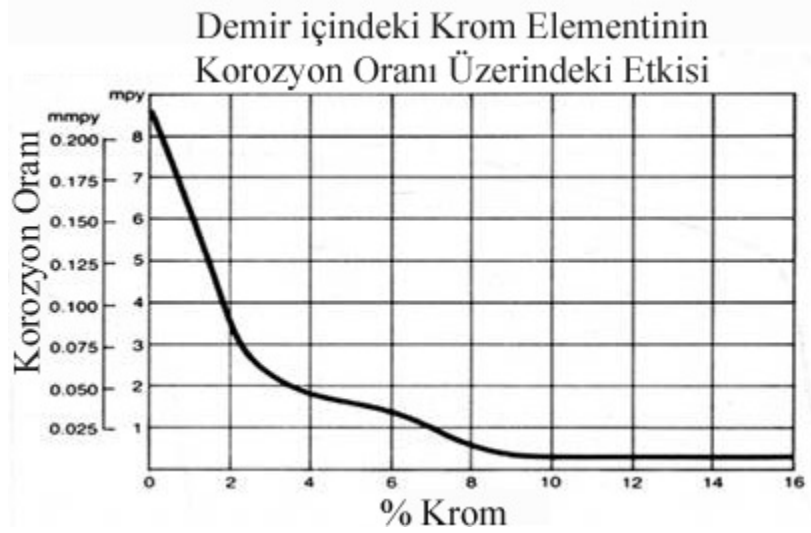


## Paslanmaz Çelik Nedir?

Metalürjide **paslanmaz çelik**, minimum %10,5 **krom** elementi içeren bir **demir-karbon** alaşımı olarak tarif edilir. Krom elementi aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere çeliği paslanmaya karşı koruyan temel bileşendir. İsmi bu çeliklerin, diğer çelikler gibi lekelenmemesi, korozyona uğramaması ve paslanmamasından almaktadır. Bu malzeme aynı zamanda, alaşım tipi ve kaliteleriyle detaylandırılmamış şekliyle, özellikle havacılık endüstrisinde **korozyon dayanımlı çelik** olarak da adlandırılır. Günümüzde, ürünün ömrü boyunca uygulandığı zorlu çevre şartlarında problemsiz bir şekilde çalışan birçok farklı ve kolayca ulaşılabilecek kalitelerde ve yüzey özelliklerinde paslanmaz çeliklere ulaşmak çok kolaydır. Normal günlük yaşamımızda dahi her an çatal-bıçaklardan saatlere kadar bu ürünlerin çok geniş bir şekilde kullanıldığını görürüz.



Paslanmaz çelik birçok doğal ve insan yapımı ortamda, korozyona ve oksitlenmeye karşı yüksek bir dirence sahiptir. Fakat her bir özel uygulama için doğru kalite ve tipteki paslanmaz çeliğin seçilmesi çok büyük önem taşır. Kalite seçiminde ilk adım, tasarım aşamasında paslanmaz çeliğin maruz kalacağı olası ve varolan tüm çalışma şartlarının detaylı bir şekilde analiz edilip, tanımlanmasıyla başlar.

Normal oda sıcaklığında ve hava şartlarında yüksek oksitlenme direnci, minimum %13 (ağırlık olarak), çok sert ve zor çevre şartlarında %30 'a kadar krom ilavesiyle başarılır. Paslanmaz çelikteki krom elementi oksijene maruz kaldığı zaman (normal atmosferde bulunan oksijen kastedilmektedir) hemen krom-oksit ( $Cr_2O_3$ ) pasivasyon tabakası oluşturur. Bu katman gözle görülemeyecek kadar incedir ve ürünü oluşturan metale (paslanmaz çeliğin) su veya herhangi bir gaz, oksijen nüfuzunu tamamen engelleyerek, örttüğü metali korur. Ayrıca, bu katmanın herhangi bir nedenle yırtılması, açılması veya çizilmesi durumunda oluşacak açıklık, çok hızlı bir şekilde tekrar katmanın kendisini yenilemesiyle tekrardan oluşur. Bu olaya pasivasyon adı verilir ve titanyum gibi bazı diğer metallerde de görülür.

Nikel elementi de, diğer düşük oranlarda kullanılan molibden ve vanadyum gibi elementler gibi pasivasyon özelliğine katkı sağlar.

Paslanmaz çeliğin korozyona ve lekelenmeye karşı olan direnci, onu ticari olarak geniş bir uygulama alanında, düşük bakım maliyeti, diğerleriyle karşılaştırıldığında daha ucuz olması ve göz alıcı bir görünüme sahip olması nedeniyle ideal ve vazgeçilmez bir malzeme kılar. Toplamda 150 'nin üzerinde paslanmaz çelik kalitesi olmasına rağmen, bunlar arasında 15 tanesi çok kullanılan ve piyasada çok tanınan paslanmaz çeliklerdir.

Paslanmaz çelikler akrabaları olan diğer çelikler gibi, yassı ürün olarak, plaka olarak, çubuk olarak, tel olarak, boru olarak, şekilli uzun ürünler olarak gibi birçok şekilde soğuk ve sıcak haddeleme yöntemleri ve döküm parçaları olarak, gıda endüstrisinde, tıpta, cerrahi donanımlarda, endüstriyel donanımlarda, otomotivde, beyaz eşyada, yapılarda ve yapı elemanlarında, binalarda gibi birçok alanda geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Paslanmaz çeliklerin kullanıldığı alanlardan biri de mücevher ve saat gibi günlük yaşamımızda yanımızdan hiç ayırmadığımız ürünlerde de kullanılır. Mücevherlerde kullanılan en yaygın kalite 316L 'dir. Paslanmaz çelik gümüş gibi zamanla oksitlenme ve kararma yapmaz. Ayrıca paslanmaz çeliğin yoğunluğu gümüşe oranla biraz daha hafif olmasında dolayı tasarımcılara kolaylık sağlar.

Paslanmaz çelik %100 geri dönüştürülebilir. Kullanılan paslanmaz çeliğin %60 'ı ömrünü tamamlamış ürünlerden alınan paslanmaz çelikler ve üretim proseslerinin hurdaları gibi geri dönüştürülen malzemelerin tekrardan değerlendirilmesiyle üretilmektedir.

Antik çağlardan günümüze birkaç korozyon dayanımlı demir ulaşmayı başarmıştır. Bunun en ünlü ve en büyük örneği Hindistan 'ın Delhi kentindeki, Kumara Gupta I tarafından 400 'lü yıllarda yaptırılan "Delhi 'nin Dikili Demiri" 'dir. Fakat paslanmaz çeliğe benzemeyen bir şekilde bu demir anıt paslanmazlık özelliğini kromdan değil, içerdiği yüksek fosfordan almaktadır. Fosfor uygun yöresel hava şartlarıyla birlikte anıtın yüzeyinde, demir-oksit ve fosfordan oluşan bir koruyucu yüzey tabakası oluşturup demirin korozyona karşı direncini sağlamaktadır.

Demir-krom alaşımlarının korozyona karşı olan direnci ilk defa 1821 yılında Fransız metalürjist Pierre Berthier tarafından farkına varılmıştır. O dönemdeki teknoloji krom ile demiri bugünkü gibi işleme tabii tutabilmeye yetmediği için pratik olarak kullanıma geçilememiştir.

1890 'larda Alman Hans Goldschmidt karbonsuz krom üretimin yolunu açan alimnotermik yöntemini bulmuştur. Bu tarihten itibaren paslanmaz çelik üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Modern paslanmaz çeliklerin başlangıcı, 1913 yıllarında İngiliz metalürjist Harry Brearly tarafından rastlantısal olarak tüfek namlularını geliştirmek için araştırma yaparken keşfedilerek başlamıştır. Bu da paslanmaz çeliğin başlangıçnoktası olmuştur. Daha sonrasındaki çalışmalarda, 18-8 olarak nitelendirilen (304) östenitik paslanmaz çelik yaklaşık 1920 'li yıllarda piyasaya çıkmış ve uygulamalarında büyük bir başarı sağlanmıştır. 1930 'lardan itibaren paslanmaz çelik endüstride ve günlük hayatımızda vazgeçilmez bir yer almıştır. Bu gelişmeleri diğer alaşım elementleri ile

sürdüren araştırmacılar, bugün tanıdığımız paslanmaz elik kalitelerini zamanla geliştirmişlerdir.

Dubleks paslanmaz çelikler bundan yaklaşık 70 yıl önce, sülfite kağıt endüstrisinde kullanım amaçlı olarak geliştirilmiştir. Dupleks alaşımlar ilk etapta klorit yatak soğutma sularının ve diğerk keskin kimyasal proses sıvılarının yol açtığı korozyon problemiyle başa çıkabilmek için kullanıldı. 1970 'lerdeki Kuzey Denizindeki gaz ve petrol istasyonlarının gelişimiyle, ikinci bir kuşak dupleks paslanmaz elik geliştirildi. Buna göre belirli bir oranda nitrojen ilavesi, tokluğu, kaynaklanabilmeyi, klorit korozyon dayanımını artırmıştır. En yaygın olarak kullanılan UNS S31803 olarak adlandırılan karışık kompozisyon 1996 yılında dupleks elik UNS S32205 standartlaştırılmıştır.

II. Dünya Savaşı esnasında, yapılan araştırmalarla çökeltmeyle sertleştirilen paslanmaz çelikler keşfedilmiştir. Standart olmayan bu kalitelerin ilk örneği 1948 yılında 17-7PH olarak adlandırılan paslanmaz elik olmuştur.

### **Paslanmaz elik eřitleri**

Paslanmaz eliđin değişik eřitleri vardır. Örneđin nikel ilave edildiğinde demirin östenitik mikroyapısı istikrarlı hale gelir. Bu kristal yapı çeliği manyetik olmayan, düşük sıcaklıklarda daha az kırılğan olan bir elik haline getirir. Daha yüksek sertlik ve mukavemet için içerdđi karbon miktarı artırılır. Isıl işlemlerle birlikte bu çelikler jilet, bıçak ve kesici uçlar gibi birçok üründe kullanılabilir. Mangan da birçok çelikte değişik oranlarda bulunur ve nikelin vermiş olduğu östenitik yapının korunmasına, daha düşük maliyetlerle yardımcı olur.

Paslanmaz elikler kristal mikroyapılarına göre beş grupta sınıflandırılırlar:

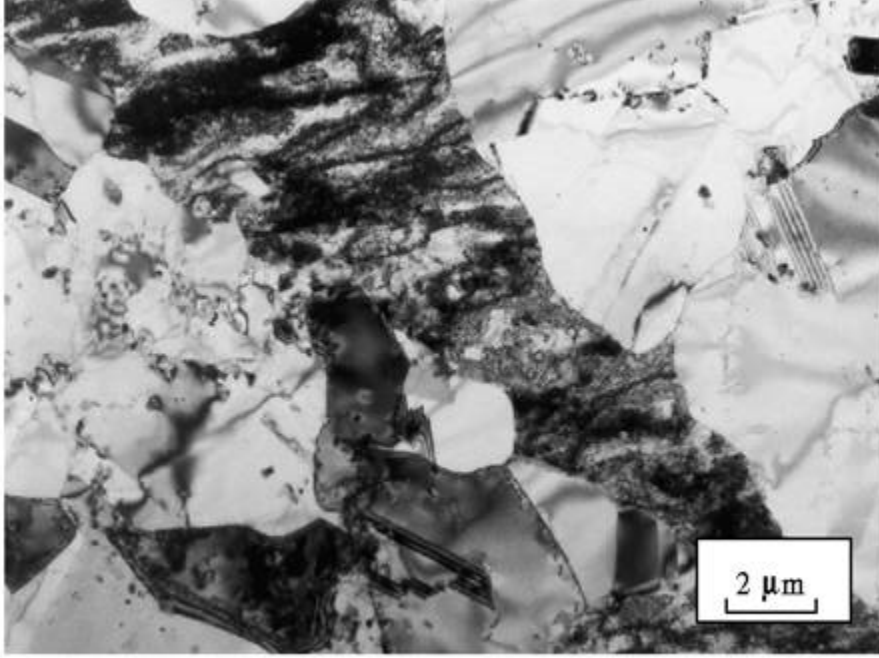
1. Östenitik Paslanmaz elikler
2. Ferritik Paslanmaz elikler
3. Martensitik Paslanmaz elikler
4. Dupleks Paslanmaz elikler
5. Çökeltmeyle Sertleştirilmiş Paslanmaz elikler

## 1. Östenitik Paslanmaz Çelikler:

### Östenitik Paslanmaz Kaliteleri:

303 (1.4305), 304 (1.4301), 304L (1.4307), 316 (1.4401), 316L (1.4404), 316Ti (1.4571), 321 (1.4541), 310/310S (1.4845), 316LMo (1.4435)

Süper Östenitik: 904L (1.4439)



300 serisi veya östenitik paslanmaz çelikler dünya toplam paslanmaz çelik üretiminin yaklaşık %60 'ini oluştururlar. Maksimum %0,15 karbon, minimum %16 krom ve östenitik yapıyı çok düşük sıcaklıklardan ergime sıcaklığına kadar kararlı kılmak amacıyla yeterli miktarda nikel ve/veya mangan içerirler. En çok bilinen türü 18/10 (304 kalite) paslanmaz çelik olarak tanınan ve %18 krom ve %8 nikel içeren çeliktir. AL-6XN ve 254SMO gibi "süperöstenitik" paslanmaz çelik olarak bilinen çelikler içerdikleri yüksek molibden (>%6) ve nitrojen ilaveleriyle ve yüksek nikelin gösterdiği yüksek stres korozyon direnci sayesinde çok etkin bir klorit çekirdeklenme ve çatlama korozyonu direnci gösterirler. "Süperöstenitik" 'lerin yüksek alaşım içerikleri maliyetlerinin de çok yükselmesine neden olur. Bu nedenle tamamen aynı olmamakla birlikte benzer bir performansı, daha düşük maliyetle ferritik veya dubleks paslanmaz çelik gruplarından da elde edilebileceği unutulmamalıdır. En yaygın olarak bilinen östenitik kaliteler 304 ve 316 'dır.

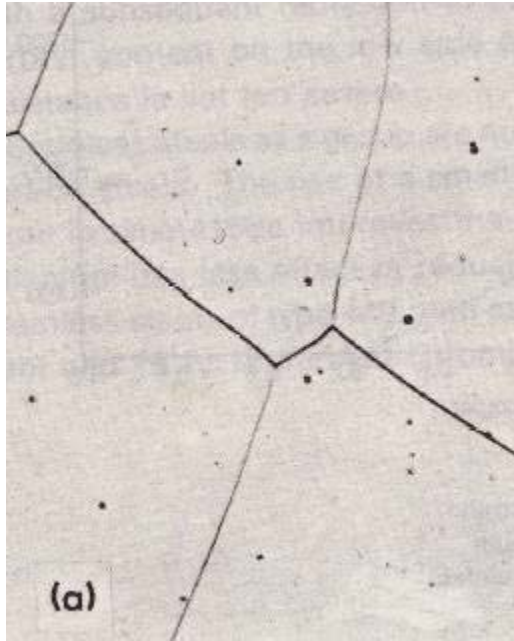
Östenitik paslanmaz çelikler manyetik değildirler ve ısıl işleme tabii tutulamazlar, süneklik özellikleri yüksektir, haddemeyele sertleştirilebilirler ve mükemmel bir korozyon dayanımına, işlenebilirlik özelliğine ve kaynaklanabilirlik özelliğine sahiptirler. Yapıları FCC 'dir.

## 2. Ferritik Paslanmaz Çelikler:

### Ferretik Paslanmaz Kaliteleri:

430 (1.4016), 430F (1.4105), 409 (1.4509), 405 (1.4002), 434 (1.4113)

Ferritik paslanmaz çelikler genelde nikel içermeyip yüksek krom içeren (%10,5 ile %30 arasında), molibden, titanyum vanadyum gibi karbür yapıcı ve ferritik yapıyı istikrarlı kılan alaşım elementleri içeren bir paslanmaz çelik gurubudur. Genelde içerdikleri yüksek krom oranı, ferritlere çok yüksek bir korozyon direnci sağlar. Daha çok yakın akrabaları olan karbon çeliklerin özelliklerine yakın mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olan ferritik paslanmaz çelikler, östenitiklerin tersine manyetiklerdir, düşük karbon içerikleri nedeniyle ısıl işleme tabii tutulamazlar ve kolayca haddelenebilirler. Bu tür çeliklere tek uygulanabilen ısıl işlem tavlama işlemidir. Son zamanlarda alaşım elementlerinde, özellikle nikelde, yaşanan aşırı fiyat yükselişi ve değişkenliği, ferritiklerin geliştirilmesine hız kazandırmış olup, düşük maliyetle östenitikler kadar korozyona dayanımlı yeni, geniş bir kullanım alanına sahip ve maliyeti çok daha düşük ferritik kaliteler de geliştirilmiştir. En yaygın olarak bilinen ferritik kaliteler 430 ve 442 'dir. Ferritiklerin yapıları BCC 'dir.



Burada %18 krom ve %0,03 karbon içeren bir ferritik paslanmaz çeliğin mikroyapısı görülmektedir. 1150 °C 'den hızlı soğutulmuştur. (500x)

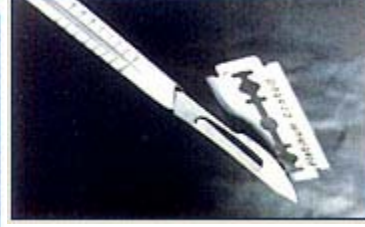
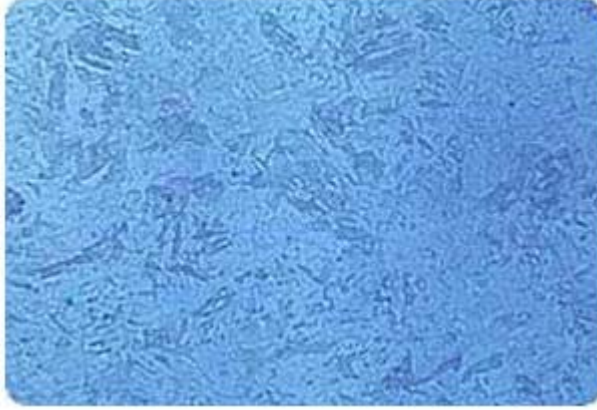


Burada %12 Krom içeren ferritik bir mikroyapı görülmektedir. Küçük karbür parçacıkları da mevcuttur. Malzeme tavllanmış bir malzemedir. (500x)

### 3. Martensitik Paslanmaz Çelikler:

#### Martensitik Paslanmaz Kaliteleri:

420 A (1.4021), 420 B (1.4028), 420 D (1.4034), 431 (1.4057), 440 B (1.4112), 440C (1.4125), 440M (UGI4116N), 4418 (1.4418), 1.4104 (430F Benzeri)



Martensitik paslanmaz çelikler, ferritik çeliklere benzeyen yapılarıyla, düşük alaşım – yüksek mukavemetli çeliklere veya karbon çeliklerine benzerler.

Fakat içerdiği fazladan karbon ilavesi nedeniyle, karbon çelikleri gibi ısıl işleme sertleştirilip, mukavemeti artırılabilir. Temel alaşım elementleri: %12 ile %15 arası krom, %0,2 ile %1,0 arası molibden ve %0,1 ile %1,2 arasında karbon 'dur. Birkaç martensitik kalite haricinde içeriğinde nikel bulunmaz. Yukarıda bir mikroyapı örneği görülen martensitik paslanmaz çelikler manyetikler. Artan karbon oranına bağlı olarak, sertleştirilebilirlikleri ve mukavemetleri artarken, toklukları ve süneklikleri azalır. Yüksek karbon oranına ve diğer alaşım elementlerine bağlı olarak, 60 HRC 'ye kadar ısıl işleme sertleştirilebilirler. Menevişleme veya temperleme olarak adlandırılan ısıl işlem sonrası stres giderme işleminden sonra, en uygun korozyon dayanımına ulaşılır. Ferritik ve östenitik kalitelerle karşılaştırıldığında korozyona dayanım özelliği martensitik kalitelerin biraz düşüktür. İşlenebilirlik ve şekillenebilirlik özellikleri yüksektir. İçerdikleri alaşım elementlerine ve oranlarına bağlı olarak yapılarında az miktarda kalan-östenit yapı olabilir. Martensitik çelikler özellikle mukavemetin ve mekanik aşınmaya karşı direncin, korozyona karşı dirençle birlikte istenildiği alanlarda çok başarıyla uygulanabilir. Takım çeliği olarak da kullanılır. Uygulama alanı çok geniştir. Yapıları BCT 'dir.

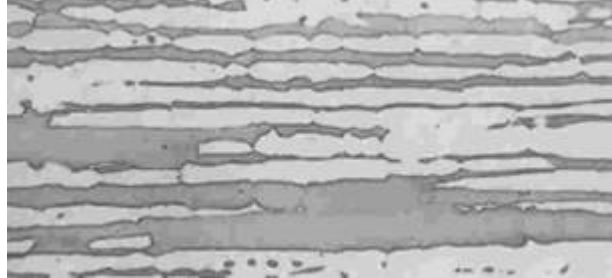
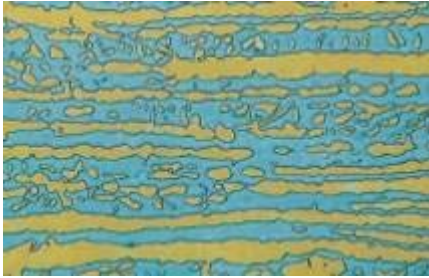


#### 4. Dupleks Paslanmaz Çelikler:

Dupleks (Duplex) Paslanmaz Kaliteleri:

[1.4462 \(SAF 2205\)](#), [1.4410 \(S32750\) Süper Dupleks](#), [1.4507 \(S32550\) Süper Dupleks](#), [1.4501 \(S32760\) Süper Dupleks](#)

Mikroyapılarında genelde eşit oranlarda ferrit ve östenit içeren bu çeliklerin korozyona karşı performansı içerdikleri alaşımlara göre farklılık göstermektedir. Dupleks paslanmaz çelikler östenitik paslanmaz çeliklere göre daha yüksek bir mukavemete sahip olmakla birlikte, bölgesel korozyonlara karşı özellikle çekirdeklenme, çatlak ve stres korozyonuna karşı östenitiklerden daha iyi bir dayanıma sahiptirler. Dupleks kaliteler de %19 - 28 arasında olan yüksek orandaki krom, %5 'e kadar bulunan molibden ve östenitlere göre daha düşük oranlarda olan nikel içerikleri sayesinde östenitlere göre daha mukavemettirler. Dupleks paslanmaz çeliklerin en önemli kısıtlayıcı özelliği yüksek sıcaklıklarda ve çok düşük sıcaklıklarda kırılma eğilimindedir. Özellikle 300 °C 'nin üzerinde ve -50 °C 'nin altında kısa bir süre dahi çalışılırsa, dupleks çelikler kırılma eğilimindedir ve tekrar tavlama ihtiyacı doğar. En yaygın olarak bilinen dupleks paslanmaz çelik kalitesi 2205 kalitedir. Yapıları ferritik kısımları için BCC, östenitik kısımları için FCC 'dir.



## 5. Çökellemeyle Sertleştirilmiş Paslanmaz Çelikler (PH):

Cökellemeyle Sertleşebilen Paslanmaz Kaliteleri:

[17-4 PH \(630 - 1.4542\)](#), [15-5 PH \(1.4545 - 1.4548\)](#), [PH 13-8 Mo \(1.4534\)](#)

“Yaşlandırmayla sertleştirilen paslanmaz çelikler” olarak da adlandırılan çökellemeyle sertleştirilmiş paslanmaz çelikler, temelde krom ve nikel içerip, martensitik ve östenitik kalitelerin arasında, her ikisinin de özelliklerini uygun bir şekilde yapısında birleştiren bir paslanmaz çelik türüdür. Martensitik paslanmaz çelikler gibi ısı işleme yüksek mukavemet kazanabildikleri gibi, östenitik kaliteler gibi de korozyon dayanımına sahiptirler. Sertleştirme, bakır, alüminyum, titanyum, niobium ve molibden gibi alaşım elementlerinin bir veya birkaçının ilavesiyle sağlanır. Bu grupta en yaygın olarak bilinen kalite 17-4 PH ‘dır. Bu kalite ayrıca 630 olarak da tanınır. Adını %17 krom ve %4 nikel içeriğinden alan bu kalite, %4 bakır ve %0,3 niobium da içerir.



Burada 17-4PH kalite 1040 °C ‘de çözelti işlemine tabii tutulmuş, havada soğutulmuş ve 4 saat 495 °C ‘de yaşlanmaya bırakılıp havada soğutulmuş, menevişlenmiş martensitik yapı görülmektedir. (100x)



Burada 17-7PH kalite 1,5 saat 760 °C ‘ye ısıtılmış, 15 °C ‘ye havada soğutulup, 1,5 saat bekletip, 570 °C ‘de 1,5 saat yaşlanmaya bırakılmış, martensitik matriks içindeki krom karbür ve ferrit adacıkları görülmektedir. (1000x)

Çökeltiyle sertleştirilmiş paslanmaz çeliklerin bir avantajı da, bu malzemelerin mekanik olarak çalışmaya, işlenmeye hazır bir şekilde, “işlem görmüş çözelti”



şartlarında da temin edilebilmesidir. Mekanik işleme veya üretim sonrasında, çok basitçe bir düşük sıcaklık ısııl işlemi uygulanması yoluyla çeliğın mukavemeti istenildiği gibi artırılabilir. Bu işlem düşük sıcaklıkta yapıldığı için, üretilen veya uygulanan malzemede sıcaklığa bağlı bozulmalar veya çarpıklıklar oluşmaz. Çökellemeyle sertleştirilen paslanmaz çelikler üç alt guruba ayrılır: Martensitik PH, yarı-östenitik PH ve östenitik PH.

PH paslanmaz çelikler, alaşım oranına bağlı olmakla birlikte östenitik 304 kalite kadar korozyon direncine sahip olabilir. Tavlanmış şekilde korozyon dayanımı çok düşüktür. Bu nedenle ısııl işlemeden önce kullanılmamalıdır. Yapıları da alt guruplarına göre BCT veya FCC veya her ikisi birden olabilir.