

PASLANMAZ ÇELİKLER

Paslanmaz çelikler 5 ana grupta toplanırlar:

1. Ferritik
2. Martenzitik
3. Ostenitik
4. Ferritik-Ostenitik (dubleks)
5. Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar

A- Ferritik Paslanmaz Çelikler

Düşük karbonlu ve %12 - 18 krom içeren paslanmaz çeliklerdir.

Başlıca Özellikleri:

- Orta ila iyi derecede olan korozyon dayanımı, krom miktarının artması ile iyileşir.
- Isıl işlemle dayanım artırılmaz ve sadece tavlanmış durumda kullanılır.
- Manyetikler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür.
- Ostenitik çelikler kadar kolay şekillendirilemezler.

B- Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Karbon miktarı % 0,1 den fazla olan çelikler yüksek sıcaklıklarda ostenitik içyapıya sahiptirler. Ostenitleme sıcaklığı çeliğin türüne göre 950-1050°C arasındadır. Bu sıcaklıklarda tutulan çeliğe su verilirse martenzitik bir içyapı elde edilir. Bu şekilde elde edilen yüksek sertlik ve mekanik dayanım, karbon yüzdesi ile birlikte artar.

Başlıca Özellikleri:

- Orta derecede korozyon dayanımına sahiptirler.
- Isıl işlem uygulanabilir, böylece yüksek dayanım ve sertlikler elde edilebilir.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür.
- Manyetikler.

C- Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çeliğin bileşiminde yeterince nikel bulunursa, içyapısı oda sıcaklığında dahi ostenitik olur. Ostenitik çeliklerin temel bileşimi %18 krom ve %8 nikeldir. Ostenitik paslanmaz çelikler, biçimlendirme, mekanik özellikler ve korozyon dayanımı bakımından çok uygun bir kombinasyon sunarlar. Süneklikleri, toklukları ve biçimlendirilme kabiliyetleri düşük sıcaklıklarda bile mükemmeldir. Manyetik olmayan bu çeliklere, ostenitik içyapıları dönüşüm göstermediği için normalleştirme veya sertleştirme ısıl işlemleri uygulanmaz, mekanik dayanımları ancak soğuk şekillendirme ile artırılabilir. Toplam paslanmaz çelik üretimi içinde ostenitik çeliklerin payı % 70'tir ve aralarında en çok kullanılan 304 kalitedir.

Başlıca Özellikleri:

- Mükemmel korozyon dayanımına sahiptirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri mükemmeldir.
- Sünek olduklarından kolay şekillendirilebilirler.
- Hijyeniktirler, temizliği ve bakımı kolaydır.
- Yüksek sıcaklıklarda iyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- Düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri mükemmeldir.
- Manyetik değildirler.(tavlanmış halde)
- Dayanımları sadece pekleşme ile artırılabilir.

D- Ferritik-Ostenitik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Yüksek oranda krom (%18-28) ve orta miktarda nikel (%4,5-8) içeren çeliklerdir. Nikel miktarı en çok %8 olup, bütün içyapının ostenitik olması için yetersizdir. Ferrit ve ostenit fazlarından oluşan içyapı nedeniyle çelikler dubleks olarak adlandırılır. Dubleks çeliklerin çoğunluğu %2,5-4 molibden içerir. Bunlar hem iyi mukavemet hem de iyi süneklik özelliklerini birlikte sağlarlar. Ayrıca koroziif ortamlarda dahi çok uygun yorulma dayanımları vardır. Tavsiyelere dikkat ederek uygulanması halinde kaynak yapılması kolaydır. Genellikle kimyasal aparat imalatında, artma tesislerinde ve deniz veya off-shore teknolojisinde kullanılır.

Başlıca Özellikleri:

- Gerilmeli korozyona karşı yüksek dayanıklılığa sahiptirler.
- Klor iyonunun bulunmadığı ortamlarda daha yüksek koroziif dayanım gösterirler.
- Ostenitik ve ferritik çeliklerden daha yüksek mekanik dayanım sağlarlar.
- İyi kaynak edilebilirlik ve şekil alma kabiliyeti vardır.

E- Çökeltme sertleşmesi (Yaşlandırma) Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler

Bunların ana içyapıları ostenitik, yarı ostenitik veya martenzitik olabilir. Çökeltme olayını gerçekleştirebilmek için bazen önce soğuk şekil vermek gerekebilir. Çökelti oluşumu için alüminyum, titanyum, niyobyum ve bakır elementleri ile alaşımlama yapılır. Bu sayede mukavemetleri 1700 MP'a kadar çıkan paslanmaz çelikler elde edilebilir. Piyasada çözme tavı görmüş halde satılır; Malzeme bu durumda yumuşak olup, imalat işlemleri uygulanabilir ve daha sonra tek kademeli bir düşük sıcaklık yaşlandırması ile sertleştirilebilir.

Başlıca Özellikleri:

- Orta ila iyi derecede korozyon dayanımı vardır.
- Çok yüksek mekanik dayanım gösterirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri iyidir
- Manyetikdirler.

ASTM	EN Malzeme No.	Kimsayal Bileşim, ağı.% max									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Diğer
Ferritik Paslanmaz Çelikler											
409	1.4512	0.08	1.0	1.00	0.045	0.03	10.5-11.75	-	-	-	(6xC)Ti
430	1.4016	0.12	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-18.0	-	-	-	-
430Ti	(1.450)	0.10	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-19.5	0.75	-	-	(5xC)Ti
439	1.4510	0.07	1.0	1.00	0.04	0.03	17.0-19.0	0.5	-	-	0.2+4(C+N)Ti
Martenzitik Paslanmaz Çelikler											
410	1.4006	0.15	1.0	1.00	0.04	0.03	11.5-13.0	-	-	-	-
420	1.4021	0.15 min	1.0	1.00	0.04	0.03	12.0-14.0	-	-	-	-
440A	-	0.6-0.75	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-19.5	-	0.75	-	-
440C	1.4125	0.95-1.2	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-18.0	-	0.75	-	-
Dublex Paslanmaz Çelikler											
2205*)	1.4462	0.03	2.0	1.0	0.03	0.02	21.0-23.0	4.5-6.5	2.5-3.5	0.08-0.2	-
329	1.4460	0.20	1.0	0.75	0.04	0.03	23.0-28.0	2.5-5.0	1.0-2.0	-	-
Ostenitik Paslanmaz Çelikler											
201	1.4372	0.15	5.5-7.5	1.00	0.06	0.03	16.0-18.0	3.5-5.5	-	0.25	-
301	1.4310	0.15	2.0	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	6.0-8.0	-	-	-
304	1.4301	0.08	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-10.5	-	-	-
304L	1.4306	0.03	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-12.0	-	-	-
304LN	1.4311	0.03	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-12.0	-	0.1-0.16	-
309	1.4828	0.20	2.00	1.00	0.045	0.03	22.0-24.0	12.0-15.0	-	-	-
309S	1.4833	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	22.0-24.0	12.0-15.0	-	-	-
310	1.4841	0.25	2.00	1.50	0.045	0.03	24.0-26.0	19.0-22.0	-	-	-
310S	1.4845	0.08	2.00	1.50	0.045	0.03	24.0-26.0	19.0-22.0	-	-	-
316	1.4401	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	-
316L	1.4404	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	-
316LN	1.4406	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.1-0.16	-
316Ti	1.4571	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	5x(C+N)Ti
321	1.4541	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	17.0-19.0	9.0-12.0	-	-	(5xC)Ti
347	1.4550	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	17.0-19.0	9.0-13.0	-	-	(10xC)Nb
Çökeltme Sertleşme Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler											
631	1.4568	0.09	1.0	1.0	0.04	0.04	16.0-18.0	6.5-7.5	-	-	0.75-1.5 Al
632	1.4532	0.09	1.0	1.0	0.04	0.03	14.0-16.0	6.5-7.5	2.0-3.0	-	0.75-1.5 Al

ASTM Standardı	304	304L	304LN	309/309S
EN Standardı	1.4301	1.4306	1.4311	1.4828/1.4833
UNS Standardı	S30400	S30403	S30453	S30900/S30908
Sınıfı	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	En az 200 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	En az 190 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	En az 270 (tavlanmış)	En az 230 (309) En az 210 (309S)
Çekme Dayanımı (MPa)	500 (tavlanmış) 700 (soğuk Had.)	470 (tavlanmış) 660 (soğuk had.)	550-750	500-750 (309) 500-750 (309S)
Sertlik (HRB)	130-180	130-170	150-210	223 (309) / 192 (309S)
Tavlama Sıcaklığı (°C)	1000-1100	1000-1080	1000-1100	1050-1100
Sıcak Şek. Verme Sic. (°C)	1150-850	1150-850	1150-850	1150-850
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel
Korozyon Dayanımı	Atmosferde kuru havada korozyona dayanımı mükemmel. Nemli olmayan nötr ortamlarda iyi.	Korozyon dayanımı 304'e benzerdir. Ek olarak tanelerarası korozyona ve gerilmeli korozyon çatlamasına da dayanıklı. Nitrik aside dayanımı iyi.	Korozyon dayanımı 304'e benzerdir. Ek olarak azot katkısıyla mekanik özellikler iyileştirilmiştir.	Kükürtlü gazlara karşı: orta (309), az (309S). Azotlu gazlara karşı: mükemmel (309), az (309S)
Yüksek Sıcaklıkta	870 (°C)'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Oksitleyici ve nemli klorürlü ortamlarda gerilme korozyonu çatlaması görülebilir.	900°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez.	900°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. 400°C'ye kadar tanelerarası korozyona iyi direnç gösterir. Mekanik zorlama altında 500 °C'a kadar	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir.
Kullanım Alanları	En yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik. Ev eşyaları, mutfak cihazları. Mimari ve otomotiv uygulamalar. Düşük sıcaklıklarda da kullanılabilir.	304'e benzer. Ancak kaynak sonrasında tavlama mümkün olmayan parçalarda kullanılır. Özellikle derişik nitrik asitli ortamlar için.	304L'e benzer. Ancak mekanik özellikleri daha iyi. 400°C'a kadar sürekli işletme koşullarında kullanılabilir. Kimya-süt, ve fermentasyon tesislerindeki basıçlı kap ve	Isıya dayanıklı uygulamalarda kullanılır. Fırın yapımı, ısıtıcılar, sementasyon kutuları, tav kapları vs.

ASTM Standardı	310/310S	316	316L	316Ti
EN Standardı	1.4841/1.4845	1.44041	1.4404	1.4571
UNS Standardı	S31000/S31008	S31600	S31603	S31635
Sınıfı	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 230 (310) En az 210 (310S)	Enaz 210 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	En az 200 (tavlanmış) 450'e kadar (soğ. had.)	Enaz 220 (tavlanmış) 700'e kadar (soğ.had.)
Çekme Dayanımı (MPa)	550-800 (310) 500-750 (310S)	510 (tavlanmış) 610 (soğ. had.)	500 (tavlanmış) 600 (soğ.had.)	540-700 (tavlanmış) 700'e kadar (soğ.had.)
Sertlik (HRB)	223 /309) / 192 /309S	160-200	155-190	160-200
Tavlama Sıcaklığı (°C)	1050-1100	1030-1120	1030-1100	1030-1120
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1150-850	1150-850	1150-850	1150-800
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi
Korozyon Dayanımı	Kükürtlü gazlara karşı: az (310), az-orta (310s). Azotlu gazlara karşı: Mükemmel	Molibden katkısı ile korozyon dayanımı gelişmiştir. İlık ve klorür içeren ortamlarda noktasal ve aralık korozyonu daha iyidir. Havada, sanayi atmosferlerinde, deniz suyunda rahatlıkla kullanılır.	316'ya benzerdir. Ancak ek olarak tanelerarası korozyon hassasiyeti oluşmaz. İndirgeyici asitler, deniz suyu ve diğer noktasal korozyon oluşacak yerlerde kullanılabilir.	316'ya benzerdir. Titanyum ile içyapı stabilize edildiğinden, tanelerarası korozyon hassasiyeti oluşmaz. Kaynaklı durumda dahi 400°C'ye kadar sürekli kullanılabilir.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000-1050 °C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir	Molibden ilavesi, yüksek sıcaklık dayanımı da artırır. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. 425-860 °C aralığında sürekli kullanılırsa tanelerarası korozyon!	316'ya benzerdir. Ancak karbon miktarı düşüktür ve karbür çökelmeyeceğinden 425-860 °C aralığında kullanılabilir.	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir.
Kullanım Alanları	Isıya dayanıklı uygulamalarda kullanılır. Fırın yapımı, buhar kazanları petrol tesisleri termo eleman kılıfları	Çok agresif ortamlar için uygundur. Kimya, petrokimya ve gıda sanayinde kullanılır. 300°C'ye kadar sürekli kullanılabilir. Isı değiştiricilerinde, buhar kazanlarında, mutfaklarda, gıda tesislerinde, cephe kaplamalarında kullanılır.	316'ya benzerdir. 316L kaynak sonrasında ısı işlem yapılmayacak parçalarda tercih edilir.	316'ya benzerdir. Ek olarak yüksek sıcaklık özellikleri daha iyidir. 400°C'ye kadar tanelerarası korozyon tehlikesi olmadan sürekli kullanılabilir. Kimya, petrokimya kömür, selüloz, tekstil, boya fotoğraf, reçine ve lastik sanayi gibi yerlerde kullanılır.

ASTM Standardı	321	409	420	430
EN Standardı	1.4541	1.4512	1.4021	1.4016
UNS Standardı	S32100	S40900	S420	S43000
Sınıfı	Ostenitik	Ferritik	Martenzitik	Ferritik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 205 (tavlanmış) 450'e kadar (soğuk had.)	Enaz 220 (tavlanmış) 350'e kadar (soğuk had.)	450 (tavlanmış)	Enaz 210 (tavlanmış)
Çekme Dayanımı (MPa)	520 (tavlanmış) 720 (soğuk Had.)	380 (tavlanmış) 420 (soğuk had.)	650-800 (Tavlanmış) 1570 (su verme sonrası) 930 (suverme+650 °C temp.) 750 (suverme+750 °C temp.)	430-600 (tavlanmış)
Sertlik (HRB)	160-210	160-200	180-230 (Tavlanmış) 230-450 (Suverme+temp.)	150-190 (tavlanmış)
Tavlama Sıcaklığı (oC)	1000-1100	770-830	950-1050 (suverme sic.) 730-780 (yumuşatma tavi)	750-850 650-700 (gerilim giderme)
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1150-850	1150-750	1100-800	1150-850
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	İyi	-	İyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Yumuşak çeliklere benzer	Tavlı iken yumuşak çelik gibi	Yumuşak çeliklere benzer
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için iyi	Kaynak için pek uygun değildir.	Orta düzeyde. Gaz eritme hariç diğer yöntemler.
Korozyon Dayanımı	Mükemmel. 304 kaliteye benzer özelliklerdedir, ancak titanyum ile stabilize edildiğinden tanelerarası korozyon hassasiyeti görülmez. Gerilmeli korozyon çatlağına hassastır.	Havaya suya ve birçok kimyasala karşı iyi korozyon dayanımı gösterir.	Zayıf asitlere dayanımı iyidir. Özellikle oksitleyici ortamda klorüre karşı hassastır.	Atmosferde, klorürü içermeyen sulu ortamlarda, zayıf organik asitli ortamlarda, alkali çözeltilerde korozyon dayanımı yeterlidir. Kömür ve petrol yakıtlı fırınların kükürt içeren gazlarına dayanıklıdır.
Yüksek Sıcaklıkta	900°C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez. Sürünme dayanımı ve diğer mekanik özellikleri iyidir.	Yüksek sıcaklıklarda kullanılan bir kalite değildir. 800°C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.	Yüksek sıcaklıklarda tercih edilen bir kalite değildir. 700°C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.	800°C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.
Kullanım Alanları	Kaynak edilmiş ve tavlanmamış durumda dahi korozyona dayanıklıdır. 400°C'ye kadar tanelerarası korozyon yok. Düşük sıcaklıklarda da sünekler. Gıda, içki, fotoğraf sanayinde, depo yapımında, fittinglerde tercih edilir.	Genellikle galvanizli çeliğin yeterli olmadığı kaynaklı konstruksiyonlara (örn. eksoz elemanları) tercih edilir. Kimya ve petrokimya sanayinde borularda, ısı değiştiricilerinde, mutfak aletleri ve spor ekipmanlarında kullanılabilir.	Yüksek dayanım ve aşınmaya karşı mukavemet gereken yerlerde. Kırılgandır. Bıçak ve tıbbi aletler, kalıp parçaları, fren diskleri, sübaplar vs.	Genel amaçlar için kullanılan temel ferritik paslanmaz çelik kalitesidir. Otomotiv sanayinde, mutfak aletleri, çatal-kaşık, mimari uygulamalar bazı kullanım yerleridir.

ASTM Standardı	439 (430Ti)	2205		
EN Standardı	1.4510	1.4462		
UNS Standardı	S43900	S31803/S32205		
Sınıfı	Ferritik	Ferritik-Ostenitik (dublek)		
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 240 (tavlanmış)	Enaz 240 (tavlanmış)		
Çekme Dayanımı (MPa)	430-600 (tavlanmış)	640-900 (tavlanmış)		
Sertlik (HRB)	140-190	200-280		
Tavlama Sıcaklığı (°C)	750-850 650-700 (gerilim giderme)	1020-1100		
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1100-850	1150-900		
Soğuk Şekil Verme Özelliği	İyi	Çok İyi		
Talaşlı İmalat Özelliği	Yumuşak çeliğe benzer	Uygun takım ve soğutma ile		
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için orta	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi		
Korozyon Dayanımı	430 kaliteden iyidir. Titanyum ile içyapı stabilize edilmiştir. Gerilme korozyon hassasiyeti yoktur. Sıcaklığın değiştiği durumlarda korozyona dayanıklıdır.	Korozyon alışlagelmiş türlerine karşı dayanımı yüksektir.		
Yüksek Sıcaklıkta	900 °C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez. Yüksek sıcaklık dayanımı iyidir.	Metallerarası bileşiklerin çökmesi söz konusu olduğundan kullanımı 300°C ile sınırlıdır (kaynaklı durumda 250°C)		
Kullanım Alanları	Kaynak kabiliyeti ve sünekliği sayesinde geniş kullanım bulur. Su ısıtıcıları, eksoz sistemleri, çamaşır makineleri, gıda tesisleri için kullanılabilir.	Kimya, petrokimya, off-shore uygulamaları. Boru hatları, kuvvet taşıyan yapılar, basınçlı kaplar.		