

metalik malzemeler
15.10.2015

içerik

- Paslanmaz çeliklere devam.
- Takım çelikleri
- Dökme demirlere giriş.

paslanmaz elikler

Paslanmaz çeliklerdeki alaşım elementleri ferrit yapısı ve ostenit yapıcı olmak üzere 2 gruba ayrılırlar.

Paslanmaz eliği «Ostenitik» yapma kapasitesi Ni, «ferritik» yapma kapasitesi Cr üzerinden değerlendirilir.

Böylece Ni eődeęeri ve Cr eődeęeri ifadeleri ile paslanmaz çeliğin matris yapısı tahmin edilebilir:

Ni eődeęeri: $\%Ni + 0.5\%Mn + 30(\%C + \%N)$

Cr eődeęeri: $\%Cr + \%Mo + 1.5\%Si + 0.5\%Nb$

Paslanmaz elikler → süper alaşımlar

- 316 ve 317 korozyon şartlarına yeterli gelmediğinde süper alaşımlar kullanılır.
- Çok yüksek miktarlarda Ni ve/veya Cr ve Mo içerirler.
- 300 serisi alaşımlara göre genellikle çok daha pahalıdırlar ve bulmak güç olabilir.
- Bu alaşımlar arasında Alloy 20 ve Hastelloy sayılabilir.

süper alaşımlar

Alloy 20

Nikel-krom-
molibden
alaşımı; sülfürik
asitli
uygulamalar
için ideal.
Kimya, gıda,
eczacılık, enerji
ve plastik
endüstrileri

Fe	Balance
Ni.....	32.00% to 38.00%
Cr	19.00% to 21.00%
Mo	2.00% to 3.00%
Cu	3.00% to 4.00%
Cb + Ta	(8 x C%) to 1.00%
Mn.....	2.00% Maximum
Si.....	1.00% Maximum
P	0.045% Maximum
S	0.035% Maximum
C	0.07% Maximum

hastelloy

Ni	Cr	Fe	Mo	Co	W	C	Mn	Si	B
47	22	18	9	1.5	0.6	0.1	1	1	0.008

Paslanmaz elikler manyetik midir?

- Martensitik, ferritik, dupleks ve PH elikler manyetik, **Ostenitik elikler değildir.**
- %100 ostenitten oluşan bir çeliğin geçirgenliği 1 iken, her zaman bir miktar ferrit ve martensit fazı bulunur ve bu yüzden geçirgenlik değerleri 1'den yüksektir.
- soğuk deformasyon ve kaynak işlemi martensit ve ferrit miktarını arttırdığından Ostenitik eliklerin manyetik geçirgenliklerinin proses sürecinde değişmesi mümkündür.
- ostenitik çelikler manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi nonmanyetik uygulamalarda kullanılır.

Düşük sıcaklıklarda paslanmaz çelikler?

- **Ostenitik paslanmaz çelikler** sıvı helyum sıcaklığına ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$) kadar düşük sıcaklıklarda yaygın olarak kullanılırlar. Çünkü sünek-gevrek geçişi göstermezler.
- Farklı uygulamalar için minimum tokluk değerleri belirlenmiştir: çoğu çalışma koşulları için 40 J yeterli bir tokluk değeri olarak bilinir.
- ostenitik çelikler sıcaklık değişimi ile çok hafif bir darbe enerjisi değişimi sergiler ve $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de bile 100 J gibi yüksek darbe tokluk değerleri verirler.

Düşük sıcaklıklarda paslanmaz çelikler?

- Ferritik/martensitik çelikler dar bir sıcaklık aralığında ani bir sünek-gevrek geçişi gösterirler.
- Ferritik ve martensitik çeliklerin en iyileri bile -100°C - 0°C aralığında gevrekleşirler.

yüksek sıcaklıklarda paslanmaz çelikler?

Paslanmaz çeliklerin değişik türleri oda sıcaklığından 1100 °C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında kullanılırlar.

Çelik seçimi birkaç faktöre bağlıdır:

En yüksek çalışma sıcaklığı

Bu sıcaklıkta geçen süre

Prosesin çevrimsel olup olmadığı

Atmosfer türü; oksitleyici, redükleyici,
sülfürleyici, karbürleyici mi?

Mukavemet gerekliliği

yüksek sıcaklıklarda paslanmaz çelikler?

- Paslanmaz çelikler ile ısıya dayanıklı çelikler arasında bir ayırım yapılır fakat bu ayırım çok net değildir ve çoğu zaman bu grupları tek bir sınıf olarak görmekte yarar vardır.
- Yüksek Cr ve Si oksitlenme direncini arttırır.
- Yüksek Ni, karbürlenme direnci sağlar.

Popüler paslanmazlar: 304

- Bir çok uygulamaya aday!
- Mimari uygulamalarda basit paslanmaya dayanıklıdır.
- Gıda proses ortamlarına dayanıklıdır.
- Organik kimyasallara dirençlidir.
- 304L çeliği ortalama sıcaklıklarda ve konsantrasyonlarda nitrik aside dayanıklıdır.
- Sıvılaştırılmış gazların depolanmasında, krojenik donanım ve tanklarda, mutfak donanım ve gereçlerinde, hastane donanımlarında, nakliye ve atık su işlemlerinde yaygın olarak kullanılır.

316 eliği

- 304'e göre biraz daha yüksek Ni ve %2-3 Mo içerir.
- Bu sayede oyuklanmaya yol açan klorürlü ortamlarda korozyona 304'den daha dayanıklıdır.
- Özellikle sülfürik asit bileŐiklerine dirençli olduğundan 316 çeliği slfitli kağıt hamuru değirmenleri için geliştirilmiştir.
- Proses sektöründe bir çok kimyasalla kullanımı yaygınlaŐmıŐtır.

317 çeliği

%3-4 Mo ve 316'ya göre daha fazla Cr içerir ve oyuklanma ve aralık korozyonuna daha da dirençlidir.

430 çeliği

304'e göre daha az alaşımlıdır.

Çok da korozif olmayan ortamlarda parlatılmış yüzey uygulamaları için tercih edilir.

Aynı zamanda nitrik asit ve gıda proses sektörlerinde de kullanılır.

410 çeliği

3 genel amaçlı paslanmaz çelik arasında en az alaşımlı olandır.

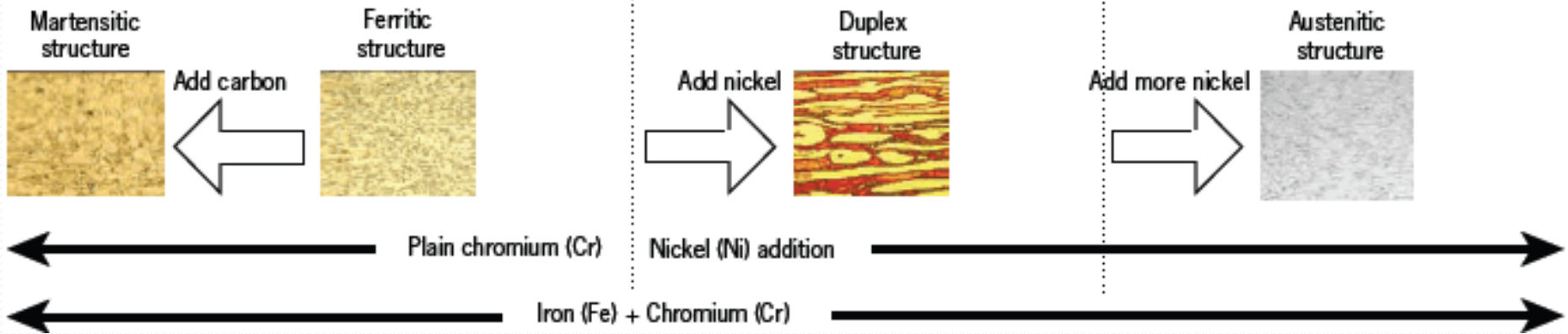
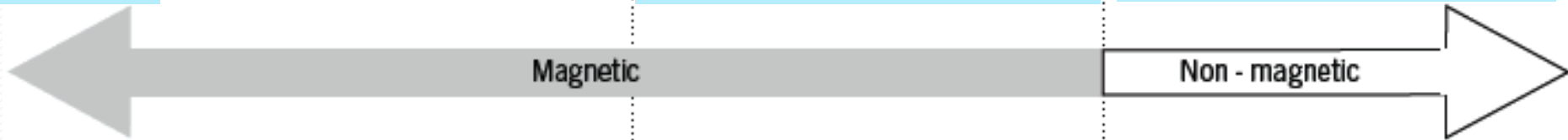
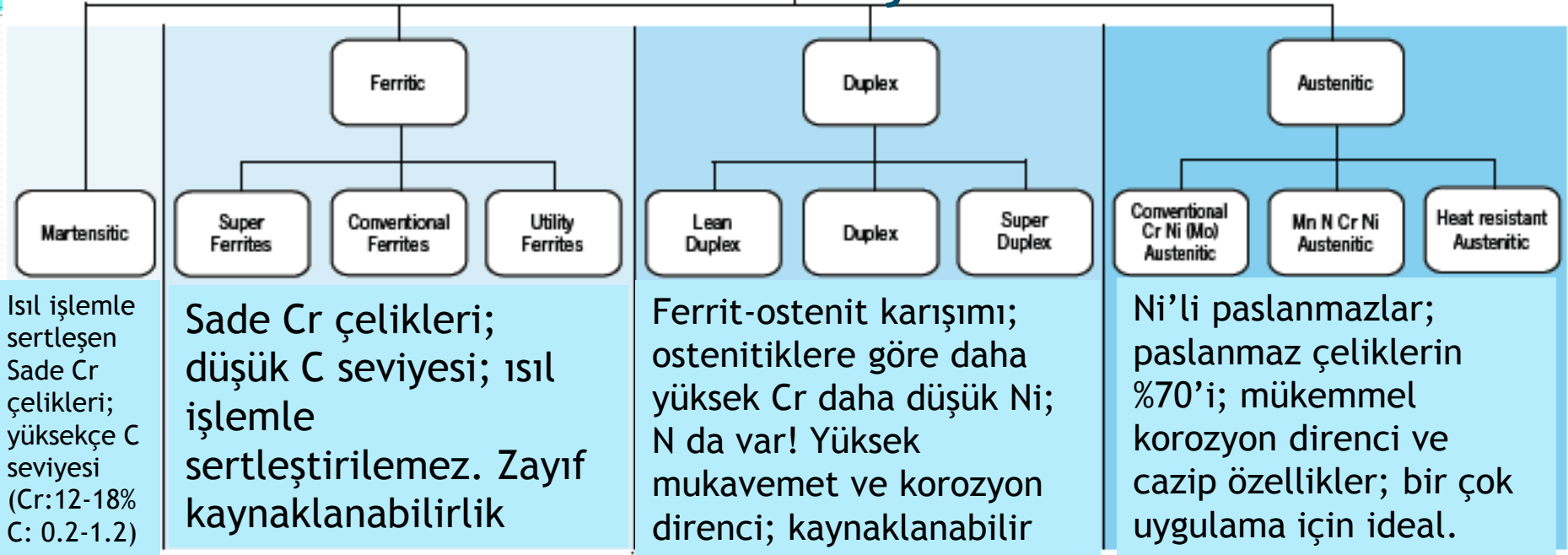
Mukavemet ve korozyon direncini bir arada gerektiren yüksek gerilmelere maruz kalan bağlantı elemanlarında (perçin vb) kullanılır.

Aşırı olmayan korozif ortamlarda, buhar ve ılımlı kimyasal ortamlarında korozyona dayanıklıdır.

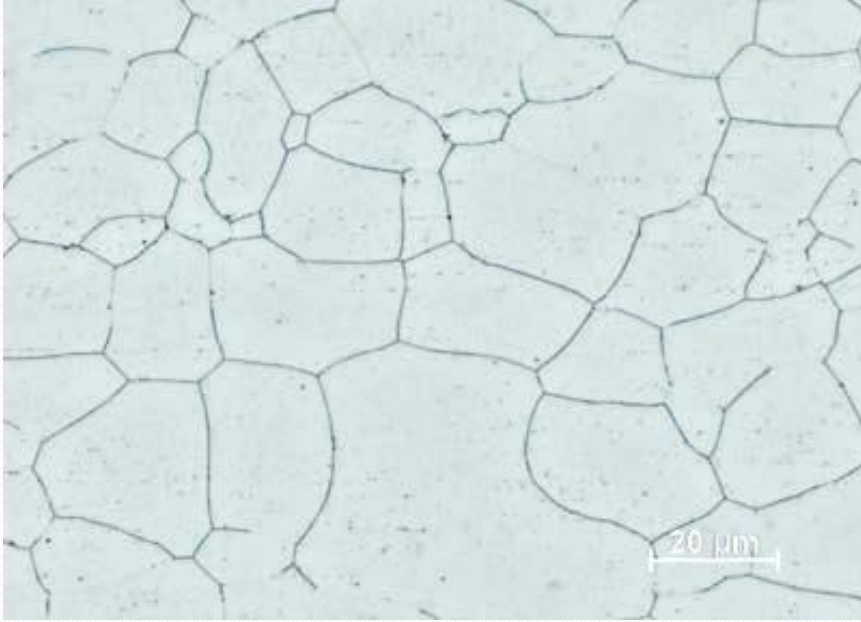
2205 çeliği

304 ve 316'ya göre klorürlü ortamlarda gerilmeli korozyon çatlamasına daha avantajlı olup iki kat mukavemettir.

Paslanmaz çelikler

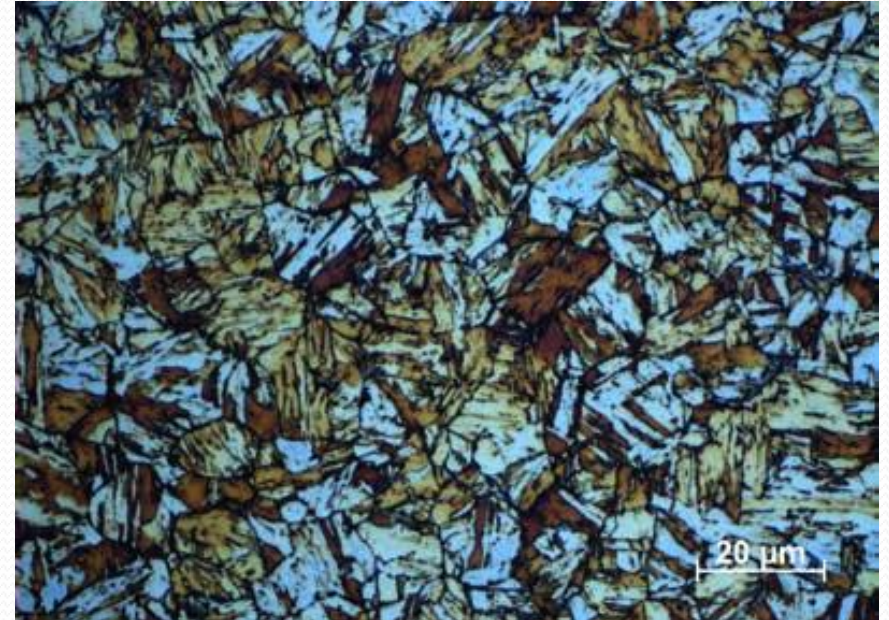


Paslanmaz elikler-mikroyapı



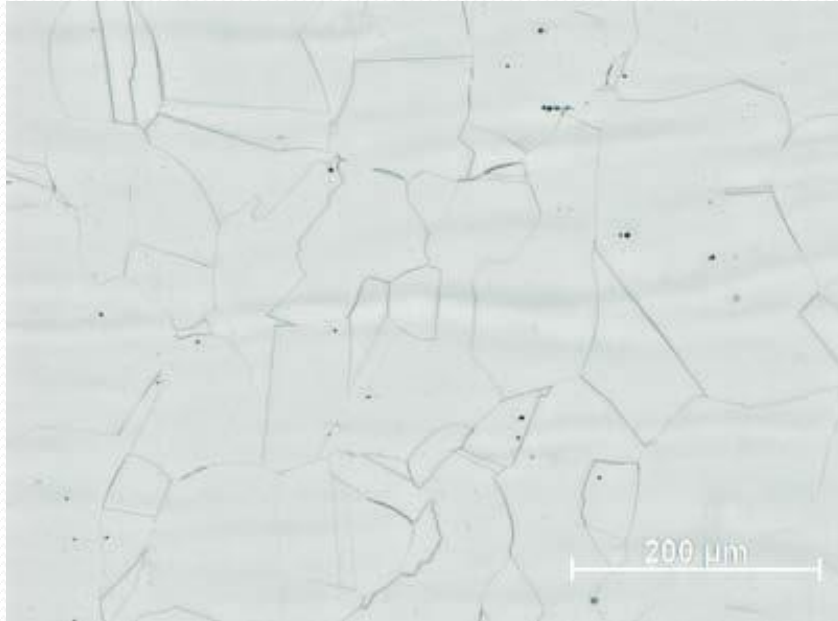
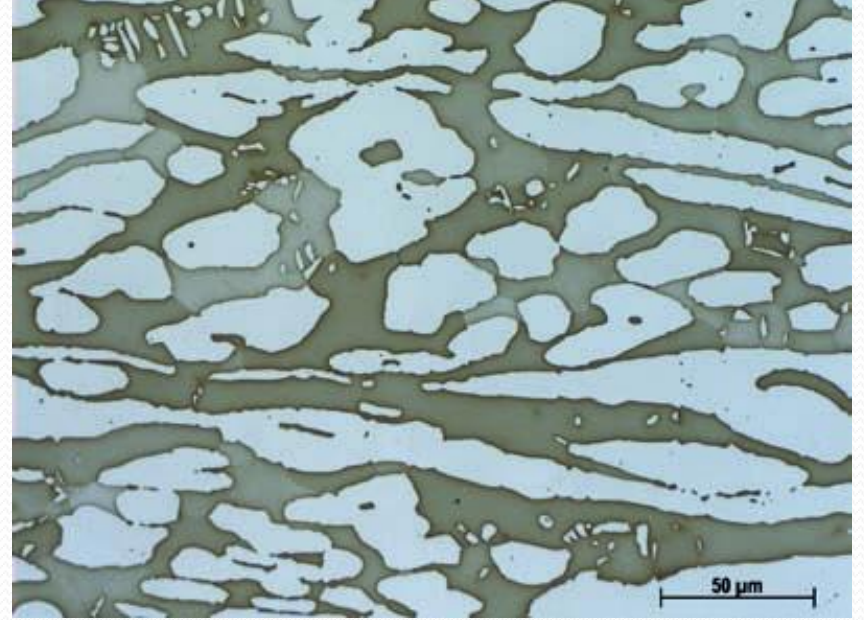
Ferritik paslanmaz elik
Eş eksenli tane yapısına sahip ferritik mikroyapı. Küçük inklüzyonlar ve Ti(CN) ler de görölüyor.

Martensitik paslanmaz elik
Önceki ostenit taneleri içinde ince martensitik yapı. Daha küçük koyu renkli karbürler görülebiliyor.



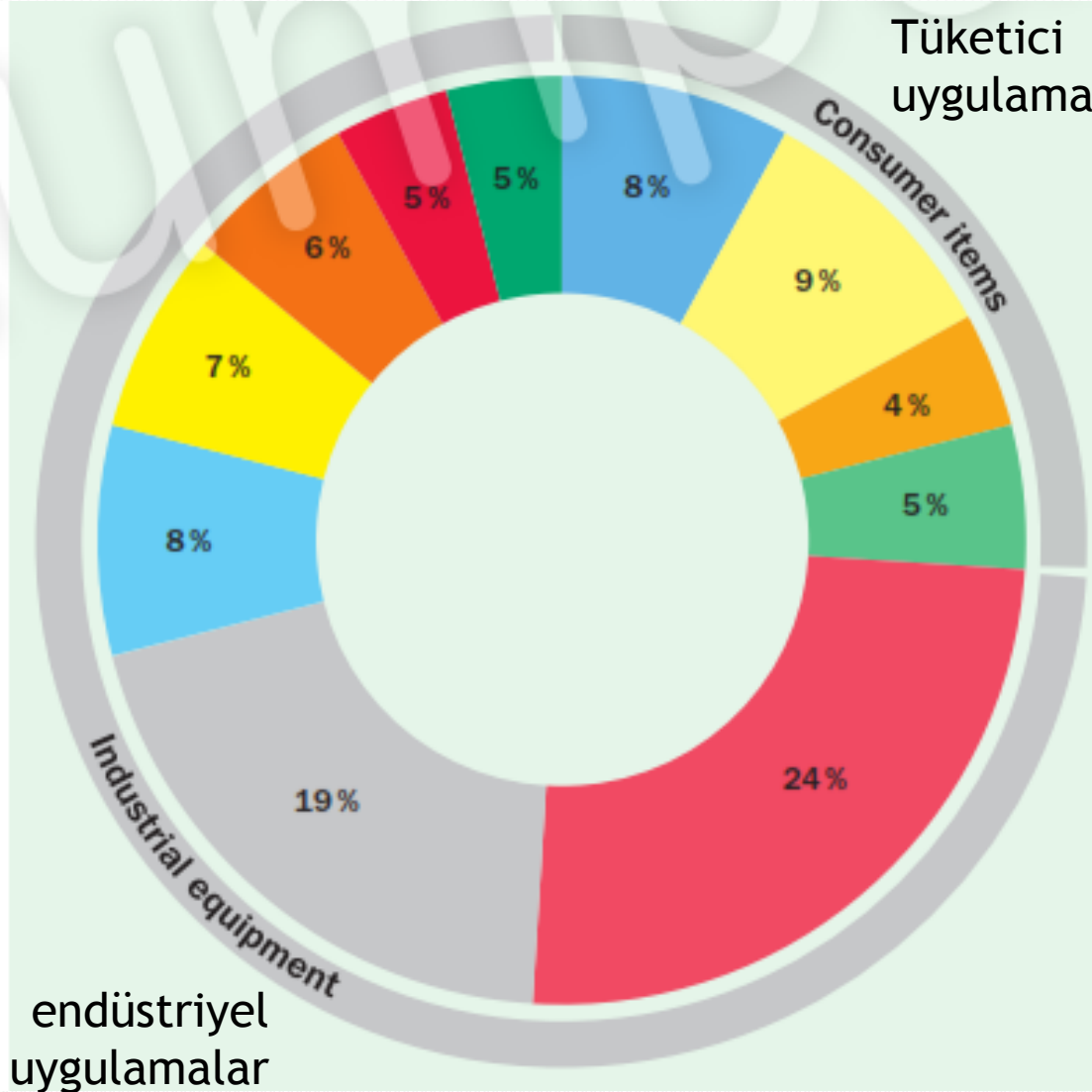
Paslanmaz çelikler-mikroyapı

Dupleks paslanmaz çelik
Koyu renkli dağlanmış uzamış ferrit bölgeler ve açık renkli ostenit bölgelerinden oluşan dupleks mikroyapı



Ostentik paslanmaz çelik
Tav ikizleri ve eş eksenli ostenit tanelerinden oluşan mikroyapı; küçük kalıntı taneleri de görülebiliyor.

paslanmaz çelik uygulamaları



- Çamaşır-bulaşık makinelerinde
- Ulaşım
- Mutfak gereçleri-çatal bıçak takımları
- Evyeye ve mutfak donanımları
- Kimya, petrol ve gaz endüstri
- Kağıt ve tekstil sanayi
- Gıda ve içecek sanayi
- Bina ve genel

Paslanmaz elikler nerelerde kullanılır?

evsel - atal bıçak takımları, tava vb, lavabo, çamaşır makinesi tamburları, mikrodalga fırınları, traş bıçakları, jiletler

mimari ve inşaat işleri - kaplama, merdiven korkulukları, tutunma rayları, kapı ve pencere aksamları, sokak mobilyaları, yapısal kesitler, aydınlatma direkleri, pervazlar,

ulaşım - egsoz donanımları, araç ızgara ve profilleri, tankerler, gemi depoları, gemiler, kimyasal kazan ve tankerleri, atık depoları ve taşıtları

Paslanmaz elikler nerelerde kullanılır?

Kimya/eczacılık - basıncılı kaplar, tesis ve tesisatlar
petrol ve gaz - platform destekleme, kablo kanalı, denizaltı boru hatları

tıp - ameliyat enstrümanları, protezler, MRI tarayıcıları

Gıda ve meşrubat - yiyecek-içecek ve gıda servis donanımları, mayalama sistemleri, damıtma sistemleri, gıda proses donanımları

Su tesisatları- su ve kanalizasyon sistemleri, su boruları, sıcak su tankları

Genel uygulamalar- yaylar, bağlantı elemanları (cıvata, somun, conta, perçin vb), tel

tipik uygulamalar

Çatal-bıçak takımı ve mutfak gereçleri

- Paslanmaz çeliklerin en bilinen uygulaması çatal-kaşık-bıçak takımları ve mutfak gereçleridir.
- En kaliteli bıçak-çatal takımları bıçaklar 410 ve 420, çatal ve kaşıklar 304 (18Cr-8Ni) çeliklerinden imal edilirler.
- 410/420 çelikleri sertleştirilip temperlenerek keskin kenar elde edilirken, daha sünek olan 18/8 çeliği daha kolay şekil verilebilir ve çok sayıda şekillendirme, parlatma ve taşlama işi gören parçalar için daha uygundur.

Kimyasal, proses, petrol ve doğal gaz endüstrileri

- Paslanmaz çelik kullanan en ağır endüstriler kimya, proses, petrol ve doğal gaz endüstrileridir. Bu sektörlerde kullanılan paslanmaz çelikler için tank, boru hatları, pompa ve valfler için büyük bir pazar oluşturmuştur.
- 304 paslanmaz çeliği için ilk başarı öykülerinden biri, seyreltik nitrik asitlerin depolanmasıdır. 304 çeliği bu uygulamada çok daha ince kesitler ile kullanılabilmiş ve diğer çeliklerden çok daha dayanıklı olmuştur.
- Geniş bir sıcaklık aralığında bu performansı göstermesi için çeşitli paslanmaz çelikler geliştirilmiştir.
- Bu çelikler desalinasyon, kanalizasyon sistemlerinde, açık deniz petrol platformlarında, gemi pervanelerinde kullanılmıştır.

Enerji sektörü

- Paslanmaz çelikler yüksek sıcaklıklarda korozyonla mücadele etmeleri için yaygın olarak kullanılırlar.
- Fosil yakıtlı enerji işletmelerinde yüksek sıcaklık mukavemeti ve korozyon direnci için özellikle Nikel alaşımları kullanılır.
- Nikel alaşımları ve diğer paslanmaz çelikler ayrıca bacı gazı kükürt giderme ünitelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Nükleer enerji sektörü de, hem enerji üretimi hem de radyasyon tutma amacı ile düşük Co'lu paslanmaz çeliklerden bol miktarda kullanır.
- Bu tesisleri gerektiğinde yıllarca devre dışı bırakmak için özel panjurlu havalandırma milleri paslanmaz çeliklerden imal edilir.
- Buhar kazanları ve gaz türbinleri de korozyona ve ısıya dayanıklı oldukları için paslanmaz çelikleri tercih ederler.

Enerji sektörü

Stainless Steel Braking/Crowbar
Resistors for Alternative Energy
Applications



Gıda sektörü

- Gıda üretimi ve depolanmasında da büyük miktarlarda paslanmaz çelik kullanılır.
- En yaygın çelikler 304 ve 316 paslanmaz çelikleridir.
- 304 daha yaygındır ve 316 daha ağır koşullarda tercih edilir.
- Bu çeliklerin kullanılmasının esas nedeni gıdanın korozyif olmasından çok paslanmaz çeliklerin daha seri ve verimli temizlemeye imkan tanımasındandır.
- Mesela dondurma imalatında 316 çeliği tercih edilir çünkü, bu çelikle kuvvetli anti-bakteriyel ve durulama sistemleri kullanılabilir.
- Paslanmaz çeliğin en önemli avantajlarından biri gıda ile temas sonrasında en küçük bir tat bırakmamasıdır.

Gıda sektörü



Gıda-ilaç



Mimari, bina ve inşaat sektörü

- Mimari, bina, inşaat sektörleri, modern binalar kaplama, çatı ve cephe uygulamaları için giderek artan şekilde paslanmaz çelik kullandığından önemli bir Pazar haline gelmiştir.
- Paslanmaz çeliğin düşük bakım maliyetleri ve dış kaynaklı hasarlara (şiddet, taşkınlık eylemleri vb) dayanıklılığı sayesinde, toplu taşımada, bilet makinelerinde, sokak mobilyalarında büyüyen bir Pazar oluşturmuştur.
- Paslanmaz çelikler inşaat işlerinde de kullanılmaktadır.
- Betonlardaki karbon çelikleri paslanmaya uğradığından, pahalı olmakla birlikte uzun ömürlü olduğundan yerini giderek paslanmaz çeliklere bırakmaktadır.

Mimari, bina ve inşaat sektörü



Tıbbi uygulamalar

- İmplant ve kalça protezleri için titizlikle ve temiz ergitilen paslanmaz çelikler kullanılır.
- Ortopedik yataklar, kabineler, muayene donanımları hijyenik ve temizlemesi kolay ve güvenli olduğundan standart olarak paslanmaz çeliklerden imal edilir.
- Ecza firmaları da haplara ait tüp ve ağızlıkları, besleme sistemleri ve krem ve ilaç çözeltilerini taşıyan tür sistemleri için paslanmaz çelik tercih ederler.

Tıbbi uygulamalar



Otomotiv uygulamaları

Özellikle egsoz donanımları (409 çeliği) ve katalitik konvertörler ve genel yapısal uygulamalar için araçlar artan şekilde paslanmaz çelik kullanmaktadır. Daha uzun ömürlü olmaları, bakım giderleri düştüğü için ilgi artmaktadır.



paslanmaz elik

Çamaşır makinesi tamburlarında yaygın olarak ferritik paslanmaz elik kullanılır.



paslanmaz elik

Duplex paslanmaz elik: 2205; Sürekli pişirme kazanı Veracel, Brezilya



paslanmaz elik

Lloyds' Binası, London,
1986'da yapıldı.
ostenitik Cr-Ni-Mo paslanmaz
elik 316



paslanmaz elik

Nacka Strand, Stockholm,
İsveç; Gökkuşuğı üzerinde
Tanrı, babamız anıtı; süper
ostenitik paslanmaz elik
254 SMO.



protezler

Neden paslanmaz?

Biyouyumluluk

Üstün mekanik özellikler

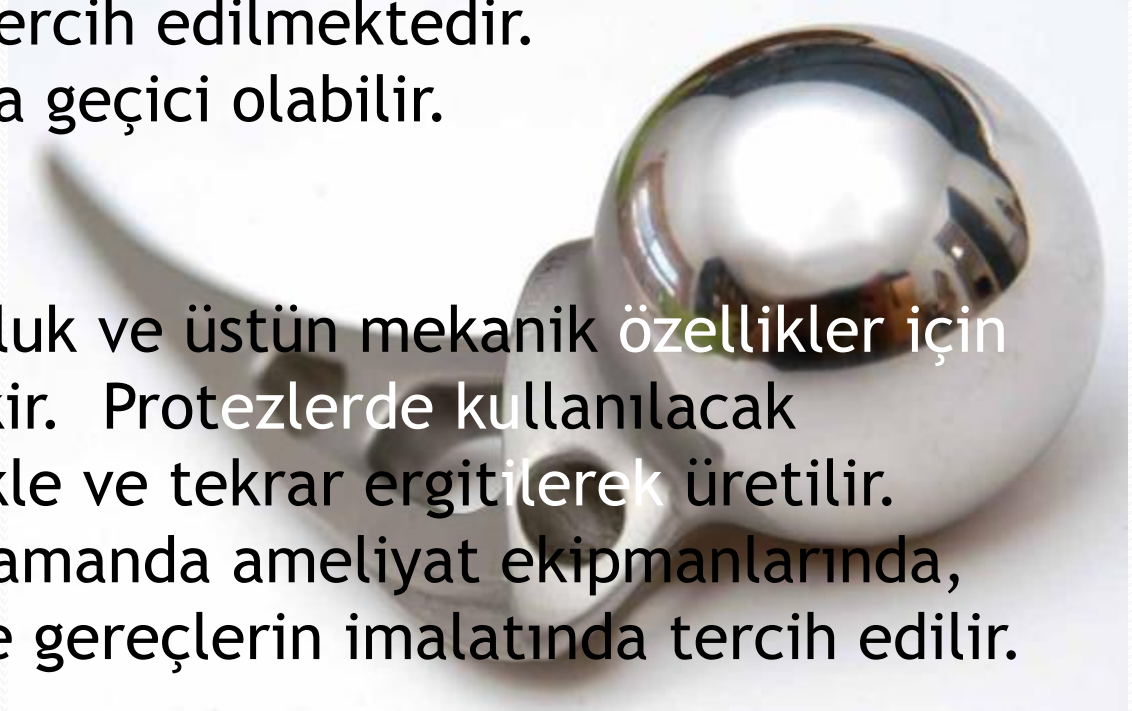
Ti ve Co-esaslı alaşımlarla birlikte paslanmaz çelikler, başta kalça ve diz protezleri olmak üzere protezlerde, bağlantı parçaları, plakalarda tercih edilmektedir.

Bu protezler kalıcı veya geçici olabilir.

MEDİKAL

Maksimum biyouyumluluk ve üstün mekanik özellikler için çok saf malzeme gerekir. Protezlerde kullanılacak paslanmaz çelik titizlikle ve tekrar ergitilerek üretilir.

Paslanmaz çelik aynı zamanda ameliyat ekipmanlarında, dişçilik ve tıbbi araç ve gereçlerin imalatında tercih edilir.
and equipment.



Türbin kanatçıkları

Neden paslanmaz?

Yüksek sıcaklıklarda iyi mekanik özellikler.

Üretim prosesi:

Geniş kanatlar biyetlerden dövülerek üretilir, tornalanır, ısıl işlem uygulanır. Küçük kanatlar, düz çubuklardan tornalanır ve ısıl işlem görür.

0.2C 13Cr Nb V süper martensitik paslanmaz çelik.



Doğal gaz için krojenik valf

Neden paslanmaz?

Krojenik sıcaklıklarda iyi mekanik zellikler

Isıl çevrimlerde
boyutsal kararlılık

İmalat prosesi:
Döküm gövde ve
kelebek.

Omurga çubuktan
tornalanır.



Manyetik rezonans görüntüleme

Neden paslanmaz?

Nonmanyetik

Ostenitik

paslanmaz

çelik



Isıtma elemanları

Neden paslanmaz?

Elektrik iletkenliği

Oksitlenme direnci

İmalat prosesi:

Sıcak haddelenmiş çubuktan birkaç

tav ile küçük çaplı tel

çekilir. Bu tel elektrikli

ekipmanlarda ısıtma

elemanı olarak kullanılmak

üzere bobinler şeklinde

sarılır.

Fe-Cr-Al paslanmaz çelikleri



Paslanmaz elik yn

Neden paslanmaz?

Sıcak gazlara karşı oksitlenme dayanıklılığı.

İmalat prosesi:

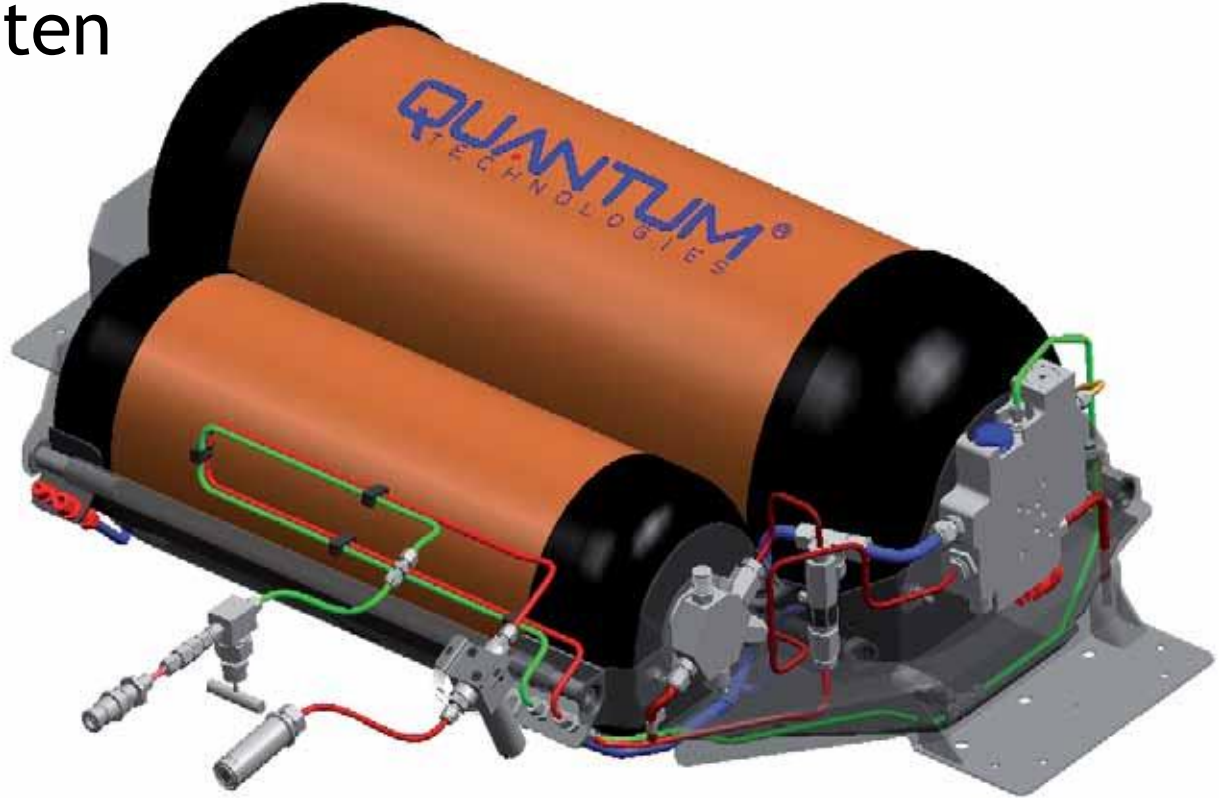
Yn formu, hareket eden tel üzerine statik kesme takımları yerleştirilerek sürekli şeritler elde edilerek üretilir.

Bu şeritlerden paslanmaz örgü imal edilir.



Yüksek basınçlı hidrojen tank bileşenleri

Neden paslanmaz?
Uzun süreli servisten sonra hidrojene gevrek hale gelmez.
dayanıklılık



giriş ve eksoz valfleri

Neden paslanmaz?

Yüksek sıcaklıklarda iyi mekanik özellikler imalat prosesi

Sıcak dövme veya ekstrüzyon, tornalama, ısıl işlem, son taşlama

Ostenitik ve martensitik paslanmazlar

Austenitic grades such as EN 1.4882 and



Uçak iniş takımları

Neden paslanmaz?

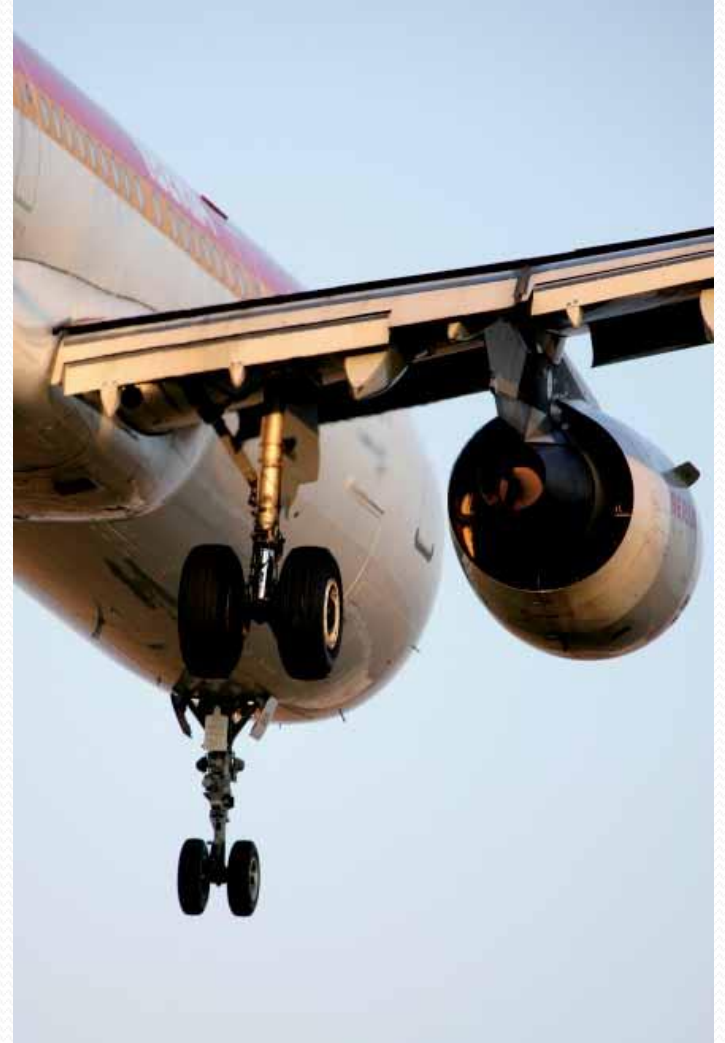
Kaplama gerekmez

İyi mekanik özellikler

İmalat süreci:

Sıcak dövme, ısıtıl işlem ve tornalama

Malzeme temizliği ve saflığı için Üretimde tekrar ergitme uygulanır.



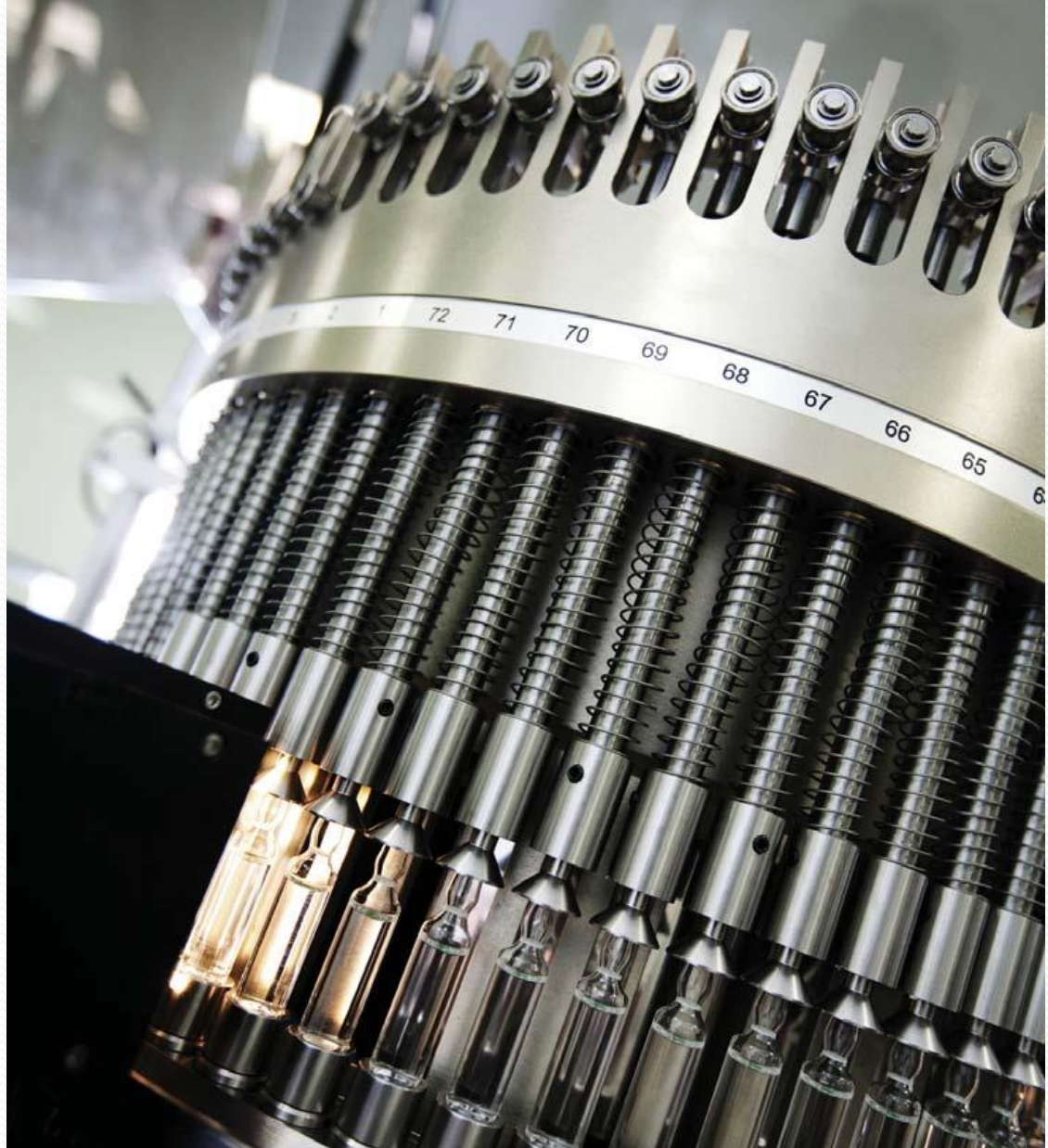
Koruma trabzanlarında kablolar

**Neden
paslanmaz?
Estetik
Üstün mekanik
özellikler
İmalat süreci:
Çubuktan tel
çekilir.
Teller kablo
şeklinde sarılır.**



Gıda-ilaç

Paslanmaz çelikler hijyene, temiz olmaya ve kalmaya, yaşam kalitesine katkıları nedeni ile ilaç ve bakım malzemeleri sektöründe vazgeçilmez bir malzemedir.





takım

çelikleri

Takım elikleri



Takım elikleri



Takım elikleri

- Çelikleri Şekillendirmek, kesmek ve iŐlemek için kullanılacak malzemenin bu çeliklerden daha dayanıklı ve sert olması gerekir.
- Takım, zımba, kalıp imalatında kullanılan çelikler endüstriyel çelikler arasında en sert, en dayanıklı, en tok çeliklerdir.
- Oda sıcaklığı ve yüksek sıcaklıklarda yüksek mukavemet, darbe tokluğu ve aşınma direnci için tasarlanmıştır.
- Farklı bileŐimlerdeki takım çeliklerinin metalürjik karakterleri son derece karmaşıktır.
- Farklı bileşimde ve uygulama için yüzlerce takım eliğı vardır.

Takım elikleri

- Bütün takım çelikleri karbon ve çeşitli kuvvetli karbür yapıcı elementlerle alaşımlanmıştır.
- esasen Cr, Co, Mn, Mo, N, W ve V dan bir veya bir kaçı ile takviye edilmiş **orta-yüksek C'lu** eliklerdir.
- Takım eliklerinin bileşimi temperlenmiş martensitik bir matris ve uygun bir ısıl işlemden sonra bu matriste çökelen sert alaşım karbürlerini (~1800- 3000 HV) güvence altına alacak şekilde tasarlanmış, ayarlanmıştır.

Takım elikleri

- takım çeliğindeki C, takım çeliğine kesme sertliği ve aşınma direnci sağlamak üzere sertleşme içindir.
- diğer elementler,
 - Tokluğu ve mukavemeti arttırmak
 - Sertleşirme ısıl işleminde takımın boyut ve formunu korumak,
 - Sertleşirme işlemini güvenli kılmak,
 - Yüksek sıcaklıklarda sertlik ve mukavemeti korumak için ilave edilir.

Takım elikleri

Karakteristik zellikler:

- yüksek mukavemet ve sertlik
- yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya direnç!
- yüksek sıcaklıklarda oksitlenmeye dayanıklı!
- Ağır aşınma şartlarına dayanıklı!
- Darbe yüklemelerine dayanıklı -tokluk
- şekillendirilebilir olmalı-talaşlı imalata uygunluk!
- Keskinlik!
- yüksek sıcaklıklarda deformasyona direnç.
- Yüksek sıcaklıklarda yapısal kararlılık, dekarbrizasyona direnç!

Takım elikleri

Karakteristik zellikler:

- makul bir derinlikte sertlik ve diğer özelliklerini koruyabilme. (Grup W elikleri dışındaki çelikler için!)
- Yüksek ısı iletim kabiliyeti
- Yüksek parlatılabilirlik
- Düşük termal genleşme

Takım elikleri

- ıslah çeliklerinden en önemli farkı içyapılarındaki temizlik nedeni ile belirtilen mukavemet ve sertlik değerlerinde sapmanın minimum olmasıdır.
- Bu nedenle takım çelikleri ıslah çeliklerinden çok daha pahalıdır.
- Takım eliği pahalı olduğu için kullanıcıların takım çeliği satın alırken menşesine dikkat etmeleri ve mutlaka sertifika talep etmeleri gerekir.
- Bu malzemeler ısıl işlem görmemiş olarak satın alınır ve kullanıcı tarafından işlendikten sonra ısıl işlem uygulanır.

Takım elikleri

- Bu elikler kendinden beklenen özellikleri ancak ısıl işlemden sonra sağlayabilir.
- Genellikle ısıl işlemden sonra kullanılırlar.
- Yüksek C içeriği - çok gevrek-kırılgan

Üstün servis performansı için göz önünde bulundurulması gerekenler:

- Takım tasarımı
- titiz imalat
- Takım eliği seçimi
- **uygun-doğru ısıl işlem**

Takım eliklerinin bileşimi

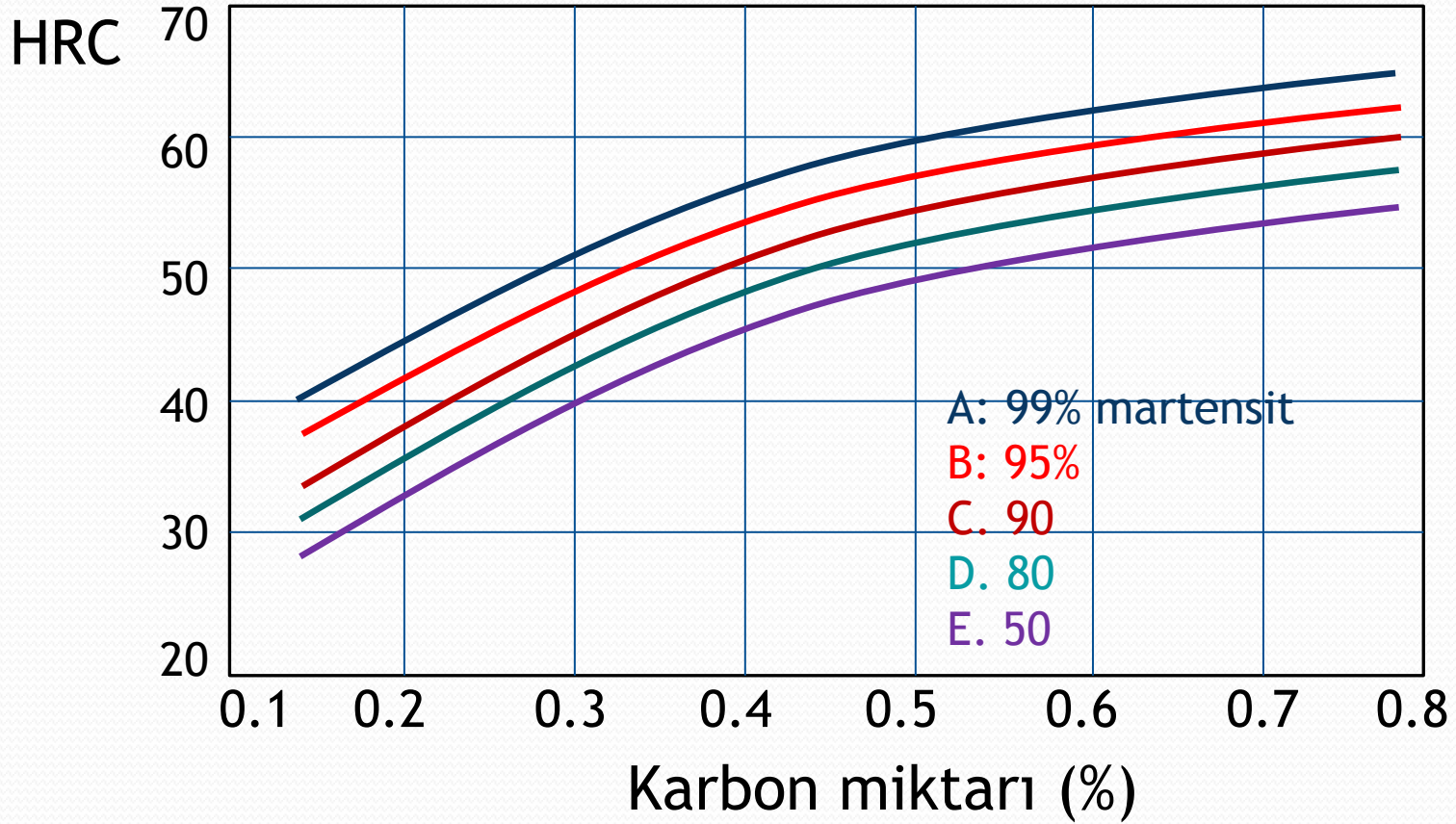
Çeşitli takım çeliği özellikleri için kullanılan alaşım elementleri

özellik	elementler
Sıcak mukavemet-sertlik	W, Mo, Co (W veya Mo ile), V, Cr, Mn
Aşınma direnci	V, W, Mo, Cr, Mn
Derin sertleşme	Mn, Mo, Cr, Si, Nb, V
Minimum şekil bozukluğu	Mo (Cr ile), Cr, Mn
Tane küçültme ile toklaştırma	V, W, Mo, Mn, Cr

Başlıca alaşım elementi: Karbon

- Takım çeliklerinin sertleşme kapasitesi yönünden en önemli element Karbondur.
- Sertleşebilir çeliklerde demir matriste en az ~% 0.2 kadar C çözünmüş olarak bulunur.
- % 1'e kadar C miktarlarında matris sertliği sürekli olarak artar ve maksimum 65 HRC değerine ulaşır.
- Takım çelikleri tasarlanırken karbon miktarı ısıtılma işlemde yeterli matris sertliği (~1800-3000 HV) verecek ve arzu edilen karbürleri oluşturacak şekilde seçilmelidir.
- Temperlenmiş matriste bütün alaşım elementleri karbür oluşturmuş ise Karbon miktarı yeterli demektir.
- Karbon MC tipi karbürleri yapar.

karbon miktarına bağlı sertlik



krom

- Isıl işlemde sertleşme derinliğini artırır, aşınma direnci ve tokluk verir.
- Yeterli miktarda bulunduğunda C ile birlikte aşınma direnci veren $Cr_{23}C_6$ ve bir miktar da Cr_7C_3 karbürü yapar.
- Bu karbürler ostenitleme sırasında $\sim 900^\circ C$ üzerindeki sıcaklıklarda çözünmeye başlar ve $\sim 1100^\circ C$ 'de tamamen çözünür.
- M_s - ve M_f düştüğü halde, sertleşebilirliği artırır.
- Karbürlerinin yüksek aşınma direnci sayesinde kesme performansını artırır.
- Temper yumuşamasına direnci de artırır.

Tungsten ve molibden

- Tungsten ve molibdenin etkileri benzerdir ve birbirlerinin yerine kullanılabilirler.
- Atom yüzdesi üzerinden eşit ilave gerekirken ağırlık bazında %1 Mo, %1,6-2 W'e eşittir.
- Mo esaslı yüksek hızlı çelikler dekarbürüzyona W esaslı çeliklere göre daha meğillidir.
- Bu nedenle Mo esaslı HSS çeliklerinin ısıl işlemi daha sıkıntılıdır.

Tungsten ve molibden

Tungsten

- Yüksek miktarlarda bulunduğunda C ile birlikte W_6C karbürlerini yapar.
- Çeliğin kızıl sertliğini, aşınma direncini artırır.
- Yaklaşık %1.5 kadarı aşınma direncini artırır, %4 seviyesinde yüksek C ile birlikte aşınma direncini çok artırır.
- Yüksek ilave miktarlarında Cr ile birlikte kızıl sertlik verir.

Tungsten ve molibden

Molibden

- Yüksek miktarlarda bulunduğunda C ile birlikte sert Mo_6C karbürlerini yapar
- ısıtılma işlemde sertlik derinliğini artırır,
- su verme sıcaklığını düşürür.
- Aynı zamanda kızıl sertliği ve aşınma direncini artırır.

vanadyum

- çok sert ve ısıl kararlılığı yüksek MC tipi karbürler yapar.
- V_4C_3 karbürü en serttir.
- V_4C_3 aşınmaya direnç sağlar ve kesme performansını iyileştirir.
- V karbürlerinin matristeki çözünürlüğü çok düşüktür.
- V düşük miktarlarda tokluğu artırır ve tane boyutunu küçültür.
- %1'den daha fazla olduğunda özellikle yüksek hız çeliklerinde çok yüksek aşınma direnci verir.
- Cr ve W ile birlikte az miktarda V kızıl sertliği yükseltir.
- Bu sayede V C'ü bağlayarak M_s ve M_f sıcaklıklarını yükseltir ve sertleşebilirliği artırır.

mangan

- Düşük miktarlarda Mangan çeliği sağlam ve daha fazla ilave edildiğinde ısıtılma işlemde daha derin ve daha çabuk sertleşme sağlamak için kullanılır.
- Çeliğin su verme sıcaklığını da düşürür.
- Daha yüksek (1.20-1.60%) miktarlarda çeliğin su yerine yağda su verilmesini mümkün kılar.

nikel

- Ni, ferritte çözeltiye geçerek çeliğin mukavemetini artırır.
- Düşük alaşımlı çeliklerde tokluğu, aşınma direncini ve sertleşebilirliği arttırmak için kullanılır.
- Ni matris distorsiyonunu azaltır ve su verme sırasında çatlamayı önler.

kobalt

- Yüksek hız çeliklerinde kullanılır ve kızıl sertliği artırır ve böylece bu çelikler daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir.
- Yüksek hız çeliklerinde ısıl kararlılığı ~ 650 °C'ye ve ikincil sertleşmeyi 67- 70 HRC'ye kadar arttıran yegane elementtir.
- Fakat tokluğu ve aşınma direncini düşürür.

silisyum

- Silisle alaşımlama C'un matriste çözünürlüğünü ve su verme sonrasında sertliği artırır.
- Si'in karbür dağılımı üzerinde hiçbir etkisi yoktur fakat M6C tip karbürlerin oluşmasını artırır.
- Çelik üretiminde %0.2 kadar Si eklenir ve Si deoksidan olarak görev yapar.
- %0.2'den daha fazla Si ilave edilirse derin çekilebilirliği artırır.
- %1'e kadar ilavelerde sertlik ve temper yumuşamasına direnç artar fakat süneklik düşer.
- Yüksek miktarlarda Si gevrekliğe neden olur.

Alaşım elementi karbürleri

- Karbür oluşturan alaşım elementleri matriste yer alan katı eriyiği oluştururlar (ferrit veya ostenit). Atom çapları matrisinkinden farklı olduğu için matriste distorsiyona neden olurlar.
- Toplam gerilme bu atomlar dislokasyon merkezi veya tane sınırlarında konumlanırsa düşer.
- Bu nedenle alaşım elementlerinin bu gibi yerlere difüzyonu yaşanır. Bu süreç sıcaklığa bağlıdır.
- Yüksek miktarlarda karbür yapıcı alaşım elementleri içeren çeliklerde bile 300 °C altında alaşım karbürleri veya diğer karbürlerin oluştuğuna dair bir kanıt bulunmamıştır.

Alaşım elementi karbürleri

- yaklaşık $\sim 500^{\circ}\text{C}$ gibi yüksek sıcaklıklarda (tipik olarak takım çeliklerinin temper sıcaklıklarının altında) alaşım elementlerinin difüzyonu önemli hale gelir ve karbür yapmaya başlarlar.
- Alaşım karbürleri sementitin (Fe_3C) yerine büyür.
- Bu yapısal değişimin etkisi çok belirgindir.
- Özellikle yüksek hız çeliklerinde ince ve ultra ince alaşım karbürlerin $\sim 550^{\circ}\text{C}$ civarında oluşması bu çeliklerde görülen ikincil sertleşme etkisinin (kızıl sertlik) sebebidir.

Karbürlerle sertleştirme

- Karbürler takım çeliklerinin sertleşmesine 2 şekilde katkı yaparlar:
- Alaşım karbürleri matristen daha sert oldukları için karbürler aşınmaya direnç oluşturur.
- Matriste gömülü ve özellikle homojen dağılmış, 1-6 μm arasında (ve toz metalürjisi ve konvensiyonel takım çeliklerinde 25 μm 'a kadar oldukça iri) karbürler aşınma direnci sağlarlar.
- Çökelmiş alaşım elementi karbürleri Matris dislokasyonlarının hareketliliğini sınırladıkları için akma mukavemeti artışı sağlarlar.

Karbürler-çatlak oluşumu!

- Mukavemet ve aşınma direnci sağladıkları için takım çeliklerinde karbürler gereklidir.
- Ancak aynı zamanda çatlakların başlamasına destek olurlar.
- Kullanım sırasında takımlar özellikle uçlarında yüksek sıcaklıklar tecrübe ederler.
- Karbürlerin ısıl genleşme katsayıları ve Elastik modülleri matrisinkinden farklıdır.
- Bu nedenle matris-karbür arayüzeyleri uyumsuz veya yarı uyumlu ise çatlak başlaması için uygun noktalardır.

Karbürler-çatlak oluşumu!

- MC-tipi karbürler ısıl işlemler sırasında veya düşük yükler altında çatlayabilirler;
- bütün çatlakların MC tipi karbürlerde veya yakınlarında başladığı görülmüştür.
- Sertleştirilmiş ve temperlenmiş yüksek alaşımlı takım çeliklerinde hacimce ~%20 karbür bulunur ve bunlar çatlak başlaması için uygun yerlerdir.
- Çatlaklar birkaç karbürde veya matris-karbür ara yüzeyinde başlarsa çatlakların birleşmesi suretiyle çatlak ilerlemesi kritik sonuçlar doğurabilir.

Takım elikleri eşitleri

Bileşime göre sınıflama:

Ötektoid st elikler- (45- 55 HRC sertlikte ledeburitik çelikler)

Ötektoid elikler: sertlik > 60- 65 HRC

40- 60 HRC sertlikte yüksek alaşımlı-düşük karbonlu elikler.

Ancak,

Farklı bileşimlerdeki takım çelikleri benzer davranış sergileyebildiğinden, bu sınıflama sadece akademik amaçlıdır. Sertliğ'e göre sınıflama doğru elik seçimi için yeterli değildir.

Takım elikleri

Karbonlu takım çelikleri/suda sertleşen elikler

Kalıp elikleri

Düşük alaşımli özel amaç elikleri

Darbeye-şoka dayanıklı takım elikleri

Yüksek hız takım çelikleri

grup M-Molibden

grup T-tungsten

Soğuk iş takım çelikleri

havada sertleşen

yüksek C-yüksek Cr

yağda sertleşen

Sıcak iş takım çelikleri

krom

Tungsten

Molibden

Takım elikleri-temel kodlama

W	Su eliği	
O	Soğuk iş	Yağda sertleşen
A	Soğuk iş	Havada sertleşen
D	Soğuk iş	Yüksek C, yüksek Cr
S	Darbe	
H	Sıcak iş	H1 to H19 are <u>Cr-esaslı</u>
H	Sıcak iş	H20 to H39 are <u>W-esaslı</u>
H	Sıcak iş	H40 to H59 are <u>Mo-esaslı</u>
M	Yüksek hız	<u>Mo-esaslı</u>
T	Yüksek hız	<u>W-esaslı</u>
P	Plastik kalıp	
L	Özel amaç	Az alaşımlı
F	Özel amaç	C / W-esaslı

Karbonlu takım çelikleri

- Esasen düşük alaşımlı sade karbon çelikleri
- Bu takım çeliklerine Su çelikleri de denir: Grup W
- Karbon başlıca alaşım elementi: 0.16% ile 1.4% arasında değişir.
- Cr ve V (vanadyum) çok azdır. Tane küçültmek için!
- Yüksek sertleşebilirlik
- Sığ sertleşme (yüzeyden sadece birkaç mm derinlikte) Karbonlu takım çeliği çok sert bir kabuk altında yüksek mukavemette bir merkez-altlık gerektiren yerlerde kullanılır: Tok merkez / sert yüzey

Karbonlu takım çelikleri

- Yüksek sıcaklıklara dayanıklı değildir; yumuşama direnci düşük
- Cr ve V sayesinde aşınmaya karşı yüksek direnç
- Düşük hız ve dinamik yüklemelerin sınırlı olduğu uygulamalar için uygun.
- Uygulamaları: şekillendirme ve şişirme kalıpları, kesme kalıpları, ahşap işleme kesici takımları, ege, kılavuz, ağaç işleme, oyma takımları, soğuk şişirme, vurma, kabartma, pençe, rayba, makine takım bileşenleri

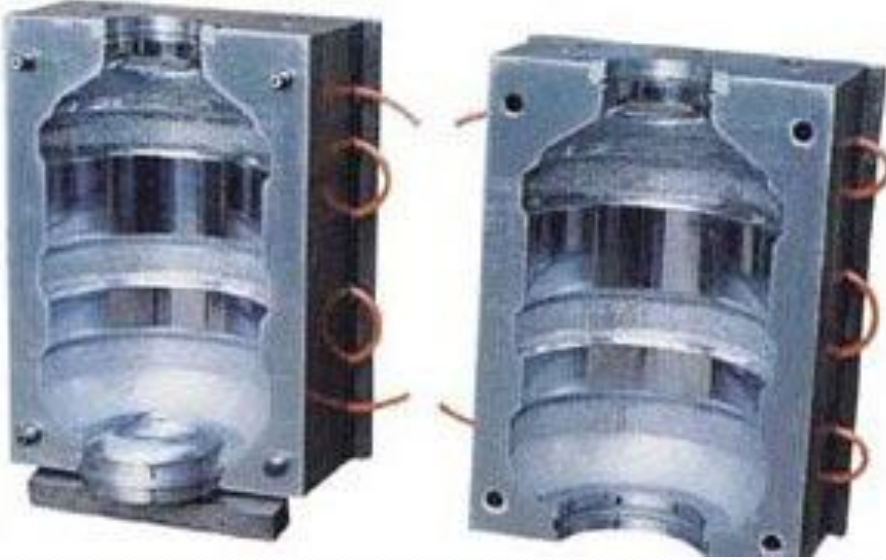
Karbonlu takım çelikleri



Karbonlu takım çelikleri



Karbonlu takım çelikleri



Kalıp elikleri (grup P elikleri)

- Cr ve Ni başlıca alaşım elementleri
- Düşük karbon içeriği (0.1-0.3 ađ%).
- Elektrikli fırında ergitilir, vakumda gaz giderme ve deoksidasyon uygulanır.
- P2-P6 karbürizasyon elikleridir.
- P4 ve P6 havada soğutma ile tam sertlik alır.
- Yüzey sertliği 58 HRC ye kadar çıkar
- P20, P21 : 30-36 HRC'ye sertleştirilebilir.
- sert bir yüzey ve altında tok bir merkez.
- Yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya sınırlı direnç.
- Düşük sıcaklık basınçlı döküm ve plastik kalıplarında kullanılır.

Kalıp çelikleri (grup P çelikleri)

AISI	P2	P3	P4	P5	P6
<u>C</u>	0.10	0.10	0.12	0.10	0.05-0.15
<u>Mn</u>	0.10-0.40	0.20-0.60	0.20-0.60	0.20-0.60	0.35-0.70
<u>Si</u>	0.10-0.40	0.40	0.10-0.40	0.40	0.10-0.40
<u>Cr</u>	0.75-1.25	0.40-0.75	4.00-5.25	2.00-2.50	1.25-1.75
<u>Ni</u>	0.10-0.50	1.00-1.50		0.35	3.25-3.75
<u>Mo</u>	0.15-0.40		0.40-1.00		
<u>Cu</u>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<u>P</u>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
<u>S</u>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Kalıp elikleri (grup P elikleri)



Düşük alaşımlı özel amaç çelikleri

grup L çelikleri

- Başlıca alaşım elementleri Cr ve V.
- Ayrıca 0.50- 1.10 ağırlık % C ve düşük miktarlarda Ni ve Mo içerirler.
- Suda su verilebilirler. Fakat genellikle yağda su verilirler.
- L2 çelikleri sığ sertleşme gösterirler.
- Yağda su vermede: 13 mm kalınlığında kesitlerde 57 HRC sertlik
- L6 çelikleri yağda su verme: yüzeyde 64 HRC, 750 mm kalınlıktaki kesitlerde 60 HRC sertlik.
- Zımba, delgi, kalıp, matkap, makine parçaları, mil, eksantrik, takoz, bilezik, halka gibi parçalarda kullanılır.

Şoka dayanıklı (grup S) çelikler

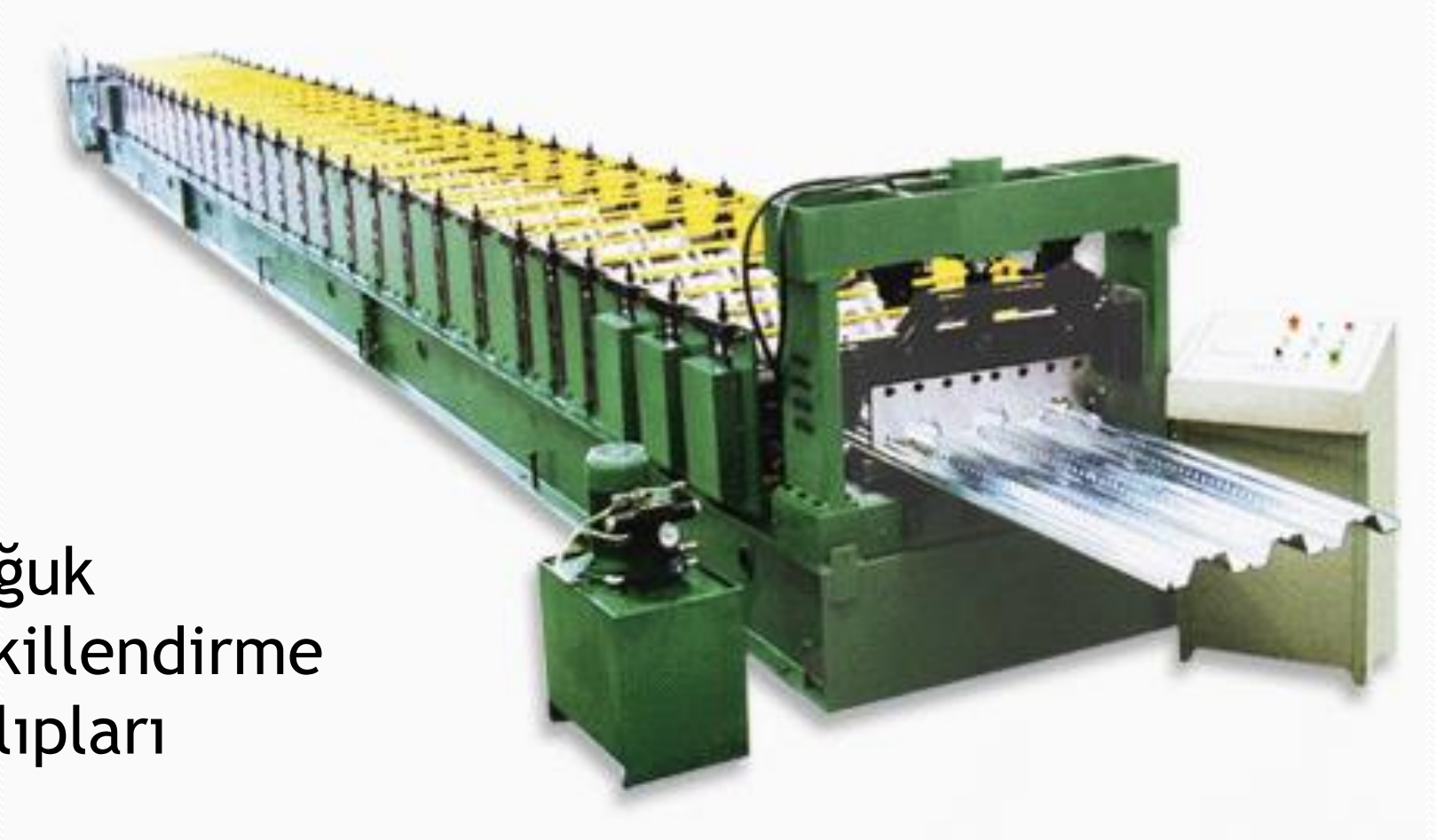
- Başlıca alaşım elementleri: C, Mn, Si, Cr, W ve Mo (ayrıca V).
- Bu çeliklerde karbon 0.5% yi geçmez.
- yüksek Si: bazı temperlenmiş mikroyapılarda kırılma hassasiyetini düşürmek için.
- Bazı türleri suda su verilir (S2); diğerleri yağda su verilir (S1, S5, S6).
- S2 çelikleri sıg, S7 çelikleri derin sertleşir.
- Yüksek mukavemet, düşük ve orta sıcaklıklarda makul aşınma direnci ve benzersiz tokluk.
- aynı zamanda hem sert hem tok

Şoka dayanıklı (grup S) çelikler

- Çekiç, zımba, keski, perçin setleri gibi darbeli çalışacak takımların imalatında kullanılırlar.
- Aşınmaya karşı dirençleri orta seviyededir.
- Kullanıldığı yerler: Keskiler, zımbalar, çekiçler. Bunlarda yüksek sıcaklıklarda çalışma özellikleri yoktur.
- Yapısal uygulamalarda da tercih edilirler.
- Örnek: 1.2550 (60WCrV7)

<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Cr</u>	<u>V</u>	<u>W</u>
0.60	0.60	1.10	0.20	2.00

Şoka dayanıklı (grup S) çelikler



Soğuk
şekillendirme
kalıpları

Sıcak iş Takım çelikleri

- Yüksek sıcaklıklarda mukavemetlerini, aşınmaya karşı dirençlerini ve tokluklarını kaybetmeden çalışabilirler.
- çalışma koşullarında ya da ısıl işlemde yumuşamaya mükemmel direnç gösterirler.
- karbon oranları düşük, 0.3% ile 0.5%, arasındadır.
- Başlıca elementleri Cr, W ve Mo dır.
- Darbelere karşı dayanıklı iken yüksek sıcaklıklarda darbe mukavemetleri düşer.
- Yüksek sıcaklıklarda 40-55 HRC arası sertlik
- 550°C de 1750-2500 (N/mm²) akma mukavemeti
- İşlenmeleri kolay

Sıcak iş Takım çelikleri

- ısı genleşmeleri düşüktür.
- Bu sayede su vermede çarpılma minimumdur!
- AISI sınıflamasında bütün sıcak iş çelikleri H kodu ile gösterilirler.
- Çok alaşımlı bazı H Grup çelikleri yüksek -hız (HSS) çeliklerine benzerler fakat onlardan daha düşük C ve daha düşük alaşım içerirler.
- Kullanım yerleri: Beyaz eşya sektörü, ekstrüzyon kalıpları, sıcak rulo sarma mandrelleri, sıcak makaslar, sıcak dövme kalıpları, vb.
- H çelikleri sıcak dayanıklılığı temin eden alaşım elementine bağlı olarak 3 gruba ayrılırlar:

Sıcak iş Takım çelikleri



Krom sıcak iş takım çelikleri

- Kod: → H19
- Başlıca alaşım elementleri: C, Cr, W ve bazen V.
- düşük alaşımlı: ~3-5 ağırlık% Cr + Orta seviyede C
- düşük alaşım içeriği sayesinde yüksek tokluk: 40-55 HRC
- Derin sertleşme - havada su vermede ~15 cm.
- Isıl işlemde sınırlı distorsiyon
- Oldukça yüksek Ms- ve Mf sıcaklıkları,
- 300 mm kalınlığındaki kesitlerde tam sertlik için havada su verme yeterli.
- En çok dövme ve basınçlı döküm kalıplarında kullanılır. (W, Mo türleri gibi)

tungsten sıcak iş çelikleri

- Kod: H20 → H39
- H21-H26: H21'den H26'ya kadar sıcak iş takım çelikleri Yüksek Hız Çelikleri (HSS) ile aynı alaşım elementlerini içerirler fakat C'ları daha azdır.
- HSS'lere göre Tungsten'li sıcak iş takım çelikleri daha toktur fakat diğer özellikleri benzerdir.
- Mesela H26 T15'in düşük C'lu türüdür.
- Önemli bir özellik yumuşamaya yüksek dirençtir.
- H tür takım çeliklerinin yüksek alaşım içeriği yüksek sıcaklıklarda yüksek ısıl kararlılık sağlarken çalışma 40-55 HRC sertlik seviyesinde Cr'lu sıcak iş takım çeliklerine göre kırılma yapar.

tungsten sıcak iş çelikleri

- Sıcak iş takım çelikleri arasında H takım çelikleri en serttir.
- Bu çelikleri havada soğutma ile sertleştirmek mümkün olsa da, oksitlenmeyi önlemek için yağda veya tuz banyosunda soğutulurlar.
- Tipik uygulamalar, pirinç, bronz ekstrüzyon kalıpları ve sıcak zımbalardır.

molibden sıcak iş çelikleri

- Kod: H40 → H59
- Düşük karbon + başlıca alaşım elementleri C, Mo, Cr ve V.
- Halen sadece 2 Mo'li sıcak iş takım çeliği var: H42 ve H43. H42 kullanılan tek tip.
- Grup M ve T çelikleri aynı Weq değerinde benzer özellikler gösterirler.
- ısıtıl işleminde alınması gereken önlemlerin maliyeti fiyat avantajını aşmaktadır. Bu nedenle Tungstenli sıcak iş takım çeliği daha fazla kullanılmaktadır.
- Tungstenlilerden daha yüksek tokluk ve daha ucuz

Soğuk iş Takım çelikleri

- Soğuk iş takım çelikleri yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya dirençli değildir.
- Bu nedenle kullanımları $\sim 200- 260$ °C altındaki sıcaklıklar ile sınırlıdır.
- normal sıcaklıklarda yüksek mukavemet ve aşınma direnci gösteren malzemelerdir.
- Oldukça az miktarda W, Mn, Cr ve Mo içeren yüksek karbon çelikleridir.
- Bu alaşım katkıları sertleşebilirliği arttırır fakat yüksek sıcaklıklara dayanıklılık sağlamaya yetmez.

Soğuk iş Takım çelikleri

- Bu sertleşebilirlik artışı sayesinde W serisinde olduğundan daha az çarpılmaya yol açan yağda su vermeyi mümkün kılar.
- Su verme sırasında çarpılma riskleri çok düşüktür. Soğuk iş çeliklerinden imal edilen büyük boyutlu parçalar bile su verme sonrasında çarpılmazlar. Aşınma dirençleri yüksektir.
- Toklukları da iyidir.

Soğuk iş takım çelikleri

- Ucuz olduğundan takım imalatında en fazla bu takım çeliği kullanılır.
- Her türlü kesme ve şekillendirme kalıplarında, master, kesme, çekme ve delme kalıpları, makas, şekillendirme ve şerit merdanelerinde, torna merkezlerinde, tel kesme, hadde kesme, çelik boru imalatında şekillendirme tekerlerinde soğuk zımbalar, sac makasları, mandrellerde, delgilerde, raybalarda, pençelerde, vida dişi açma takımlarında, plastik kalıplarında kullanılırlar.

Soğuk iş takım çelikleri

3 temel gruba ayrılırlar:

A (havada sertleşen çelikler),

D (yüksek C, yüksek Cr çelikleri)

O (yağda sertleşen çelikler).

Başlıca alaşım elementi bu 3 grupta farklıdır.

A grubu: Cr ve Mn'ca zengin!

D grubu: yüksek C, yüksek Cr çelikleri

O grubu: yüksek C-düşük alaşım içeriği
oldukça ucuz çeliklerdir.

Yüksek C ile kısa süreli uygulamalar için yeterli aşınma direnci temin edilir.

Havada sertleşen grup A soğuk iş çelikleri

- grup A çelikleri havada sertleşme ile tam sertliğe ulaşmayı sağlayacak miktarda alaşım elementi içerirler.
- 100-120 mm kesitlerde 59- 60 HRC can be obtained in sections of 100- 120 mm.
- Su vermede minimum şekil bozukluğu yaşanır.
- Sertleşme ısıl işleminde çatlama hassasiyeti minimumdur.
- Başlıca alaşım elementleri C, Mo, Cr ve Mn'dır.
- Grup A çelikleri bazen Cr- ve Mn'ca zengin olarak sınıflandırılırlar.

Havada sertleşen grup A soğuk iş çelikleri

- Cr tipi olanlar yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya yüksek direnç gösterirler.
- Mn tipi olanlar ~ 110 °C ve daha düşük sıcaklıklarda sertleşirler.
- Boyutsal kararlılıkları ile yüksek hassasiyetli takımlar için idealdirler.
- Kesme bıçakları, zımbalar, kesme ve traşlama kalıpları, şekillendirme kalıpları, kabartma kalıpları için kullanılırlar.

yüksek C yüksek Cr grup D soğuk iş çelikleri

- Başlıca alaşım elementleri %1.5- 2.35 C ve %12 Cr
- Yüksek Cr sayesinde yüksek sıcaklık sertliği.
- Yüksek C'lu türleri yüksek miktarda karbür içerir ve bu da mükemmel aşınma direnci sağlar.
- grup A çeliklerine göre, grup D çelikleri şekil bozukluğuna, kenar kırılğanlığına daha hassastır ve sertleştirme sırasında çatlama yaşayabilir.
- Yüksek yumuşama direnci gösterirler.
- Uzun ömürlü kesme, şekillendirme, derin çekme kalıplarında, vida haddeme, kesme ve yırtma bıçaklarında kullanılırlar.

Yağda sertleşen grup O soğuk iş çelikleri

- Yüksek miktarda karbon (%0.85-1.55) ve nispeten düşük alaşım elementi içerirler.
- Sertleşebilirlik grup A çeliklerine göre daha zayıftır.
- Sertlik 56-62 HRC arasındadır.
- Yağda su verme ile tüm kesit sertleşir.
- Düşük alaşım nedeniyle sertlik ve aşınma direnci sağlayan sadece Fe karbürlerdir.
- Bu nedenle aşınma direnci A ve D grup çeliklerindeki kadar iyi değildir.
- Düşük maliyetleri ile kısa süreli kesme ve şekillendirme kalıpları, zımba, mastar, freze çakı tutacağı, makine parçaları vb uygulamalarda tercih edilirler.

Soğuk iş takım çelikleri

Suda sertleşen takım çelikleri	Yağda sertleşen takım çelikleri	Orta alaşımlı havada sertleşen takım çelikleri	Yüksek C yüksek Cr çelikleri
W serisi	O serisi	A serisi	D serisi
0.6-1.10%C'lu karbon çelikleri En ucuz takım çelikleri; Tokluk için yumuşak merkez-aşınma direnci için sert sığ yüzey; Kullanımı azalıyor.	0.9-1.45 %C + Mn, Si, W, Mo, Cr. Sertleştirilmiş halde martensitle birlikte grafit içerirler (grafit yağlayıcı gibi davranır ve talaşlı imalatı kolaylaştırır) W, W-karbürler oluşturur ve aşınma direncini ve kesme takımlarında kenar keskinliğini arttırır.	5-10 %alaşım elementi (Mn, Si, W, Mo, Cr, V, Ni) sertleşebilirliği, aşınma direncini ve tokluğu arttırır.	A11 D serisi 12 %Cr en az 1.5 %C. Havada veya yağda su verme, Düşük çarpılma, yüksek aşınma direnci

Yüksek hız çelikleri

- Yüksek hız çelikleri yüksek alaşımlı çeliklerdir. %20 kadar alaşım elementi içerirler.
- Yüksek hız takım çelikleri derin sertleşebilir çeliklerdir.
- Başlıca alaşım elementleri Mo ve/veya W, Cr, V, Co ve C'dur.
- hepsinde 4% Cr bulunur.
- Malzemelerin yüksek hızda kesilmelerini sağlayan yüksek sertlik değerlerine (65-70 HRC) sahiptirler.
- Yüksek karbür içerikleri sayesinde çok yüksek aşınma direncine sahiptirler.

Yüksek hız çelikleri

- yaklaşık 600° C'ye kadar çalışma sıcaklıklarında 60 ile 67 HRC'ye kadar yüksek sertlik değerlerini korurlar.
- Yüksek sıcaklıklarda sertliklerinin korunması (kızıl sertlik), yumuşamaya gösterdikleri direnç matrisle uyumlu ince ikincil alaşım elementi karbürlerinden kaynaklanmaktadır.
- kesme takımlarında kullanılırlar.
- yüksek karbonlu çeliklerden daha üstün performans
- Yüksek sıcaklıklar da dahil olmak üzere yüksek sertlikleri neden kesme takımlarında tercih edilirler.

Yüksek hız çelikleri

- Freze çakıları, torna kalemleri, rayba, kılavuz, azdırmalar, zımba ve kalıplarda kullanılırlar.
- Bazı türleri soğuk işlem uygulamalarında da kullanılır.

HSS çelikleri 2 gruba ayrılır:

Mo yüksek ise M tipi (molibden)

tungsten yüksek ise T (tungsten) tipi.

Grup M yüksek hız çelikleri

- %10 kadar Mo içerirler.
- T serisinden daha yüksek aşınma direncine sahiptirler.
- Ekonomik nedenlerle HSS çeliklerinin %95'i M grubuna aittir.
- Yüksek hızda kesme işi takımlarında kullanılır.
- Toplam HSS çeliklerinin %95'ini oluşturur.
- Mo, W, Cr, V ve Co içerir.
- Çok yüksek tokluğa sahiptir
- Maksimum sertlik 65 ile 70 HRC arasında değişir.
- M-2 çeliği yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya en yüksek direnç gösteren çeliktir.

Grup T yüksek hız çelikleri

- W, Cr, V içerirler.
- % 12-18 kadar tungsten içerirler.
- Isıl işlemde daha az distorsiyona uğrarlar.
- Son derece derin sertleşme tecrübe ederler.
- Yüksek kızıl sertlik (Grup M'ye benzer)
- Yüksek aşınma direnci
- M tip çeliklerden daha pahalıdır.

grup M vs grup T

- Grup M çelikleri Grup T çeliklerinden daha yüksek tokluğa sahiptir.
- Grup M çeliklerinde ulaşılabilen en yüksek sertlik değeri 70 HRC'dir. Bu sertlikler yüksek C'lu ve ayrıca Co içeren M41, M42, M43, M44 ve M47 çeliklerinde mümkündür.
- Çok az sayıda endüstriyel uygulama bu kadar yüksek sertliklere ihtiyaç duyar.
- grup M çeliklerinin ısıtılması 66-68 HRC sertliğe göre yapılır.
- Optimum kızıl sertlik bu gruba ait çeliklerde elde edilir.
- Grup M çelikleri ısıtılması sırasında dekarbürize olurlar.

grup M vs grup T

- Grup T çeliklerine göre sertleştirme koşullarına daha hassastırlar.
- Grup M çelikleri grup T çeliklerinden daha düşük sıcaklıklarda ostenitlenirler.
- Grup T çeliklerinin sertleşebilirlikleri grup M çeliklerinden daha yüksektir.
- Grup T'ye ait tüm çelikler en az 64.5 HRC'ye sertleştirilebilirler. Ulaşılabilecek en yüksek sertlik değeri 67 HRC'dir.
- Bu kadar yüksek sertlik yüksek C içeren ve yapısında sert karbürler bulunan T15 gibi bir çelikte mümkündür.

Yüksek hız çelikleri



Yüksek hız çelikleri



başlıca takım çelikleri

AISI	UNS	C	Cr	Ni	Mo	W	V	uygulama
M1	T11301	0.85	3.75	0.3max	8.70	1.75	1.20	Matkap, testere, torna takımları
A2	T30102	1.00	5.15	0.3max	1.15	-	0.35	Kalıp malz
D2	T30402	1.50	12	0.3max	0.95	-	1.1max	Kesme ve çekme kalıpları
O1	T31501	0.95	0.50	0.3max	-	0.50	0.3max	Kesme takımları
S1	T41901	0.50	1.40	0.3max	0.5max	2.25	0.25	Matkap ve kesici
W1	T72301	1.10	0.15max	0.2max	0.1max	0.15max	0.1max	takım

Takım çeliklerinin sınıflaması ve uygulamaları

AISI sınıfı	grup	özellikler	Alaşım elementleri	uygulama
Yüksek hız çelikleri	Grup M: Mo-zengin	Yüksek hızda kesme işlemi için yüksek sertlik, kızıl sertlik	C, Mo, W, V, Cr	Her çeşit kesme takımları
	Grup T:W-zengin		C, W, V, Cr, Co	
Soğuk iş çelikleri	Grup A: havada sertleşme	Havada derin sertleşme (100mm'ye kadar)	C, Mn, Cr, Mo	zımbalar, şekillendirme kalıpları, kesme kalıpları, uzun ömürlü kesme kalıpları (blanking dies)
	Grup D: yüksek C-yüksek Cr	Normal sıcaklıklarda yüksek aşınma direnci	C, Cr,(Mo)	
	Grup O: yağda sertleşen	Normal sıcaklıklarda yüksek aşınma direnci	değişken	

Takım eliklerinin sınıflaması ve uygulamaları

AISI sınıfı	grup	Karakteristik zellikler	Başlıca alaşım elementleri	uygulamalar
Sıcak iş elikleri	Grup H: Cr-sıcak iş elikleri	Derin sertleşme; yüksek tokluk	C, Cr, W, (V)	Al ve Mg ekstrüzyon kalıpları
	Grup H: W-sıcak iş elikleri	Cr-sıcak iş çeliklerine göre yüksek ısıl kararlılık,	C, W, V, Cr, Co	Pirinç, Ni alaşımları ve elik ekstrüzyon kalıpları
	Grup H: Mo-sıcak iş çelikleri	zellikler HSS eliklerine benzer.	C, Mo, W, V, Cr, Co	

Takım çeliklerinin sınıflaması ve uygulamaları

AISt sınıfı	grup	Karakteristik özellikler	Başlıca alaşım elementleri	uygulamalar
Şoka dayanıklı çelikler	Grup S	Yüksek şok yükleme-darbe direnci	Mn, Si, Cr, W, Mo	Marangoz kalemi, çekiç, zımba,
Kalıp çelikleri	Grup P	Yüksek sıcaklıklarda düşük yumuşama direnci	Cr, Ni	Kalıplar, kritik bitiş kalıpları
Özel amaç çelikleri	Grup L	Düşük alaşımlı çelikler; Grup W çelikleri grup L'ye göre daha yüksek tokluk gösterir.	Cr, V, Ni, Mo	çeşitli
Suda sertleşen çelikler	Grup W		C	Ağaç işleme takımları, kabartma baskı takımları

Takım elikleri: sınıflama ve tanımlama

grup	AISI-SAE sınıfı	Önemli özellikler
Suda sertleşen	W	
Soğuk iş	O	Yağda sertleşen
	A	Havada sertleşen; orta alaşımlı
	D	yüksek C; yüksek Cr
Şoka dayanıklı	S	
Yüksek hız	T	W bazlı
	M	Mo bazlı
Sıcak iş	H	H1-H19: Cr bazlı H20-H39: W bazlı H40-H59: Mo bazlı
Plastik kalıp	P	P1-P19:düşük C kalıp elikleri P20-P39: diğerk kalıp elikleri
Özel amaç	L	Düşük alaşımlı
	F	C, W

Takım çelikleri: sınıflama ve tanımlama

AISI-SAE Types	Classification of Tools Steels	COMPOSITION %					
		C	Cr	V	W	Mo	Other
W1	Water hardening	0.60	-	-	-	-	-
W2		0.60	-	0.25	-	-	-
S1		0.50	1.50	-	2.50	-	-
S5	Shock resisting	0.55	-	-	-	0.40	0.80 Mn 2.00 Si
S7		0.50	3.25	-	-	1.40	-
O1	Oil hardening	0.90	0.50	-	0.50	-	-
O6		1.45	-	-	-	0.25	1.00 Si
A2	Cold work	1.00	5.00	-	-	1.00	-
A4	Medium alloy air hardening	1.00	1.00	-	-	1.00	2.00 Mn
D2	Cold work High carbon High chromium	1.50	12.00	-	-	1.00	-
M1	Cold work	0.80	4.00	1.00	1.50	8.00	-
M2	Molybdenum	0.85	4.00	2.00	6.00	5.00	-
M10		0.90	4.00	2.00	-	8.00	-
H11	Hot work	0.35	5.00	0.40	-	1.50	-
H12	Chromium	0.35	5.00	0.40	1.50	1.50	-
H13		0.35	5.00	1.00	-	1.50	-
P20	Die casting mold	0.35	1.25	-	-	0.40	-

Tedarik durumu

- Takım elikleri kullanıcısına üretici firma tarafından tavllanmış halde tedarik edilir.
- Tavlı halde, takım çeliği yapısı spheroidite'tir; yani matris ferritik ve yumuşak, C küresel karbürlerde bağlıdır.
- Bu halde iken talaşlı imalatı kolaydır.
- Ancak bu tavlı yapı takım uygulaması için uygun değildir.
- Bu nedenle hassasiyetle uygulanacak bir ısıl işleme sertleştirme gerekir.

Takım eliklerinin ısıl işlemleri

- Takım eliklerinin bir çoğu kalıp-takım imalatından sonra ısıl işleme sertleştirilir.
- Genellikle malzemenin homojenliğine katkı yaptığı için yavaş ısıtma uygulanır.
- Bunun yegane istisnaları M, T ve H grup elikleridir.
- Su verme ortamı temiz ve sıcaklığı homojen olmalıdır.

Takım eliklerinin ısıl işlemleri

- Takım eliklerine uygulanan ısıl işlemlerin amacı, tamamen sertleştirilmiş ve temperlenmiş matris ve bu matriste homojen olarak dağılmış birincil ve ikincil karbürlerden oluşan homojen bir mikroyapı elde etmektir.
- Martensitik yapının “lath” mi yoksa “plate” türü mü tercih edileceği tokluk mu yoksa aşınmaya yüksek direnç mi istendiğine bağlıdır.

Isıl işlem-ostenitleme

- Ostenitleme sıcaklığının ve süresinin seçimi olumlu ve olumsuz etkilerin dengelenmesi hedeflenerek yapılır.
- Sertleşme sonrasında homojenlik için homojen bir ostenitik yapı elde etmek gerekir.
- Homojen bir ostenit yapısı süratli difüzyonu mümkün kılan mümkün olduğunca yüksek sıcaklık ve uzun tav süresi ile elde edilir.
- Fakat tane büyümesini önlemek için dikkatli olunmalıdır.
- Tav sıcaklık ve süresini seçmek için TTA-diyagramları (süre-sıcaklık-ostenit) kullanılabilir.

Isıl işlem-su verme

- C ve diğer elementlerin difüzyonunu önleyerek Ostenitle aynı bileşimde martensitik yapı elde etmek için su verme hızı mümkün olduğunca yüksek olmalıdır.
- Diğer yandan boyutsal değişimlere yol açan arzu edilmeyen iç gerilmelerin ve ısıl çatlakların oluşmasını önlemek için olabildiğince yavaş olmalıdır.
- Parça merkezi ile yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının 150°C altında kalması halinde ısıl çatlaklar önlenir.
- Optimum soğutma tüm parçada aynı dönüşüm hızlarını sağlamalıdır.

Isıl işlem-su verme

- soğutma ortamını seçerken parça boyutlarını da dikkate almak gerekir.
- Silindirik ve küresel gibi basit geometriler için yüzeyden farklı uzaklıklarda soğuma hızlarını hesaplamak mümkündür.
- Parça şekli karmaşık ise farklı bölgelerdeki soğuma hızları için simülasyonlardan yararlanılabilir.
- Su verilmiş malzeme aşırı kırılmalıdır. Bu nedenle temperlenmelidir.

Isıl işlem-temperleme

Temperleme

- Martensitik yapıyı ferrit ve karbürlerin çekirdeklenme ve büyüme ile oluşturduğu ara kararlı bir yapıya dönüştürmek,
- Su verme sırasında ortaya çıkan ve arzu edilmeyen gerilmeleri gidermek ve
- Varsa alıkonmuş osteniti ferrit ve karbürlere dönüştürmek için ısıtılmasıdır.

Bu dönüşümlerin çoğu difüzyon kontrollü olduğundan temperleme süre ve sıcaklığı titizlikle seçilmelidir.

Isıl işlem-temperleme

Yüksek alaşımlı takım çelikleri (yüksek hız ve sıcak iş takım çelikleri) ~500- 600 °C'de ~1 st 2 veya 3 kez temperlenmelidir.

Bu sıcaklıklarda yer alan katı eriyik elementleri hareketlidir ve alaşım karbürleri oluşabilir.

Düşük alaşımlı çelikler (düşük alaşımlı özel amaçlı ve suda sertleşebilen takım çelikleri) sertlik düşüşünü ve temper gevrekliğini önlemek için daha düşük sıcaklıklarda temperlenir.

Sade karbon ve düşük alaşımlı takım çelikleri dışında takım çelikleri ikinci sertleşme gösterirler. Bu ikincil sertleşme olayı matrisle uyumlu olan ikincil karbürlerin çökmesi sonucu gerçekleşir.

Yüksek hız ve sıcak iş takım çelikleri maksimum sertlik seviyelerine bu ikincil sertleşmeden sonra ulaşır.

Takım eliklerinin sıfır altı işlemleri

- Yüksek C ve çokça alaşım: kalıntı ostenite neden olurlar.
- Normalden daha yüksek ostenitleme sıcaklığı/çeliği yeterince hızlı soğutamamak sonucunda
- Daha güçlü ikincil sertleşme yaşanır.
- Temperleme ile boyutsal değişim daha fazla olur
- Temperlemeden soğutma sırasında çatlama riski artar
- Daha kırılğan bir yapı ortaya çıkar.
- Kalıntı osteniti önlemenin 3 yolu
- Eksik sertleşme (i.e. Düşük ostenitleme sıcaklığı)
- M_f altında düşük bir sıcaklığa soğutmak
- 2 veya 3 kez temperleme



Tools Steels and Their Uses

Takım eliklerinin seçimi

- Kısa süreli üretimler ve ısınmanın olmadığı koşullar için düşük maliyetli, sade karbon çeliklerinden takım çelikleri seçilmeli!
- Yüksek hız takım çeliklerinden M-tipi olanlar T-tipi olanlardan çok daha ucuz.
- Çok yüksek hız koşullarında yüksek V veya Co içeren çelikler uygun.

Takım eliklerinin seçimi

kesme- torna kesme takımları; freze takımları
Sertlik, ısı dayanıklılığı ve aşınma direnci

Makasla kesme- baskı kalıbı, delge, makaslar
Sertlik ve tokluk (kırılmaya direnç)

şekillendirme- sıcak elik levhaları
şekillendirmek için baskı kalıbı ve merdaneler
Yüksek mukavemet, darbe mukavemeti, kızık
sertlik (yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya direnç)

Çekme ve ekstrüzyon- tel çekme kalıpları
Tokluk, aşınma direnci, kızık sertlik

Takım elikleri ve uygulamaları

Yüksek hız çelikleri yüksek hızda kesme işlemlerinde kullanılan matkap, freze akısı, pençe vb takımlarda tercih edilir.

Sıcak iş takım çelikleri- yüksek sıcaklıklarda makasla kesme, delme, metal şekillendirme gibi ısı, basınç ve aşınma şartlarının bir arada bulunduğu uygulamalarda tercih edilirler.

Soğuk iş takım elikleri 205-260°C atındaki ve bu sıcaklık aralığı üstünde tekrarlı ve/veya uzun süreli olmayan uygulamalara seçilen çeliklerdir.

Takım elikleri ve uygulamaları

- Şoka dirençli takım çelikleri eki, kalem, baskı kalıbı gibi tokluk ve Şok yüklemelere dayanıklı uygulamalar için tercih edilirler.
- Suda sertleşen takım çelikleri sığ sertleşme gösteren, ve yumuşamaya dirençleri oldukça az olan çeliklerdir.
- Ağaç işleme takımları, el aletleri, kesme bıçak takımları vb uygulamara seçilirler.

Takım çeliği çeşitleri ve uygulamaları

AISI	C	Mn	Cr	V	W	Mo	Co	uygulama
Suda sertleşen takım çelikleri								
W1	0.6-1.4	-	-	-	-	-	-	Cold-heading dies, wood working tools
W2	0.6-1.4	-	-	0.25	-	-	-	
Şoka dayanıklı takım çelikleri								
S1	0.5	-	1.5	-	2.5	-	-	Chisels, hammers, rivet sets
S2	0.5	0.8	-	-	-	0.4(2.0Si)	-	
Havada sertleşen orta alaşımlı soğuk iş çelikleri								
A2	1.0	-	5.0	-	-	1.0	-	Thread rolling and slitting dies, intricate die shapes
A5	1.0	3.0	1.0	-	-	1.0	-	

Takım çeliği çeşitleri ve uygulamaları

AISI	C	Mn	Cr	V	W	Mo	Co	uygulama
Yüksek C - yüksek Cr soğuk iş çelikleri								
D2	1.5	–	12.0	–	–	1.0	–	485°C altındaki sıcaklıklar için, master, uzun süreli şekillendirme ve kesme kalıplarında
D3	2.25	–	12.0	–	–	–	–	
D4	2.25	–	12.0	–	–	1.0	–	
Krom sıcak iş çelikleri								
H12	0.35	–	5.0	0.4	1.5	1.5	–	Al veya Mg ekstrüzyon kalıpları, basınçlı döküm kalıpları, mil, sıcak makas, dövme kalıpları
H13	0.35	–	5.0	1.0	–	1.5	–	
H16	0.55	–	7.0	–	7.0	–	–	
Tungsten sıcak iş çelikleri								
H21	0.35	–	3.5	–	9.5	–	–	Pirinç, Ni alaşımları ve çelikler için Sıcak ekstrüzyon kalıpları, sıcak dövme kalıpları
H23	0.30	–	12.0	–	12.0	–	–	

Takım çeliği çeşitleri ve uygulamaları

AISI	C	Mn	Cr	V	W	Mo	Co	uygulama
Tungsten yüksek hız çelikleri								
T1	0.70	–	4.0	1.0	18.0	–	–	Orijinal yüksek hız çeliği
T15	1.50	–	4.0	5.0	12.0	–	5.0	Aşınma direnci en yüksek
Molibden yüksek hız çelikleri								
M1	0.80	–	4.0	1.0	1.5	8.5	–	Kesme takımlarının %85'i bu gruptan
M2	0.85	–	4.0	2.0	6.25	5.0	–	
M3	1.0	–	4.0	2.4	6.0	5.0	–	
M10	0.85	–	4.0	2.0	–	8.0	–	
M15	1.50	–	4.0	5.0	6.5	3.5	5.0	Aşınma direnci en yüksek

Çeliklerin AISI-SAE gösterilişleri

XXXX

İlk hanede çeliğin esas sınıfı gösterilir.

İkinci rakam bu ana sınıfın içindeki alt sınıfı ve ana alaşım elementinin miktarını ifade eder.

3. ve 4. haneler karbon miktarını gösterir ve kaynak işi yönünden önemlidir.

Carbon steels	10XX
Carbon steels, resulfurized	11XX
Carbon steels, resulfurized and rephosphorized	12XX
Manganese steels	12XX
Nickel steels	13XX
Nickel steels 3.50% Ni	2XXX
Nickel steels 5.0% Ni	23XX
Nickel chromium steels	25XX
Ni-Cr steels 0.7% Ni, 0.7% Cr	3XXX
Ni-Cr steels 1.25% Ni, 0.6% Cr	30XX
Ni-Cr steels 1.75% Ni, 1.0% Cr	31XX
Ni-Cr steels 3.50% Ni, 1.50% Cr	32XX
Carbon-molybdenum steels	33XX
Chromium-molybdenum steels	40XX
Chromium-nickel-molybdenum steels	41XX
Nickel-moly steels 1.65% Ni, 0.25% Mo	43XX
Nickel-moly steels 3.25% Ni, 0.25% Mo	46XX
Low chromium steels	48XX
Medium chromium steels	50XX
Carbon-chromium steels	51XX
	52XX

Çeliklerin AISI-SAE gösterilişleri

Karbon çelikleri

İlk rakam “1” dir: 10XX, 11XX ve 12XX’de olduğu gibi!

İkinci rakam prosesi tarif eder:

1: sülfürlenmiş: 11XX

2: sülfürlenmiş ve fosforlanmış: 12XX

Mangan çelikleri

İlk rakam bir karbon çeliği olması sebebiyle yine “1”dir: 13XX’de olduğu gibi.

Mn karbon çeliklerinde doğal olarak bulunduğu için ayrı bir kod ile tanımlanmamıştır.

İkinci rakam daima “3” tür.

Çeliklerin AISI-SAE gösterilişleri

Nikel çelikleri

İlk rakam “2” dir: 23XX ve 25XX’de olduğu gibi.
İkinci rakam alaşımdaki Ni miktarını gösterir.

Nikel-krom çelikleri

İlk rakam “3” tür: 31XX, 32XX ve 33XX’de olduğu gibi!

İkinci rakam Ni ve Cr miktarını verir.

Molibden çelikleri

İlk rakam “4” tür: 40XX ve 44XX’de olduğu gibi!
İkinci rakam molibden miktarını ifade eder.

Çeliklerin AISI-SAE gösterilişleri

Krom çelikleri

İlk rakam “5” tir: 51XX ve 52XX’de olduğu gibi.
İkinci rakam alaşımdaki Cr miktarını gösterir.

Krom-vanadyum çelikleri

İlk rakam “6” dır: 61XX’de olduğu gibi!
İkinci rakam Cr ve V miktarını verir.

Tungsten-Krom çelikleri

İlk rakam “7” tür: 72XX’de olduğu gibi!
İkinci rakam W ve Cr miktarını ifade eder.

Çeliklerin AISI-SAE gösterilişleri

Silisyum-mangan çelikleri

İlk rakam “9” dur: 92XX’de olduğu gibi.

İkinci rakam alaşımdaki Si ve Mn miktarını gösterir.

Üçlü alaşım çelikleri

Bu çelikler belli başlı 3 alaşım elementi içerirler.

İlk rakam öne çıkan alaşım elementine göre “4”,

“8” veya “9” olabilir: 61XX’de olduğu gibi!

İkinci rakam diğer alaşım elementlerinin miktarını verir.

Çeliklerin UNS gösteriliş şekli

Birleştirilmiş kodlama sistemi / Unified Numbering System (UNS)

Her bir UNS numarası başta bir harf olmak üzere 5 haneli bir rakamdan oluşur.

Baştaki harf alaşımın ait olduğu metal grubunu ifade eder.

Karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler için tanımlama kodu G harfi ile başlar. Sonra 4 haneli rakamdan oluşan AISI/SAE numarası takip eder. Sonuncu hane «0» dir.

Takım çelikleri için UNS kodu T harfi ile başlar.

Dövme demir

Çelik üretim teknolojisindeki gelişmelerden ve büyük miktarlarda nitelikli çelik üretilemeden önce işlenebilir çeliğin en önde ve yaygın türü dövme demirdi.

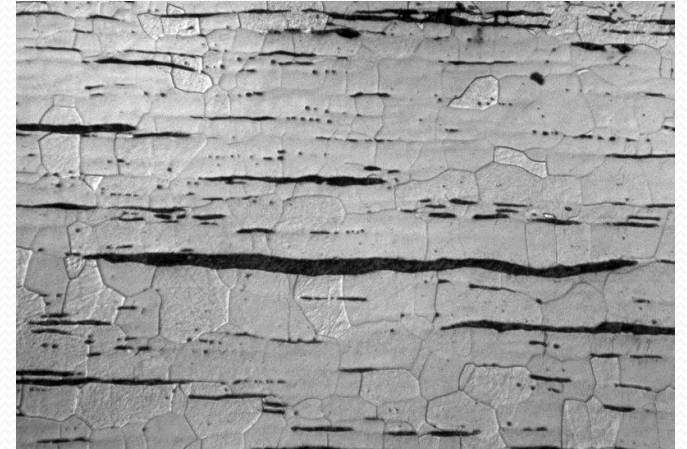
Dövme demir için talep savaş gemileri, demiryolu inşaatları için 1860 yılında en yüksek seviyeye çıktı. Daha sonra düşük karbonlu yumuşak çeliklerin gevreklik gibi kalite sorunları çözülüp bu çelikler ucuz ve bol hale gelince bu talep düştü.

Daha önce dövme çelikten imal edilen su ve buhar boruları, tren rayı, cıvata, zincir, çivi vb bir çok ürün bugün yumuşak çelikten üretilmektedir.

dövme demir

- Çok düşük karbonlu (\sim %0.05) demir alaşımı
- Ağırlıkça %2'ye kadar cüruf kaynaklı fiber kalıntılar mevcut.
- Tok/sünek ve kolayca şekil verilebilir.
- MÖ 2000 yılından bu yana kullanılmış.
- Bir çok saf metalden daha dayanıklı.
- Silah, zırh yanısıra tencere vb yapımında.
- En büyük kısıt proses güçlükleri. Büyük parçaların imalatı zor.

Dövme demirin mikroyapısı: ferrit matriste uzamış cüruf kalıntıları

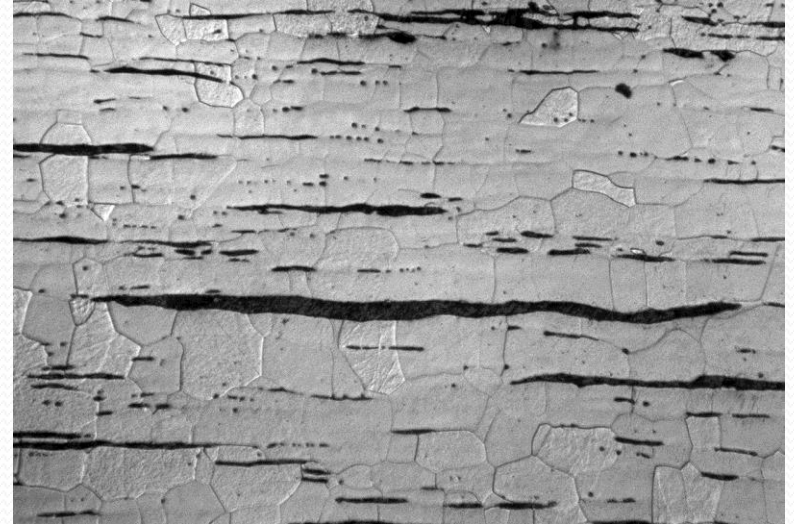


Dövme demir

Uzamış cüruf kalıntıları sayesinde diğer demir esaslı malzemelerde rastlanmayan özellikler!

Yapıda her bir cm^2 sinde 40000 kadar kalıntı var!
ısıtıl işleme sertleşme sağlayacak miktarda karbon yok!

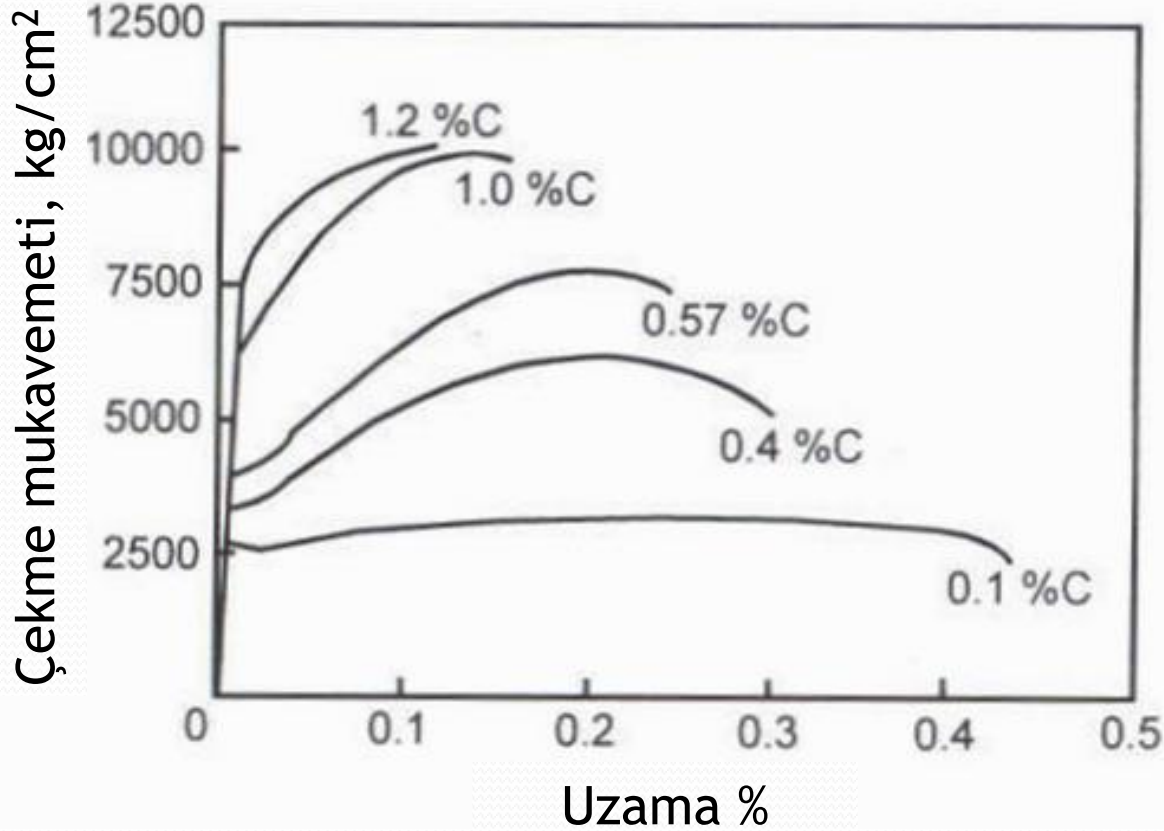
Düşük karbonun en önemli avantajı mükemmel kaynaklanabilirliğidir.



Pik demir, yumuşak elik ve dövme demirin bileşimleri

malzeme	Fe	C	Mn	S	P	Si
Pik demir	91-94	3.5-4.5	0.5-2.5	0.02-0.1	0.03-0.1	0.25-3.5
Karbon eliği	98.1-99.5	0.07-1.3	0.3-1.0	0.02-0.06	0.002-0.1	0.005-0.5
Dövme demir	99-99.8	0.05-0.25	0.01-0.1	0.02-0.1	0.05-0.2	0.02-0.2

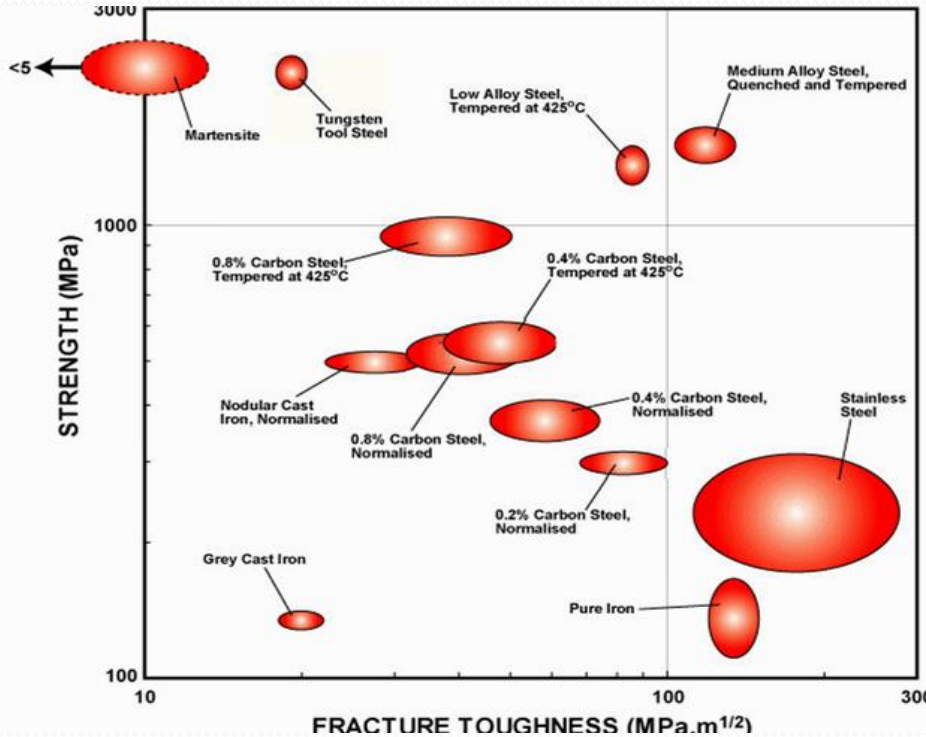
Karbon miktarı-mukavemet



Sıcak şekil verilmiş karbon çeliklerine ait tipik gerilim-gerinim eğrileri

Çeliklerin seçimi

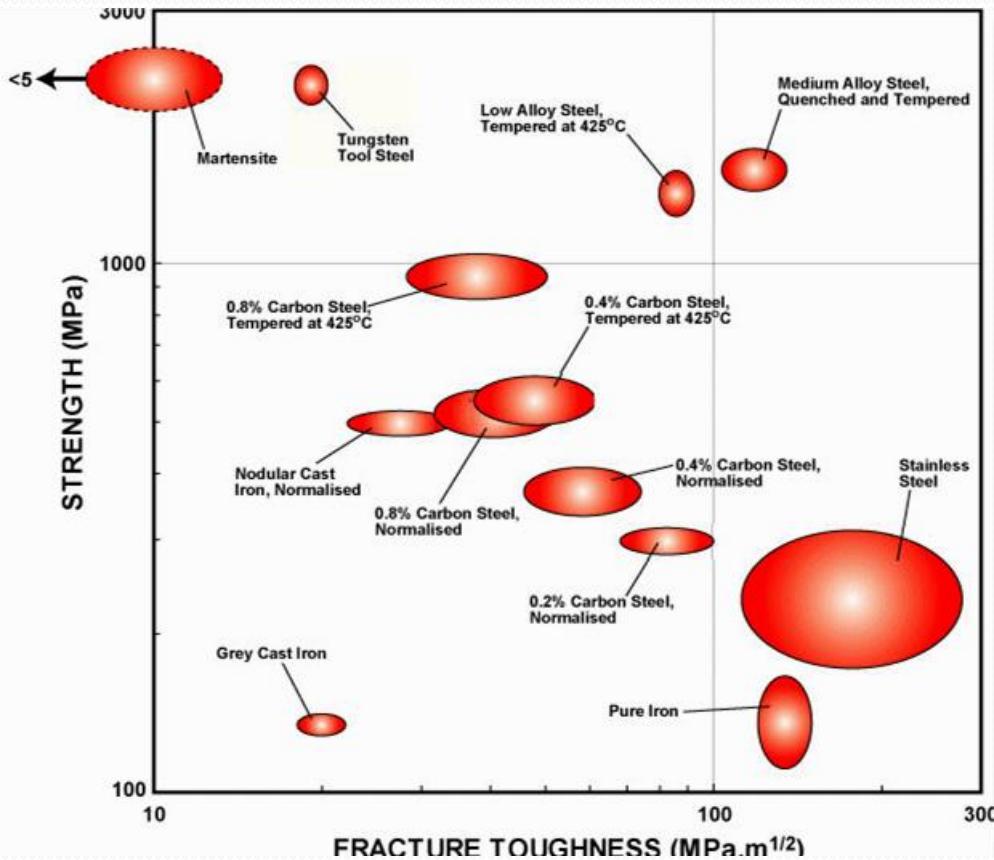
İnşaat işlerinde I profilleri için en uygun çelik hangisidir?



Düşük karbonlu /yumuşak çelik:
Tokluğu mükemmel
Mukavemet yeterli!
Ucuz ve
kaynak kabiliyeti
yüksek

Çeliklerin seçimi

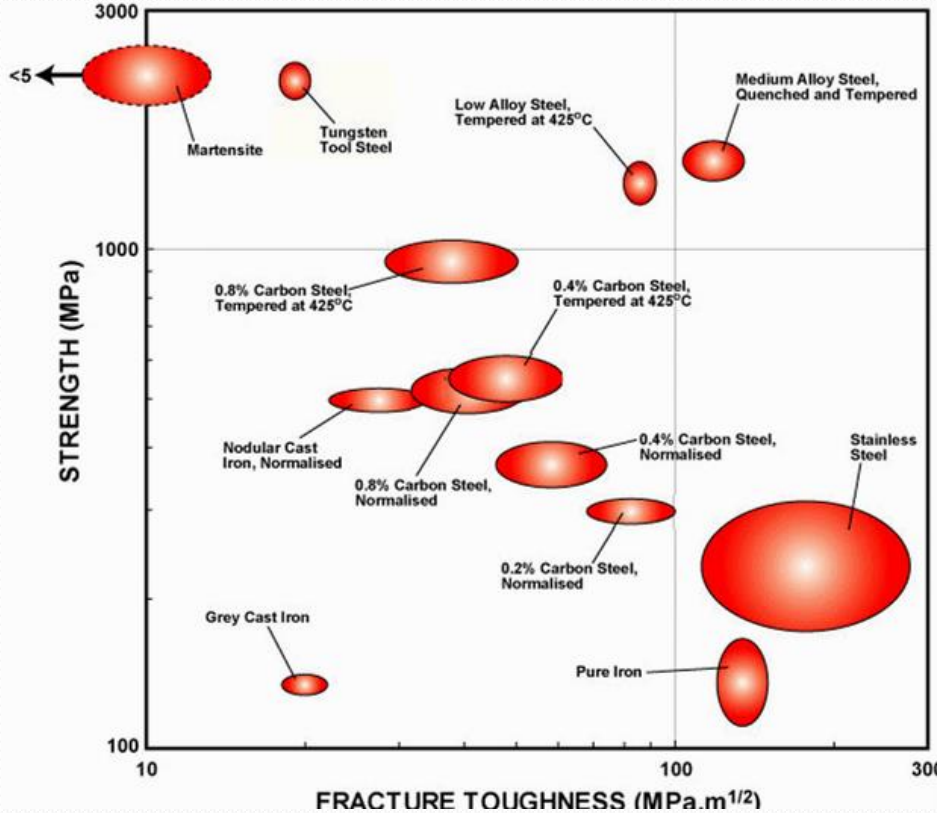
Eğme vb el aletleri yapmak için hangi çeliği kullanırsınız?



Normalizasyon uygulanmış %0.8 C'lu çelik yüksek mukavemet-sertlik ile birlikte makul seviyede tokluk da sağladığı için uygun bir seçimdir.

Çeliklerin seçimi

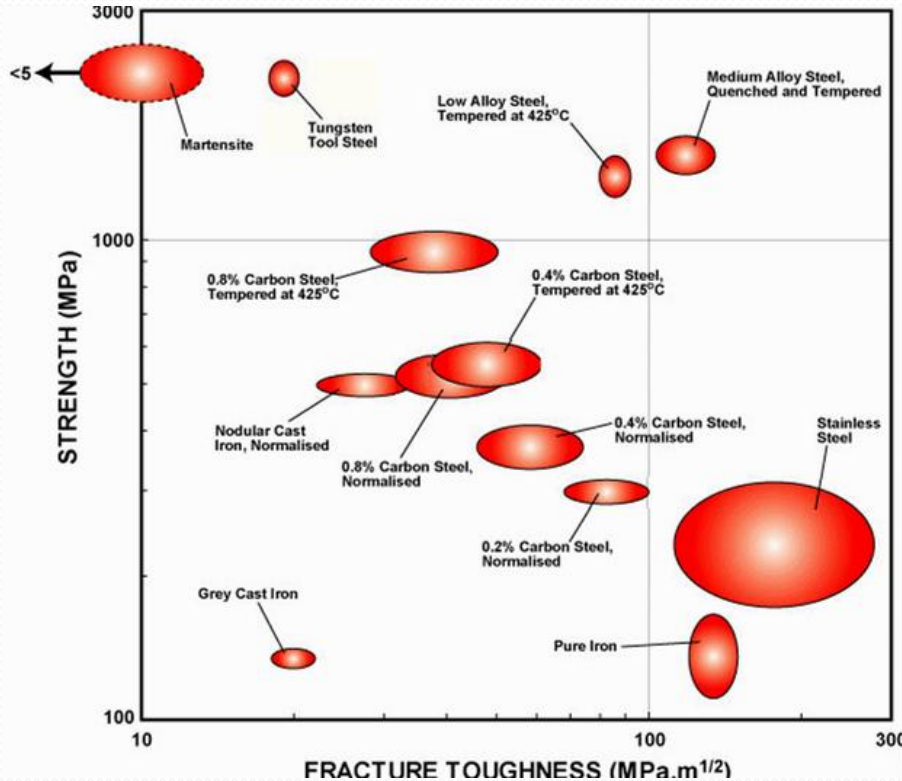
Ameliyat aletleri imal etmek için hangi çeliği seçerdiniz?



Paslanmadığı ve kolayca sterilize edilip tekrar kullanılabileceği için paslanmaz çelik en uygun malzemedir. Ayrıca tokluğu iyi ve mukavemeti yeterlidir.

Çeliklerin seçimi

Kesme takımları için en uygun çelik hangisidir?



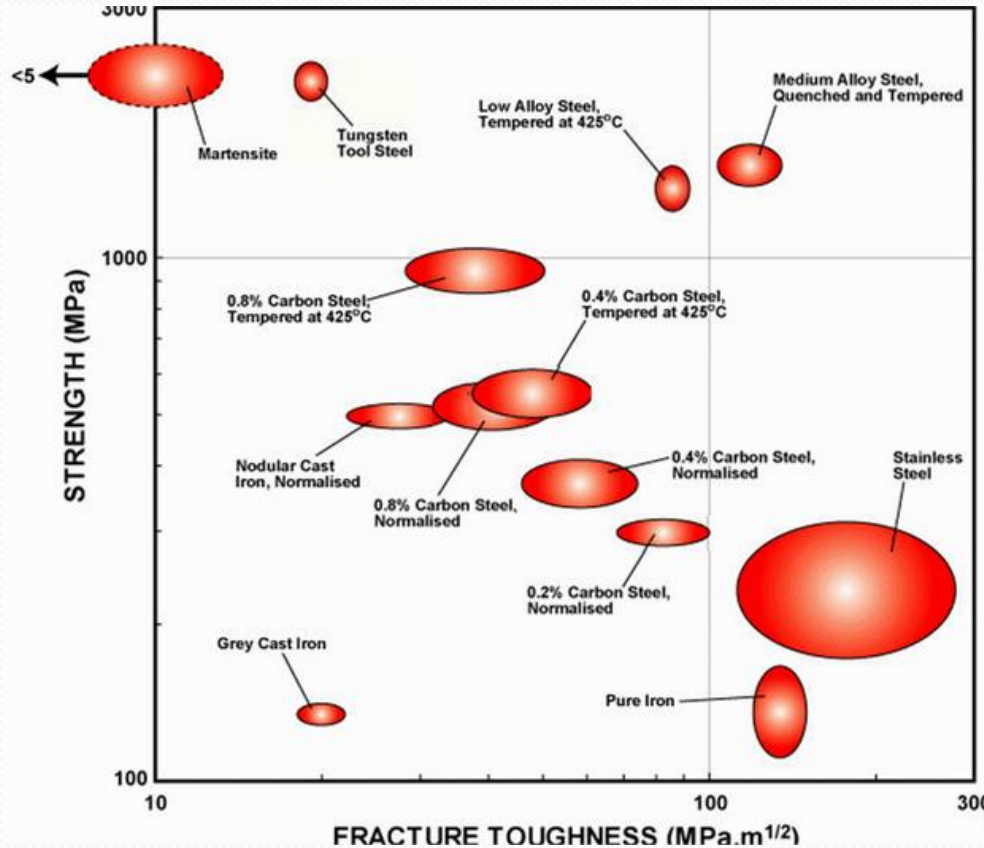
Tungsten takım çelikleri kesme işleri için gerekli yüksek sertliğe sahiptir. Ancak bir hayli kırılıgandır ve çoğu kez kesme takımının sadece uç kısmı takım çeliğinden imal edilir. Kalan kısmı karbon çeliğinden yapılır.

Çeliklerin seçimi

Yandaki şekilde görülen mengene için en uygun malzeme hangisidir?



Küresel dökme demir bu iş için yeterli mukavemete ve ayrıca süneklığe sahiptir ve döküm yoluyla kolayca doğrudan son şekle üretilebilir. Gri dökme demir ise döküm yönünden uygun olmakla birlikte mukavemeti yetersiz kalır.





Haftaya görünmek üzere.....