

ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİĞE ETKİSİ

Ham demirin içerisinde bulunan %4 ağırlıktaki karbonun çeşitli yöntemlerle %2'nin altına düşürülmesiyle çelikler elde edilir. Çelikler içerisinde $0.1 < C < 2$ oranında karbon içerirler.

Çelikler içerisindeki karbon bileşimine göre farklı özellikler gösterirler. Az karbonlu çelikler genel amaçlar için kullanılan en ucuz çelik türüdür. Sünekliği yüksektir, kolay işlenir ve su verme ile sertleşmez. Orta karbonlu çelikler genellikle daha yüksek mukavemetli olup su verme ile sertleşebilirler. Yüksek karbonlu çelikler çok sert olup işlenmesi zordur. Genellikle takım ve kalıp üretimine elverişlidir. Çeliğin bünyesinde karbonun haricinde çeşitli alaşım elementlerinden belirli oranlarda katarak daha yüksek dayanımlara ve ısıcağa, soğuğa, korozyona daha dayanıklı yapılar elde edilebilir. Örneğin belirli bir karbon bileşiminde çelik göz önüne alındığında katılan alaşım elementlerinden kromun çeliğe sertlik, nikel ve manganezin ise tokluk kazandırdığı bilinmektedir.

Kromun çeliğe sertlik ve aşınma dayanımı kazandırdığı söylenirken şüphesiz %2 C ve %12 Cr'lu takım çeliği göz önünde tutulmuştur. Çünkü bu çelik sertleştirme işleminden sonra gerçekten sert ve aşınmaya dayanıklı bir yapıdadır. Bununla beraber eğer %0.10 C ve %12 Cr'lu çelik seçilirse elde edilen sertlik çok yüksek olmaz.

Aynı şekilde manganez. % 13 oranında katıldığında çeliğe tokluk kazandırır (Hadfield çeliği). %1 ile %5 oranında kullanıldığında çeliğin özelliklerine değişken bir etki gösterir. Bu durumda Çeliğin tokluğu ya azalır yada artar.

Alaşım elementleri çeliğin farklı bir iç yapıya ulaşmasını sağlayarak pratikte istenilen çekme mukavemeti, akma sınırı, çentik darbe sünekliği, gibi mekanik özellikler ile kaynak edilebilme kabiliyeti, sertleşme kabiliyeti gibi işlenebilme özelliklerinin iyileştirilmesinde etkili olur.

Bir iç yapı genellikle bir ısıtma işlemi sonucunda elde edilir. Bunun sonucu olarak alaşımlı çeliklerin hemen hemen tamamının ısıtma işleminden sonra kullanıldığını söylemek mümkündür.

Alaşım elementlerinin en önemli özelliği belli bir fazın oluşumunu geliştirmek veya onu kararlı hale getirmektir. Bu özelliği veren alaşım elementlerini:

- a) Ostenit oluşturucu
- b) Ferrit oluşturucu
- c) Nitrür oluşturuculardır

Ostenit oluşturucu elementler

Manganez, nikel, kobalt, azot, çinko bu gruba ait olan elementlerdir. Bu elementler yüksek oranlarda bulunurlarsa, ostenit alanını genişleterek oda sıcaklığına ve daha aşağılara indirirler. Böylece oda sıcaklığında bile kübik yüzey merkezli kristal kafesine sahip olan ostenitik çelikler meydana gelir.

Büyük oranlarda Ni ve Mn, eliği oda sıcaklığında bile ostenitik halde tutar. Buna en tipik örnek olarak bileşimi (genel olarak) %1 C, % 13 Mn ve %1.2 Cr olan Hadfield eliği verilebilir. Bu elikte Mn ile C ostenitin kararlı hale gelmesinde önemli rol oynarlar. Diğer bir rnek %18Cr, %8 Ni ostenitik paslanmaz çeliklerdir. Ostenitik eliklerin kendine özgü özellikleri vardır. Bunlar:

- En iyi şekil değiştirebilme kabiliyeti. Kübik yüzey merkezli kristal kafesi nedeniyle düşük sıcaklıklarda (-200°C) dahi snekliklerini kaybetmezler.
- Düşük akma sınırı ve daha yüksek çekme mukavemetine sahiptirler
- Manyetik değildirler ve dönüşüme uğramazlar. Bu nedenle sertleştirme ve normalizasyon mümkün değildir.
- Korozyona dayanıklıdırlar.

Ostenitik yapı

Yaklaşık olarak %1.2 C ve %12 Mn içeren X120Mn12 Manganez sert çelikleri bu yapıya sahiptir. Su verilmiş durumda üretimden çıktıkları için tamamen ostenitik yani sünek fakat sert olmayan bir yapıya sahiptirler. elik böylece kuvvetli olarak soğuk sertleştirilir. Merkez ise değişmez ve sünek kalır. Sürtünme şeklindeki aşınmalara karşı uygun değildir. Sadece basma şeklindeki bölgesel darbelerin çeliği akma sınırına kadar etkilediği durumlar için bu elik kullanılır. Böyle etkilere maruz kalan yapı parçaları olarak tren yolu makasları ve sert maddeler için çeneli ve darbeli kırıcıları sayabiliriz. Soğuk sertleştirilmiş tabaka zamanla aşınmasına rağmen devamlı olarak kendini yeniler.

Ferrit oluşturan elementler

Bu grubun en önemli elementleri Krom (Cr), Silisyum (Si), Molibden (Mo), Vanadyum(V),Titanyum (Ti), ve Alüminyum (Al) ‘dur. Bu alaşım elementlerinin büyük bir kısmı kübik hacim merkezli sistemde kristalleşir. Eğer yüksek oranlarda bulunurlarsa demiri de kübik merkezli olarak kalmaya zorlarlar. Bu elikler katılaşma sırasında dönüşmeye uğramadan soğudukları için ferritik çelikler olarak adlandırılırlar.

Sadece düşük krom oranlarına sahip çelikler soğuma sırasında kübik yüzey merkezli olabilirler. Ostenit alanının altında tekrar kübik hacim merkezli hale dönerek ferritik olurlar.

Ferritik çeliğe bir örnek olarak transformatör saçlarını malzemesini verebiliriz. Bu malzeme %3 Si içeren düşük karbonlu bir çeliktir.

Ferritik çeliklerin kendine özgü özellikleri vardır. Bunlar:

- Manyetiklerdir, kısmen kendilerine özgü manyetik özelliklere sahiptirler.
- Isıya dayanıklıdırlar, kısmen yüksek sıcaklığa dayanabilirler (kav oluşmasına rastlanmaz)
- Korozyona dayanıklıdırlar. Ancak bunun için saf ferritik olmaları gerekir.
- Soğuk şekil değiştirmeleri zordur, soğukta gevrek bir yapıya sahiptirler.
- Dönüşmeye uğramazlar, sertleştirme veya normalizasyon işlemlerinin uygulanması mümkün değildir.

Krom ve karbon miktarına bağlı olarak oluşturulan diyagramda çelikler beş bölgeye ayrılmıştır:

Bölge 1:

Düşük karbonlu, korozyona dayanıklı yüksek krom miktarında yüksek sıcaklığa dayanıklı, dönüşüm yapmayan ferritik çeliklerdir.

Kullanım alanları:

X 8 Cr 17 malzeme numarası 4016 olan çelik, mutfak aletlerinin, dükkanlarda kullanılan bağlantı ve kaplamaların yapıldığı korozyona dayanıklı çelikler.

X 10 Cr Al 24, malzeme numarası 4762 olan çelik, yüksek sıcaklığa dayanıklı çelik (yaklaşık 1200°C 'ye kadar). Alevle doğrudan temasta olan fırın ve kazan parçalarının imalinde kullanılır.

Bölge 2:

Daha yüksek karbon miktarlarına sahip olduklarından ıslah edilebilen ve sertleştirilebilen korozyona dayanıklı çeliklerdir.

Kullanım alanları:

X 40 Cr 13, malzeme numarası 4034 olan çelik, suni reçine pres kalıpları, her çeşit bıçaklar ve hadde merdanelerine ait yatakların yapımında kullanılan çeliklerdir.

Bölge 3:

Yüksek aşınma ve kesme (makaslama) mukavemetine sahip olan sertleştirme ile kendini çok az çeken çeliklerdir. İç yapı ledeburittir.

Kullanım alanları:

X 120 Cr 12, malzeme numarası 2080 olan çelik, hareketli kesme ve delme aletlerinde kullanılan soğuk işlem çeliklerdir.

Bölge 4:

Düşük krom miktarlı sementasyon ve ıslah çelikleridir. Normalizasyon işlemine tabi tutulmuş durumdaki iç yapı ferritik-perlitiktir. Cr burada daha kalın kesitlerde ıslah işlemini malzemenin bütününde gerçekleştirir.

Kullanım alanları:

41 Cr 4 malzeme numarası 7035 olan çelik, DIN 17200 'e göre ıslah çeliğidir.

Bölge 5:

Perlit üstü yapıda olan düşük alaşımlı takım çelikleridir. Sertleştirme sonrası krom karbürler martenzitik ana kütle içerisinde yerleşerek çeliğe iyi bir aşınma mukavemeti ve yeterli derecede aşınma mukavemeti kazandırır.

Kullanım alanları:

100 Cr 6, malzeme numarası 3505 olan çelik, ölçü aletleri, spiral matkaplar (deliciler), raybalar ve hadde yataklarının yapımında kullanılır.

Karbürler

Krom gibi ferrit oluşturan elementler (krom) aynı zamanda karbür yapıcıdır. Karbür yapıcıların çoğunluğu da demire bağlı olarak ferrit oluşturuca özelliktedirler. Karbür oluşturan elementlerin karbona olan afiniteleri sırayla aşağıdaki gibidir (soldan sağa artar).

Cr, W, Mo, V, Ti, Nb, Ta, Zr

Bu elementler takım çelikleri için çok önemlidir çünkü sert karbürler oluşturup talaş kaldırmaya ve aşınmaya karşı dirençleri yükselir.

Nitrür oluşturuca

Tüm karbon oluşturuca aynı zamanda nitrür yapıcı elementlerdir. Azot, çeliğin yüzeyine nitrüleme yoluyla sokulabilir. Farklı alaşım elementlerinin sert nitrürler oluşturarak veya çökelme sertleşmesi yoluyla çeliğin sertliğini artırma eğilimleri incelendiğinde; Cr, Ti, Mo, Al ve V gibi nitrür oluşturuca elementlerin sertlikte artışa neden olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık Ni gibi nitrür oluşturmamayan elementlerin sertlikte önemli bir artışa neden olmadığı görülmüştür.

Birden fazla elementin çeliğe etkisi

Alaşımlı çeliklerin büyük bir kısmı sadece bir tek alaşım elementi değil, iki veya daha fazlasını içerirler. Burada karbon alaşım elementi olarak sayılmaz. Si ve Mn 'da her çelikte bulunduğu için miktarları % 0.5 Si ve % 0.8 Mn 'ı geçerse alaşım elementi sayılırlar.

Birden fazla elementin iç yapıya etkisi zannedildiği kadar kolay açıklanamaz. Buna örnek olarak krom-nikel alaşımlarını inceleyelim.

Krom ve nikelin etkileri birbirinin tersidir. Şöyle ki:

Krom (Cr): Karbür oluşturur. Ostenit bölgesini kapalı duruma getirir ve ferritik çelikleri oluşturur.

Nikel (Ni): Katı eriyik oluşturur. Ostenit alanını genişletir ve ostenitik çelikleri oluşturur.

Her iki elementin çelikte bulunması zannedildiği gibi etkileri ortadan kaldırmaz. Aksine krom nikelin etkisini kuvvetlendirir.

Örnek:

X 12 Cr Ni 18 8, malzeme numarası 4300 olan çelik 1912 yılında Krupp tarafından patent bürosuna bildirilmiştir ve bugün birçok firma tarafından çeşitli ticari isimler altında üretilmektedir. (V2A, Nirosta, Remanit ve Novonax gibi.)

ALAŞIM ELEMENTLERİNİN GENEL ETKİLERİ

Ferritin sertliğine etkileri

Ferrit içinde katı eriyik oluşturan tüm alaşım elementleri ferritin sertliğine etki ederler. Çeliklerde en çok bulunan alaşım elementlerinden Si ve Mn ferritin sertliğine en fazla etkide bulunan iki elementtir. Cr ise en az etkiyi gösterir. Bu nedenle Cr soğuk işlem görecekt çeliklerde kullanılan en uygun alaşım elementidir.

Tane büyümesine etkileri

Tane büyümesini sınırlandırılmasında en önemli element vanadyumdur. Vanadyumun çelik içinde çok düşük oranlarda (%0.1) kullanımı bile sertleştirme işlemi sırasında tane büyümesini durdurmak için yeterlidir. Bunun nedeni vanadyumun sertleştirme sıcaklıklarında homojen dağılmış karbürler ve nitürler şeklinde bulunmasıdır. Bu tür karbürleri veya nitürleri katı eriyik içine alabilmek için yüksek sıcaklığa çıkarmak gerekir. Bu nedenle alışlagelmiş sertleşme sıcaklıklarında vanadyum bileşikleri tane büyümesi için bir engel teşkil ederler. Eğer sıcaklık normalinden daha yüksek değere çıkartılırsa vanadyum bileşikleri çözümlenebilir. Ancak bu durumda çeliğin tane boyutunun büyümesi söz konusu olabilir. Böyle bir özellikte çeliğin mekanik özelliklerinde (darbe mukavemeti başta) düşme görülür. Ti ve Nb da vanadyuma benzer etkiler gösteren iki elementtir. Yüksek hız çeliklerinde ve diğer alaşımli takım çeliklerinde W, Mo çift karbürleri de VC ve VN ve benzer şekilde tane büyümesini engeller.

Yüzey sertleştirmede kullanılan ince taneli çeliklerin imalinde istenilen etki (sertleştirme) ergimiş metale Al ilavesi ile sağlanır. Bunun için uygulanan pratik yöntem, önce oksijen miktarını belli bir seviyeye indirmek ve sonra çeliğe azot miktarına bağlı olarak

Al ilave etmektir. Çelik soğuk iken Al-N partiküllerinin dağılımı sağlanır ve çeliğin normal sertleştirme sıcaklığında tane büyümesi bu partiküller tarafından engellenir.

Ötektoid noktasına etkileri

Ostenit oluşturuç elementler Al sıcaklığını düşürücü , ferrit oluşturuç elementler ise yükseltici etki gösterirler. Örneğin % 12 Cr ve % 0.4 C içeren ötektoid bileşimde bir krom çeliği için ötektoid karbon sıcaklığından daha yüksek ostenitleme sıcaklığı gerekirken % 3 Ni içeren çelik 700°C 'nin altında ostenitik hale geçer. Bu hususların Al sıcaklığı civarında kullanılan çelikler için büyük önemi vardır. Ötektoid nokta, % 0.8 C oranında ve 723°C sıcaklıkta oluşur. Örneğin % 5 Cr 'lu çeliğin ötektoid noktası %0.5 C içeriğindedir. Tüm alaşım elementleri bu noktanın karbon konsantrasyonunu düşürür.

Martenzitin oluştuğu sıcaklığa (Ms) etkisi

Co dışındaki tüm alaşım elementleri Ms (martenzit dönüşümünün başladığı sıcaklık) ve Mf (martenzit dönüşümünün bittiği sıcaklık) değerlerini düşürürler. % 0.5 'den daha yüksek karbon içeren çeliklerin büyük bir çoğunluğunun Mf 'i oda sıcaklığının altındadır. Bu durum, çeliklerin sertleştirme sonrası pratik olarak bir miktar dönüşmemiş ostenit içerdikleri anlamına gelir. Aşağıda verilen bağıntıda her bir alaşım elementinin % konsantrasyonunu kullanarak Ms saptanabilir.

Bu bağıntı tüm alaşım elementlerinin ostenit içerisinde çözünmeleri söz konusu olduğunda geçerlidir.

$$Ms=561-474C-33Mn-17Ni-17Cr-21Mo$$

Yüksek ve orta alaşımli çelikler için Stuhlmann, Ms için aşağıdaki bağıntıyı önermektedir.

$$Ms (^{\circ}C)=550-350C-40Mn-20Cr-10Mo-17Ni-8W-35V-10Cu+15Co+30Al$$

Tüm alaşım elementlerinin arasından Ms 'e en fazla etki eden karbondur.

İzotermal dönüşüm süresinde perlit ve beynit dönüşümüne etkileri

Co dışındaki bütün alaşım elementleri ferrit ve sementit oluşumunu geciktirirler. TTT diyagramlarında eğrileri sola doğru kaydırırlar. Alaşım elementlerinin dönüşümlere etkilerini formüle edecek bir kuralı saptamak oldukça zordur. Ancak bazı elementlerin diğerlerine oranla beynitik dönüşümleri daha fazla etkiledikleri, diğerlerinin de bu konuda ters davrandıkları kesin olarak tespit edilmiştir.

Belli elementler belirli bir orandan fazla kullanıldıklarında dönüşümleri kesin olmamakla beraber arttırabilirler. Ancak bunların ilave miktarları mevcut diğer alaşım elementleriyle sınırlandırılır. Yüzey sertleştirme işlemi uygulanan çelikler ve takım çelikleri için perlit-beynit dönüşümünün başlaması için geçen süre, karbon miktarı %1 'i aştığından

azalır. Takım çelikleri ve yapı çeliklerinde Si konsantrasyonu %1.5 ve daha fazla olduğunda perlit dönüşümü hızlanır.

Sade karbonlu çelikler için C miktarında %0.30 'dan %1 'e kademeli bir artış, ihmal edilebilir bir etki sağlar. Fazla etkiler ancak alaşım elementlerinin kombinasyonu ile sağlanır.

Kaynak kabiliyetine etkisi

Bir çeliğin ergitme kaynağına uygun olması, büyük ölçüde içerdiği karbon miktarına bağlıdır. Ayrıca alaşım elementleri de mevcut ise kaynak dikişinin soğuması sırasında havanın ve parçanın soğuk kısımlarının etkisi ile sertleşme yani kaynak bölgesinde kısmen martenzit oluşur. Bundan dolayı gevrekleşen malzeme, soğuma sırasında oluşan kendini çekme sonucu çatlaklar.

Bileşimdeki alaşım elementlerinin aynı şekilde etki eden bir eşdeğer karbon miktarı şeklinde hesaplanır. Bu hesaplama için deneysel yollarla bulunmuş karbon eşdeğeri formüllerinden yararlanır. Örneğin:

$$Ceş = C + Mn/6 + Cr/5 + Ni/15 + Mo/7 \quad \% \text{ 'de oranı}$$

Karbon eşdeğeri bir nevi kabul edilen miktarı olarak düşünülebilir. Bu değere göre çelikler aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

$Ceş < \% 0.45$ ise İyi kaynak edilir

$Ceş < \% 0.6$ ise Şartlı kaynak edilir

$Ceş > \% 0.6$ ise Zor kaynak edilir

Şartlı kaynak edilebilmenin anlamı, malzemenin ancak ön ısıtma veya tamamlayıcı bir ısıtma işlemi gibi belirli şartlar altında kaynak edilebilmesidir.

Zor kaynak edilebilir çelikler ostenitik elektrotlar (Cr-Ni-Mn alaşımlı çelik) ile kaynak edilebilir. Kaynak metali bu malzemeden meydana geleceğinden sertleşmez ve akma sınırı düşük olur. Soğuma sırasında oluşan kendini çekmede ise kaynak metali bir miktar plastik değişmeye uğrayarak kendini bırakır. Böylece kaynak bölgesindeki gerilmeler tehlikeli bir büyüklüğe erişmez.

Krom ve silisyum elementleri kaynak işlemi sırasında yanarlar ve yüksek sıcaklıklarda ergiyen oksitler oluştururlar. Bu oksitler kaynak dikişinin kenarlarının akarak birleşmesini önler. Aynı şekilde birlikte yanan Manganezin oluşan oksidi diğer oksitlerin ergime noktalarını düşürür. Böylece Mn diğer elementlerin olumsuz etkisini telafi eder.

Sertleşme kabiliyetine etkisi

Alaşımlı çeliklerin sertleşme derinlikleri, alaşımsız çeliklerinkinden fazladır.

Alaşımlı çeliklere daha fazla su verilir.

Sertliğin derecesini (Rockwell birimi olarak) karbon miktarı tayin eder ve bu değer $HRC=65.....66$ 'dan daha yüksek olamaz.

a) alaşım elementlerinin sertleşme derinliğine etkisi

Uçtan su verme eğrileri ile alaşım elementlerinin sertleşme derinliğine etkisi çok iyi takip edilebilmektedir. Bu eğriler **Jominy** deneyi olarak bilinen uçtan su verme deneyi ile tespit edilir. Örnek olarak % 0.6 C 'lu C 60 yüksek sertliğe sahip olmasına rağmen sertleşme derinliği düşüktür. % 0.3 C, 5 2.5 Cr ve % 0.2 Mo içeren alaşımlı çeliğin (30 Cr Mo V 9) sertliği daha düşük olmasına rağmen sertlik uçtan uzaklaştıkça düşük miktarda azalır. Yani sertleşme derinliği daha fazladır. Bir diğer çelik türü; 42 Cr Mo 4 özellikleri bakımından bu iki çeliğin arasında kalır. Ancak % 1 Cr ve % 0.2 Mo içermektedir. Bu sebepten dolayı, daha yüksek alaşımlı olan 30 Cr Mo V 9 ' a göre sertleşme derinliği daha düşüktür. Fakat karbon miktarı daha yüksek olduğundan yüzey sertliği daha yüksektir.

b) Alaşım elementlerinin ostenit dönüşüm hızına etkisi

Demir-karbon denge diyagramı konusunda ostenitin PSK eğrisi ($723^{\circ}C$) altında perlit haline dönüştüğü söylenmişti. Dönüşüm sıcaklığı ve hızı ile ilgili daha kesin değerlerin verilmesi, demir karbon diyagramında mümkün değildir, çünkü bu denge diyagramı diğer bütün diyagramlar gibi çok yavaş soğuma için geçerlidir.

Ostenitin hızlı soğuma sırasındaki dönüşümü, zaman sıcaklık dönüşüm diyagramından (TTT diyagramından) takip edilebilir. Üretilen çeliklerin büyük bir kısmının TTT diyagramları vardır. Bu tip diyagramların çizilmesi için çok geniş kapsamlı seri halde deneyler yapılmalıdır.

TTT diyagramlarından ostenitin ne kadar zaman içerisinde ve hangi sıcaklıkta diğer yapı şekline dönüşmeye başladığı ve bu dönüşümün ne zaman tamamlandığı görülebilir. Ostenitin dönüştüğü diğer iç yapılar; ferrit, perlit, ara kademe iç yapısı ve martenzittir. Ayrıca diyagramlar çeliğin bileşen miktarını yüzde oranı olarak ve oluşan iç yapının oda sıcaklığındaki sertliğini vermektedirler.

Alaşım elementlerinin çeliğin özelliklerine genel faydalı etkileri

Karbon: Mukavemet ve sertleşme kabiliyeti sağlar

Krom: Sertleşme derinliği, ısı mukavemet, korozyona dayanıklılık sağlar

Nikel: Sertleşme derinliği, süneklik, ısı genleşme

Manganez: Sertleşme derinliği, süneklik, sementit oluşumu

Silisyum: Yüksek sıcaklığa dayanıklılık, manyetik özellikler, grafit oluşturma

Molibden: Isıl mukavemet, temper gevrekliği, korozyona dayanıklılık

Vanadyum: Isıl mukavemet, temperlenmeye dayanıklılık

Tungsten: Isıl sertlik, temperlenmeye dayanıklılık, aşınma mukavemeti

Kobalt: Isılı mukavemet, manyetik özellikler, aşınma mukavemeti

Alüminyum: Kavlanmaya karşı dayanıklılık