün mekanik özellikler için daha yüksek karbon içerir.
- Tipik olarak ameliyat alet ve takımlarında kullanılır.

# martensitik paslanmaz elikler

## 431

- Daha iyi mekanik özellikler ve korozyon direnci için daha yüksek Cr içerir.
- Tipik uygulamaları valf ve pompa gibi yüksek mukavemet parçalarıdır.

## 440

- Tokluk ve korozyon direnci için daha da yüksek Cr ve C içerir.
- Tipik olarak entrmanlarda kullanılır.



# Martensitik paslanmaz çelikler



# dupleks paslanmaz elikler

- %18-26 Cr, %4-7 Ni, %0-4 Mo, Cu ve Fe içerir.
- Düşük Ni'li olanların yapısı ferrit matrisinde ostenit adacıklarından oluşurken, yüksek Ni'li olanlarda ostenitik matriste ferrit adacıkları görülür.
- Tavlı ostenit ve ferrit karışımı bir yapıya sahiptir.
- ostenitik çeliklerin korozyon direncini daha yüksek mukavemet ile birlikte sunar.
- hafif dupleks" elikler ostenitik eliklerinkine yakın bir korozyon direnci ve daha yüksek mukavemet ve gerilmeli korozyon atlamaı direncine sahiptir.

# dupleks paslanmaz elikler

- Süper dupleks çelikler standart ostenitik çeliklere göre bütün korozyon türlerine daha dayanıklı ve daha mukavemetlidirler.
- Oyuklanma ve aralık korozyonuna mükemmel direnç gösteriler.
- Matris ferritik ise, klorürlü ortamlarda gerilmeli korozyon atlmasına dirençlidirler.
- Matris ostenitik olduğunda gerilmeli korozyon atlmasına hassastırlar.

# dupleks paslanmaz elikler

- Gerek ferritik gerek ostenitik çeliklerden daha yüksek mukavemete sahiptir.
- Başlıca zellikleri yüksek mukavemet, iyi korozyon direnci, iyi snekliktir.
- Dupleks elikler kaynak yapılabilir fakat ostenit ve ferritin doğru dengesini korumak için titizlik gerekir.
- Düşük sıcaklıklarda sünek-gevrek geçişi gösterirler.
- Şekil alabilirlik makul seviyededir fakat Şekil vermek için ostenitik çelikler için gerekenden daha yüksek gerilmeler gerekir.

# dupleks paslanmaz elikler

- Kaynak yapılabilir fakat kaynak sarfları ve ısıtma miktarı hususlarında titiz olunmalıdır.
- %50 kadar ostenit fazı yüzünden ferritik, martensitik ve çökeltme sertleşmeli çelikler kadar olmamakla birlikte manyetikler.
- Dupleks elikler paslanmaz çeliklerin en yeni türleridir.
- 2205 eliği normal çeliklere göre daha yüksek mukavemet ve gerilmeli korozyon atlamağı direncine sahiptir.
- Yaygın türler: 329 ve 2205.

# dupleks paslanmaz çelikler

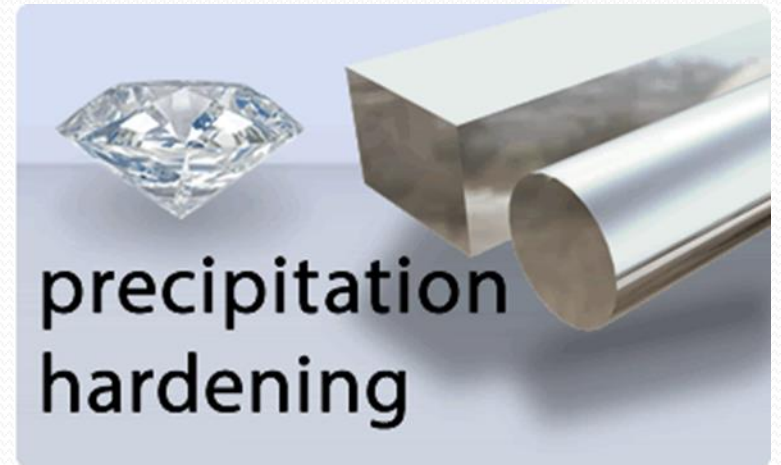
## zellikler:

- Manyetik
- Hem ostenit hem ferrit
- Yüksek mukavemet
- 315  C kadar düşük sıcaklıklarda 475  C gevrekliği gösterir.
- Hidrojen gevrekliği sergiler.
- Sünek-gevrek geçişi vardır.
- Ferritik sürekliliği varsa klorür gerilmeli korozyon çatlaması görülür.



# Çökeltme sertleşmeli SS

- Cu, Nb, Al, Ti ve Mo gibi elementlerin ilavesi ile çok yüksek mukavemete ulaşabilen Cr-Ni çelikleridir.
- Uygun bir yaşlandırma işlemi ile bu alaşım elementleri matriste çok ince çökelti oluşturur.
- bu çökelti dislokasyon hareketlerine engel olurken, mukavemet ve sertlik artar.
- hem ostenitik hem de martensitik paslanmaz çeliklerin karakteristik özelliklerine sahiptirler.



# Çökeltme sertleşmeli SS

- Isıl işleme Yüksek mukavemet kazandırılabilirler.
- Korozyon direnci 304 gibi standart ostenitik çeliklerinkine benzer.
- Korozyona dirençli yapısal uygulamalara adaydırlar.
- Bazı paslanmaz çelikler mekanik özelliklerini korudukları ve oksidasyona direnç gösterdikleri için yüksek sıcaklıklarda ve aşırı atmosferlerde kullanılırlar.
- Oksitleyici atmosferler için servis sıcaklığı üst sınırı yaklaşık 1000 °C'dir.

# Çökeltme sertleşmeli SS

- Bu çelikler çözeltilmeye alındıklarında yumuşak ve sünektir fakat düşük sıcaklıkta (540 °C) bir çökeltme sertleşmesi tavı gördüklerinde mukavemetleri en az 2 katına çıkar ve çok sert hale gelirler.
- Su verme işlemleri distorsiyonlara ve renk değişimlerine yol açmaz.
- ısıtma işlemde çok az distorsiyon yaşandığından son yaşlandırma işleminden önce çok dar toleranslarla karmaşık şekillere işlenebilir.
- çarpılmanın büyük bir sorun olduğu martensitik çeliklere göre bir üstünlük sağlar.

# Çökeltme sertleşmeli SS

- Bunlar arasında 17Cr-4Ni (17-4PH) ve 15Cr-5Ni (15-5PH) çelikleri vardır.
- Daha popüler olanların yapısı martensitik, bazı yüksek Ni'li özel türlerin yapısı osteniktir.
- Ostenitik PH çeliklerin yerini büyük ölçüde daha karmaşık ve daha mukavemetli süper alaşımlar almıştır.
- Martensitik PH çelikler bu grubun en yaygın türleridir.
- Ultra yüksek mukavemetli paslanmaz çelik (17-7PH) olağanüstü mukavemetli ve korozyona dirençlidir.

# Çökeltme sertleşmeli SS

- PH çelikleri paslanmaz çeliklerin en son geliştirilen türüdür ve gelecek parlak görünmektedir.
- Çökeltme sertleşmeli paslanmaz çelikler başka hiçbir malzeme sınıfında bulunmayan, imalata uygunluk, mukavemet, ısıl işlem kolaylığı, korozyon direnci özelliklerini bir arada sunarlar.
- Yarı ostenitik PH çelikleri levha ve şerit olarak tasarlanmışken, diğer ürün formlarında da uygulama alanı bulmuştur.
- Esasen dövme parça, bar, çubuk, tel şeklinde kullanılmak üzere tasarlanmışken, martensitik PH çelikleri giderek yassı hadde ürünleri şeklinde tercih edilmektedir.

# Çökeltme sertleşmeli SS

- Bu çelikler yüksek mukavemet ve korozyon direncinin bir arada gerektiği uygulamalarda tercih edilir.
- Bu çelikler gaz türbinlerinde, yüksek sıcaklık buhar kazanlarında, ısıtım işlem fırınlarında, uçak, füze gövdelerinde ve nükleer güç santrallerinde kullanılırlar.
- Esas olarak havacılık sektörü için geliştirilmiş olmakla birlikte, bir çok ticari uygulamada makul maliyetleri ile geniş ilgi görmektedir.
- Geçmişte havacılık ve savunma sanayilerinde yaygın iken günümüzde enstrümantasyon ve akışkan kontrolü de uygulamaları arasına girdi.



# Çökeltme sertleşmeli SS

Yaylar

Bıçaklar

Basıncılı kaplar



# Çökeltme sertleşmeli (PH) paslanmaz çelikler

## özellikler:

Manyetik

yaşlandırmadan sonra aşırı yüksek mukavemet  
Çözeltiye alınmış halde, makul seviyede süneklik  
Korozyon direnci 304 çeliğinkine benzer

## Örnekler:

17-7PH, 17-4PH, 13-5PH, 15-8PH

Custom 450, Custom 455, AM 350, AM 355

# Ni-Cr-Mo paslanmaz çelikleri surgical SS

Vücuda  
takılan küpe  
vb aksesuarlar



# paslanmaz çelikler

	AISI type	Usage
Martensitik Isıl işleme sertleştirilebilir!	410 420 440C	Genel amaç Isıl işleme sertleşebilir.
ferritik korozyona martensitiklerden daha dayanıklı fakat ısı işleme sertleşmez!	405 430 446	Soğuk işleme sertleşebilir.
ostenitik En yüksek korozyon direnci fakat sertleşme sadece soğuk işleme!	201 202 301 302 302B 304L 310 316 321	Yüksek sıcaklıklar için Kaynak için modifiye Üstün korozyon direnci

# Paslanmaz çelik örnekleri

çelik	%C	%Cr	%Ni	diğer	UTS (MPa)	YS (MPa)	El (%)	durum
<b>ostenitik</b>								
201	0.15	17	5	6.5%Mn	655	310	40	tavlı
304	0.08	19	10		517	207	30	
"					1275	140	9	Soğuk deformasyon
304L	0.03	19	10		517	207	30	tavlı
316	0.08	17	12	2.5%Mo	517	207	30	tavlı
321	0.08	18	10	0.4%Ti	586	241	55	tavlı
347	0.08	18	11	0.8%Nb	620	241	50	tavlı
<b>Ferritik</b>								
430	0.12	17			448	207	22	tavlı
442	0.12	20			517	276	20	tavlı
<b>Martensitik</b>								
416	0.15	13		0.6%Mo	1241	965	18	Q + T
431	0.20	16	2		1379	1034	16	Q + T
440C	1.10	17		0.7%Mo	1965	1896	2	Q + T
<b>Yaşlanma sertleştirilmesi</b>								
17-4	0.07	17	4	0.4%Nb	1310	1172	10	yaşlandırılmış
17-7	0.09	17	7	1.0%Al	1654	1586	6	yaşlandırılmış

# paslanmaz çelik örnekleri

Type	UNS number	Composition (wt %) <sup>a</sup>							
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
<i>Austenitic Types</i>									
201 <sup>b</sup>	S20100	0.15	5.5–7.5	1.00	16.0–18.0	3.5–5.5			
304	S30400	0.08	2.00	1.00	18.0–20.0	8.0–10.5			
310	S31000	0.25	2.00	1.50	24.0–26.0	19.0–22.0			
316	S31600	0.08	2.00	1.00	16.0–18.0	10.0–14.0	2.0–3.0		
347 <sup>c</sup>	S34700	0.08	2.00	1.00	17.0–19.0	9.0–13.0			
<i>Ferritic Types</i>									
405	S40500	0.08	1.00	1.00	11.5–14.5				0.10–0.30
430	S43000	0.12	1.00	1.00	16.0–18.0				
<i>Martensitic Types</i>									
410	S41000	0.15	1.00	1.00	11.5–13.0				
501	S50100	0.10 min	1.00	1.00	4.0–6.0		0.40–0.65		
<i>Precipitation-Hardening Types</i>									
17–4 PH <sup>d</sup>	S17400	0.07	1.00	1.00	15.5–17.5	3.0–5.0		3.0–5.0	
17–7 PH	S17700	0.09	1.00	1.00	16.0–18.0	6.5–7.75			0.75–1.5

Source: Data from *Metals Handbook*, 9th ed., Vol. 3, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1980.

<sup>a</sup>Single values are maximum values unless otherwise indicated.

<sup>b</sup>0.25 wt % N.

<sup>c</sup>10 × %C = min Nb + Ta (optional).

<sup>d</sup>0.15 – 0.45wt % Nb+Ta.



# Paslanmaz elikler

- Paslanmaz elikleri otoyol yapılarında köprülerde beton donatısı olarak kullanmak son yıllarda yaygınlaşmıştır.
- tuz ve betonun kendisinin oluşturduğu risk göz önünde bulundurulduğunda paslanmaz çelikler karbon çeliklerine göre daha güvenli bir malzeme seçimidir.



# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

Aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmalıdır:

## Korozif ortam

Atmosferik mi, su var mı? belirli kimyasalların konsantrasyonları, klorür miktarı, ortamda asit olup olmadığı.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

## Servis sıcaklığı

- Yüksek sıcaklıklarda genel olarak korozyon hızlanır.
- Bu nedenle daha üst kalite bir paslanmaz elik seçilmelidir.
- Düşük sıcaklıklarda kullanılacak ise tok ostenitik bir paslanmaz elik seçilmelidir.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

## Mukavemet gereksinimi nedir?

- Ostenitik, dupleks, martensitik ve çökeltme sertleşmeli paslanmaz çelikler daha yüksek mukavemet değerleri verirler.
- Aralarından seçmek için kaynak ve şekil verme işlemleri dikkate alınır.
- Mesela, deformasyonla sertleştirilen ostenitik çelikler kaynak yapılacaksa kaynak işlemi sırasında mukavemet kaybı yaşanacağından uygun değildir.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

**Paslanmaz elik parçayı imal etmek için gerekli Şekil verme derecesi?**

- Ostenitik çeliklere diğerlerine göre daha kolay Şekil verilebilir.
- Ostenitik çeliklere yüksek oranda derin çekme ve germe Őekillendirmesi uygulanabilir.
- Genel olarak, ferritik çelikler bu kadar Őekillenebilir olmamakla birlikte oldukça karmaşık Őekiller retilebilir.
- Dupleks, martensitik ve çökelme ile sertleştirilen eliklerin Şekil verilebilirliği sınırlıdır.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

## Kaynak işlemi var mı?

- Ostenitik paslanmaz çelikler kaynak işlemine diğer türlerden daha yatkındır.
- Ferritik elikler ince kesitlerde kaynaklanabilir.
- Dupleks elikler tamamen kaynaklanabilirdir fakat ostenitik çeliklerden daha fazla dikkat ve titizlik ister.
- Martensitik ve çökeltme sertleşmeli çeliklerin kaynağı daha zor ve sorunludur.



# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

## Ürün formu

- Her paslanmaz elik her türlü ürün formunda (mesela levha, çubuk, tüp, boru vb) bulunamayabilir.
- **Ostenitik paslanmaz çelikler genellikle piyasada hemen hemen bütün ürün formlarında ve geniş bir boyut yelpazesinde bulunabilir.**
- **Ferritik elikler çoğunlukla çubuk formdan ziyade levha biçiminde bulunurken,**
- martensitik çelikler levhadan ziyade çubuk formunda bulunurlar.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

- Manyetik olmaması gibi zel Őartlar gerekli olabilir.
- Martensitik ve ferritik paslanmaz çelikler manyetik, ostenitik paslanmaz çelikler değildir.
- Yüzey kalitesi özellikle estetik nedenlerle bir çok uygulamada son derece önemlidir.
- Bulunabilirlik: seçilen çeliğin piyasada kolayca bulunabilir, eriŐilebilir bir elik olması gerekir.

# Paslanmaz elik nasıl seçilir?

## Maliyet

- Bazen teknik değerlendirme ile belirlenen paslanmaz elik maliyeti nedeniyle seçilen elik olmayabilir.
- Ancak maliyet konusunu da titizlikle ele almak gerekir.
- Bir çok paslanmaz elik uygulaması ilk maliyet yerine servis ömrü üzerinden hesaplandığında en ucuz seçenektir.

# Paslanmaz elik paslanır mı?

- Paslanmaz elikler sade karbon ve alaşımlı çeliklere kıyasla korozyona çok daha dayanıklı oldukları halde, bazı durumlarda korozyona uğrayabilirler.
- Normal atmosferik koşullarda ve su bazlı ortamlarda paslanmaz çelikler korozyona uğramazlar. Lavabo, tezgah, tencere, tava, atal, bıçak gibi evsel uygulamalarda bu dayanıklılığı görürüz.
- Daha agresif ortamlarda daha sade paslanmaz çelikler korozyona uğrayabilir ve bu gibi durumlarda daha yüksek alaşımlı ve daha dayanıklı olan türleri seçilmelidir.

# Paslanmaz elikleri hangi korozyon türleri tehdit eder?

## oyuklanma

Paslanmaz elik yüzeyindeki pasif koruyucu oksit filme bazı kimyasallar zarar verir.

Bunlar arasında en bilineni klor iyonudur (Cl<sup>-</sup>).

Cl<sup>-</sup> iyonu günlük kullanımda karşımıza tuz ve çamaşır suyu gibi bir çok maddede çıkabilir.

Oyuklanma korozyonu riski, paslanmaz elik yüzeylerinin bu gibi kimyasallarla uzun süreli temasına izin verilmeyerek azaltılabilir. Ayrıca ortamda Cl<sup>-</sup> iyonu olabilecekte daha yüksek alaşımlı ve daha dayanıklı paslanmaz elik seçilmelidir.

# Paslanmaz elikleri hangi korozyon turleri tehdit eder?

## Aralık korozyonu

Paslanmaz elik yuzeyinde pasif bir oksit tabakasının oluşması için yuzeye oksijen tedarik edilmelidir.

Çok dar aralıklarda bu tedarigi sağlamak zor olabilir.

Neticede, oksit filminin bütünlüğü bozulduğunda yeniden oluşması imkansızlaşır ve paslanmaz elik korozyona uğrayabilir.

Paslanmaz eliklerde aralık korozyonu aralık esnek bir madde ile kapatılarak veya daha dayanıklı elik türü seçilerek önlenabilir.



# Paslanmaz elikleri hangi korozyon türleri tehdit eder?

## **Gerilmeli korozyon çatlaması (SCC)**

Çekme gerilmeleri, sıcaklık ve korozif unsurların (Cl- iyonları) bir arada bulunmasını gerektiren bir hasar türüdür.

Gerilmeli korozyon çatlamasına rastlanan uygulamaların başında sıcak su tankları ve yüzme havuzları gelir.

Bunun bir türü olan sülfit gerilme korozyon çatlaması (SSCC) petrol va doğal gaz kuyu ve tesilerinde hidrojen sülfitten kaynaklanır.

# Paslanmaz çelikleri hangi korozyon türleri tehdit eder?

## Taneler arası korozyon

Çelikteki C miktarı çok yüksek ise,  $Cr+C \rightarrow Cr\text{-karbür}$   
Bu 450-850°C arasında gerçekleşir.

Bu olaya hassaslaşma da denir ve tipik olarak kaynak işlemi sırasında ortaya çıkar.

Pasif tabakayı oluşturması gereken Cr karbürlerde bağlandığından korozyon hasarı yaşanır.

Ancak düşük karbonlu («L») kodlu veya karbona ilgisi daha fazla olan Ti ve Nb ilave edilmiş paslanmaz çelikler kullanılarak önlenabilir.

# Paslanmaz elikleri hangi korozyon türleri tehdit eder?

## Galvanik korozyon

İki farklı metal su bazlı veya başka bir elektrolit içinde temas halinde ise meydana gelir.

Galvanik korozyondan paslanmaz çelikler de etkilenebilir.

Metalleri metalik olmayan lastik-kauçuk gibi bir yalıtkan ile izole etmek suretiyle nlenenebilir.

# Paslanmaz elikleri hangi korozyon turleri tehdit eder?

## Genel korozyon

Normal Şartlarda paslanmaz çelikler sade karbon çelikleri ve alaşımlı çelikler gibi korozyona uğramazlar.

Fakat bazı kimyasallarla ve özellikle asitlerle yüzeydeki pasif oksit filmi asit konsantrasyonuna, sıcaklığa bağlı olarak zarar görebilir ve bu zarar tüm yüzeye homojen olarak yayılabilir.

Özellikle, **hidroklorik ve sülfürik asit** belli konsantrasyonlarda paslanmaz çelikler için tehdit oluşturur.