

2. METALLER

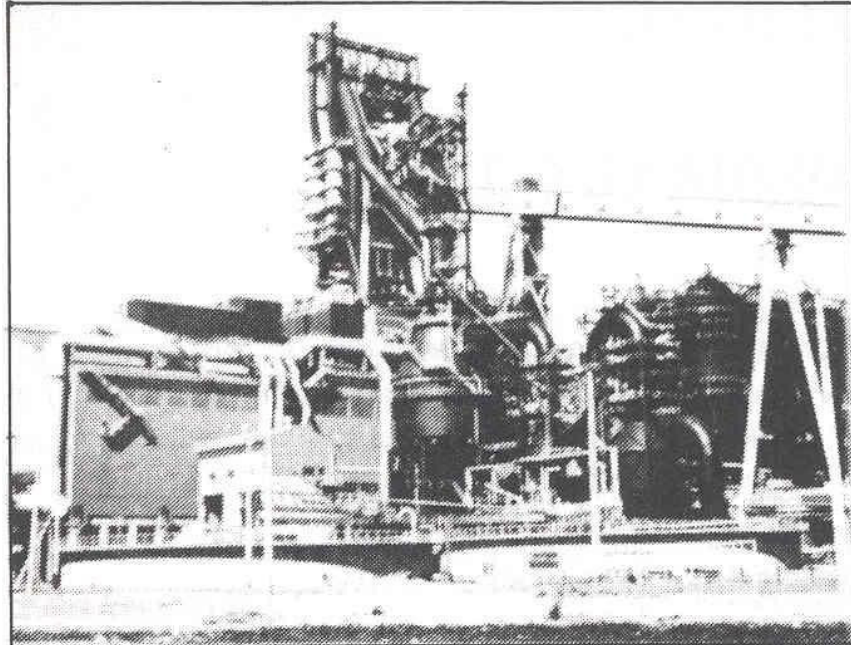
2.1 ÇELİKLER

Kapı pencere doğrama demiri, beton demiri... gibi deyimleri, günlük yaşantımızda sık kullanırız. Oysaki kimyasal olarak saf demir *hiçbir yerde kullanılmaz*. Doğrama demiri de, beton demiri de, aslında birer çelik türünden ibarettirler. Ama hangi tür?..

Önce çeliğin öyküsünü anlatalım.

Romalılar, İsa'dan 83 yıl sonra, İskoçya'da bir üs kurmuşlardı. Ancak birlikleri altı yıl sonra burasını terk etmek zorunda kalmış. Çekilirken de düşmana yarayabilecek hiçbir şey bırakmamak prensibini uygulamış, ne var ne yoksa yakıp yıkmışlar, ya da beraberlerinde taşımışlardı. Ancak bir değerli yük tahrip edilememiş ve İki metre derinlikte bir kuyuya gömülmüştü. Bu yük, küçükleri 50 mm, en büyükleri 400 mm uzunlukta, kare kesitli, uçları mükemmelen konikleştirilmiş, milyona yakın sayıda başlı mıhlardan (çivilerden) ibaretti. Eski zaman metalürjisi uzmanlarının İnceledikleri bu mıhlardan metalinin saf demirden yüksek karbonlu çeliğe kadar değiştiği saptanmıştır ki bu farklılıklar, o günlerin metali elde etme ve işleme tekniğinde aranacaktır.

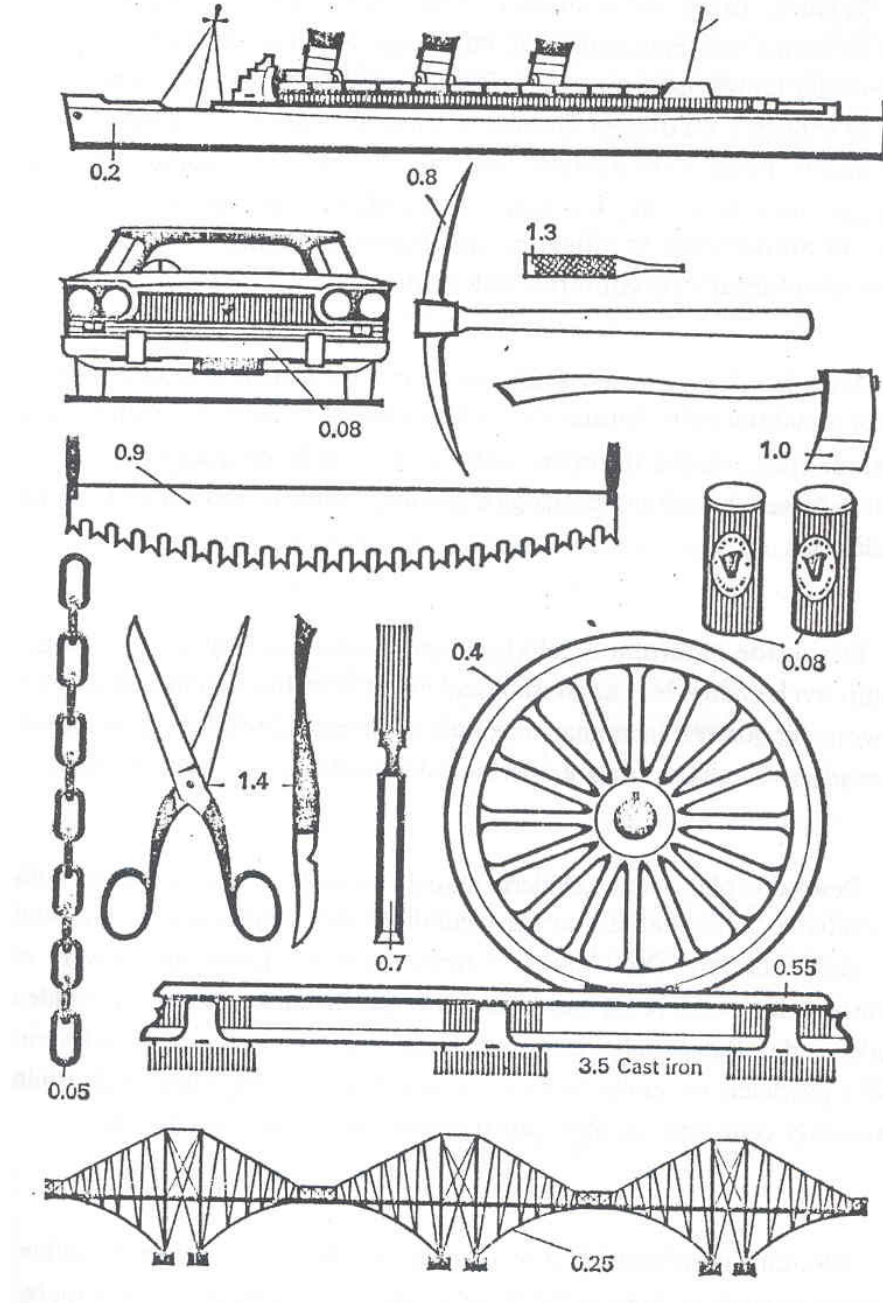
Demirin Latince karşılığı *ferrum'dur*; demir, çelik ve dökme demir "demirli metaller" olarak sınıflandırılmış olup bunların başlıca demirden ibaret olduklarına işaret edilmiştir; böylece de bunlar, "demirdışı" metallere ayırt edilmişlerdir. Gerçekten demirli metaller, uygarlığımızın temelinde yatar.



Şekil 12. Dünyanın en büyük ve etkin yüksek fırınlarından biri (Japonya'da)

Demir cevheri doğada genellikle demir oksidi (Fe_2O_3 - hemalit) şeklinde bulunur. Bu cevher, kok kömürü ve kireç taşı ile birlikte yüksek fırına (Şek.12) üstten yüklenir ve alttan basınçlı sıcak hava verilir. Ergiyip aşağıya inene kadar demir, karbon (kömür) ve oksijen arasında geçen kimyasal reaksiyonların sonucunda yüksek fırının altından ergimiş dökme demir alınır.

Dökme demir, karbon, silisyum ve manganez dahil, %5 ile 10 sair element içerir. Oysa ki çeliklerde en yüksek karbon oranı %1.2-1.5 olup silisyum bulunmaz. Kaldı ki dünya çelik üretiminin büyük çoğunluğu % 0.03 ile 0.5 karbonlu çelikler oluşturur. (Şek.13)



Şekil 13. Dökme demir ve çeliğin bazı uygulamaları (rakamlar karbon yüzdesini verir.)

Şu halde, yüksek fırının altından çekilen dökme demirdeki fazla silisyum ve karbonun yakılması gerekir ki, bunun için alttan alınan ergimiş dökme demir bir konvertisöre aktarılır ve bunun içine basınçla oksijen sevk edilir. (L-D yöntemi). Bu oksijen silisyum ve karbonla reaksiyona girerek bunları "yakar". İşlem, yani oksijen şevki, aranan karbon oranına İnilinceye kadar sürer. Sıvı çelik, bu imal süreci nedeniyle erimiş oksijen içerir; bu da alüminyum ve silisyum gibi kuvvetli oksitten temizleyiciler (desoksidanlar) kullanılarak yok edilir.

Metalin bileşimi ve desoksidan kullanma derecesine göre üç ana ingot tipi meydana gelir; bunlar desokside-gazı alınmış ya da kaime (yani sakinleşmiş), başka deyimle "öldürülmüş" çelikler; gazı alınmamış öldürülmemiş çelikler ve yarı gazı alınmış - öldürülmüş çelikler olarak bilinirler.

Desokside-öldürülmüş çeliklerde erimiş oksijenin tümü yok edilmiş olup sıvı herhangi bir gaz çıkışı olmadan katılaştır. Bundan meydana gelen ingotta hiç gözenek bulunmaz ve yüksek mukavemet ile darbeye dayanmanın arandığı ve çeliğin kaynak işlerine tabi tutulacağı yerlerde kullanılır.

Desokside-öldürülmüş çeliklerin aksine desokside olmamış-öldürülmemiş çeliklerde, bunlar katılaşmaya terk edildiklerinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan faydalanılır. Erimiş oksijen karbonla bileşir ve karbonmonoksidi (CO) meydana getirir, bu gaz da katılaşma yüzeyinden çıkar gider. Bu gazın böylece çıkışı ingota bir özgü temiz dış kabuk verir. Oto gövdeleri ve teneke konserve kutuları gibi İyi bir yüzey kalitesinin arandığı çelik sac ürünler öldürülmemiş çelik ingottan yapılır.

Adından da anlaşıldığı gibi yarı desokside-yarı öldürülmüş çelikte erimiş oksijen, katılaşmadan önce kısmen yok edilmiştir. Bazı yapı çeliği ürünleri yan desokside çelikten yapılır.

Bütün bu çelik tiplerinde karbon önemli alaşım elementi olmakta ve genellikle artan karbon oranıyla çekmeye dayanım artmaktadır; ama buna karşılık, sağlamlık, yani darbeye dayanma azalır. Çekme mukavemeti elde etmenin en ucuz yolu karbon olmakla birlikte, kaynaklı ürünlerde, uygun kaynaklanabilirlik (kaynak kabiliyeti)'nin arandığı birçok modern çelikte karbon içeriği %0,20'nin altında tutulur. Bu gibi durumlarda az miktarlarda alaşım elementi, örneğin manganez, nikel, krom, molibden, niobium ve vanadium eklenerek daha büyük sağlamlık-tokluk elde edilir. Bu alaşım elementleri ya tek tek, ya da birlikte, genellikle %0.02 ile 1.0 oranlarında eklenir.

Çelikleri ifade etmek üzere St işareti kullanılır. Bu işaret Almanca "Stahi", yani "çelik" in baş harfleridir. Bundan sonra gelen 37,42... gibi rakamlar, çeliğin çekme dayanımını gösterir. Bu dayanımın karbon oranına bağlı olduğunu biliyoruz.

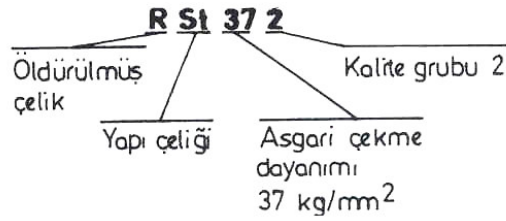
İşareti	Karbon oranı (%)	Açıklamalar
St 33	Yakl. 0.1	Pek saf değildir
St 34	" 0.1	Kaynağa duyarlı değildir (Kolay kaynak edilebilir)
St 37	" 0.15	
St 42	" 0.2	
St 50	" 0.3	
St 60	" 0.4	Sadece özel önlemlerle kaynak edilebilir.
St 70	" 0.55	

Genel yapı çelikleri DIN 17.100'de biraraya toplanmış ve üç ayrı kalite grubuna ayrılmıştır: St 33'ten St 42'ye kadar olan çeliklerin 1 ve 2 numaralı kalite grupları, üretim şekline göre şöyle gösterilir:

U - Desokside olmamış (öldürülmemiş) yapı çelikleri

R - Desokside olmuş (öldürülmüş) yapı çelikleri

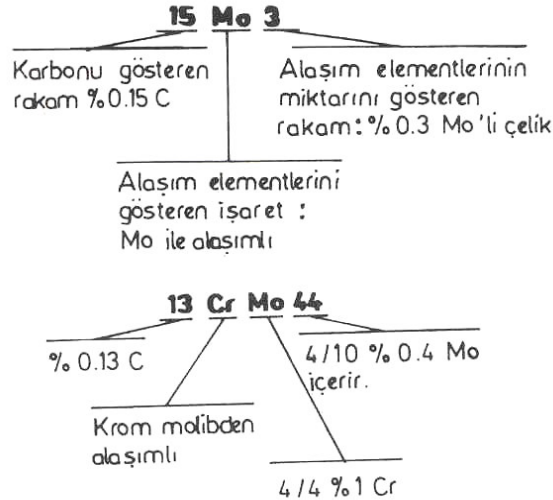
3 numaralı kalite grubuna giren çelikler özellikle gazı alınmış olarak üretilir. Bir örnekle bunu açıklayalım:



St 52-3, çok özel bir yapı çeliğidir. Karbon oranı düşüktür (%0.2'den az) ama St 50'den daha fazla çekme dayanımına sahiptir. Bu yüksek dayanım gücü, içerdiği manganez ve silisyum sayesinde.

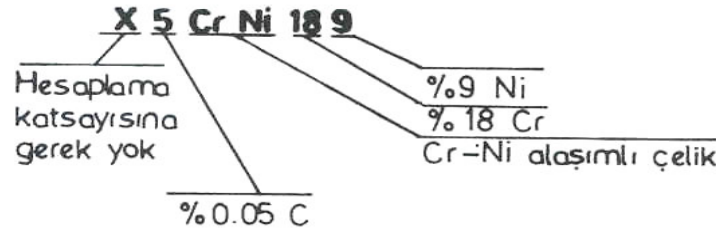
St 52-3, hafif alaşımlı çelik olup 15 mm'den kalın kesitlerin kaynağı özel önlemleri gerektirir.

Bütün bu çelikler bileşimleriyle gösterilir. Alaşımsız çeliklerde tek katkı elementi karbon olduğundan bunların simgesi C harfi ile onu takip eden rakamdır. Örneğin C45, %0,45 karbon içeren bir alaşımsız çeliği ifade eder. Alaşımlı çelikler ise şöyle gösterilirler.



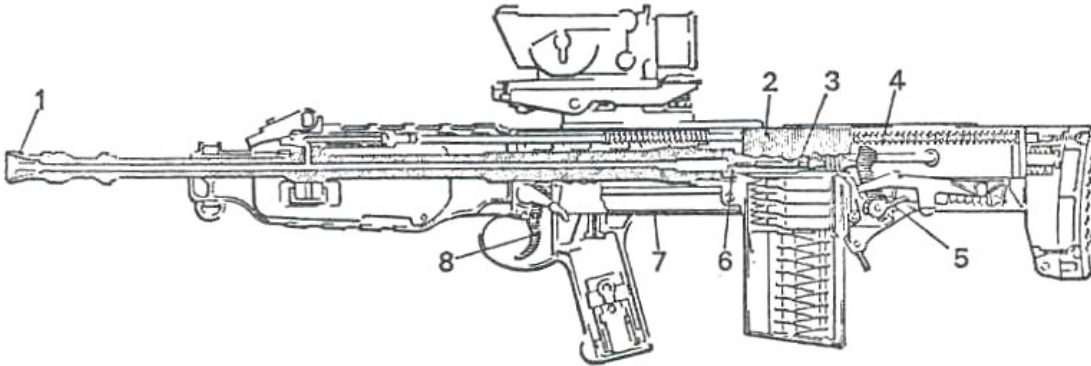
Yukarıdaki örneklerde olduğu gibi alaşımlı çeliklerde manganez, krom ve nikel için hesap katsayısı 4; molibden ve vanadium için hesap katsayısı 10'dur.

Aşağıdaki örnekte olduğu gibi rakamların x işareti varsa 4 veya 10 gibi bir hesap katsayısına gerek kalmaz.



Talaş kaldırma ile işlenebilirlik, önemli bir imal konusu olup çeliğin kükürt içeriği % 0,3 kadar artırılarak yükseltilebilir (Oysaki, normal kükürt içeriği %0,04 mertebesindedir). Kurşun veya selenyum eklenerek de işlenebilirlik yükseltilebilir. Şek.14'te bir modern tüfeğin çelik parçaları ve bunların bileşimleri gösterilmiştir.

PARÇA	% 'ler					Isıl işlem
	C	Mn	Ni	Cr	Mo	
1 Namlu ve alev hunisi	0-4	0-6	—	3-0	1-0	—
2 Kasa	0-25	0-5	—	3-2	0-5	Semente
3 İgne	0-3	0-5	4-0	1-2	0-2	Isıl işlem görmüş
4 Geri tepme yayı (çelik tel)	0-8	0-6	0-15	0-15	—	Alçak sıcaklıkta semente
5 Çekme	0-4	0-6	1-5	1-0	0-3	Isıl işlem görmüş
6 Mermi sürme parçası	0-15	0-5	3-5	1-0	0-15	Semente
7 Gövde (çelik tel)	0-1	0-5	—	—	—	—
8 Tetik	0-2	0-7	—	—	—	—



Şekil 14. Bir modern Enfield tüfeğinde kullanılan çelikler

Bu kitabın başında bir Ford Fiesta arabasında ne gibi metal ve alaşımların bulunduğunu söylemiştik. Çeşitli çelik tipleri ayrı ayrı gösterilmişti. Silisyum, nikel, krom, manganez, molibden ve vanadium, çeşitli çeliklerde küçük oranlarda kullanılmış olup bu elementler, demirli metallerin ağırlıklarına dahil edilmiştir. Keza, pirinçte bulunan çinko ve alüminyum alaşımlarındaki silisyum da bu alaşımların ağırlıkları içinde sayılmıştır.

Görüldüğü gibi gerek adı geçen arabanın, gerekse yukarıdaki tüfeğin metalik malzemelerinin çoğunluğu alaşımlardır. Dökme demir ve karbonlu çelikler de birer Fe-C alaşımı değiller midir?

Her ne kadar saf metaller yüksek ısı ve elektrik iletkenliği gibi faydalı niteliklere sahip iseler de bunlar genellikle imalâta kullanılmazlar: Mekanik mukavemetleri yetersiz kalmaktadır.

Gerçekten, metallerin mukavemetlerini artırmanın en önemli yolu alaşımlama olup bu da ayrıca, "ışıl işlem"in kullanılmasıyla, daha da ileri nitelik iyileştirilmesi olanakları sağlamaktadır.

Bu itibarla dökme demirler ve çeliklerin biraz daha ayrıntılı tetkikine girişmeden önce alaşımlar hakkında kısa bir genelleme yapalım.

Alaşımlar nasıl yapılır?

Alaşımların çoğu, metalleri ergimiş halde karıştırarak hazırlanır. Bunlar birbiri içinde erirler ve böylece oluşan alaşım metal kalıplara dökülüp katılaştırılır ya da dökümhanelerde döküm ürünleri haline getirilir. Genellikle başlıca (ana) metal önce ergitilir, öbürleri buna eklenir.

Bazı metal çiftleri bu yolla erimezler; örneğin ergimiş alüminyumla kurşun beraberce konulduklarında, su ile zeytinyağı gibi davranırlar; dökülecek olurlarsa, bu metaller iki tabaka halinde ayrılırlar.

Alaşım yapımında bir zorluk, metallerin farklı ergime noktalarına sahip olmalarıdır. Nitekim bakır 1083°C'ta ergirken çinko 419°C'ta ergir ve 907°C'ta kaynar; şu halde pirinç yaparken her iki metali bir potaya koyup bunları 1083° C'in üstünde bir sıcaklığa ısıtacak olursak, her iki metal muhakkak eriyecektir, ama bu yüksek sıcaklıkta sıvı çinko kaynayacak ve buharı havada oksitlenecektir. Bu durumda uygulanacak olan yöntem, önce yüksek ergime noktalı metali, burada bakırı, ergitip bunun içine çinkoyu katı halde atmaktır. Çinko bunun içinde hızla ergir ve çokça buharlaşmaya vakit bulamaz. Ama yine de, çinkonun böylece yirmedi bir kaybı dikkate alınarak miktar tayini yapılır.

Bazen de, daha yüksek ergime noktalı metalin daha düşük oranda bulunmasıyla, alaşım yapımı zorlaşır; örneğin bir hafif alaşım %95 alüminyum (ergime noktası 659°C) ve %4.5 bakır (ergime noktası 1083°C) içerir. Önce bakır ergitilecek olursa, kendi ağırlığının yirmi katı alüminyumu ergimiş hale getirmek için o denli fazla ısıtılacaktır ki, gazlar emilecek, bu da sağlamlığa zarar verecektir.

Bu ve bu gibi sair durumlarda alaşımlama, iki aşamada yapılır. Önce, %50 bakır ve %50 alüminyum içeren bir ara "sertleştirici" alaşım yapılır ki bunun ergime noktası, bakırınkinden çok

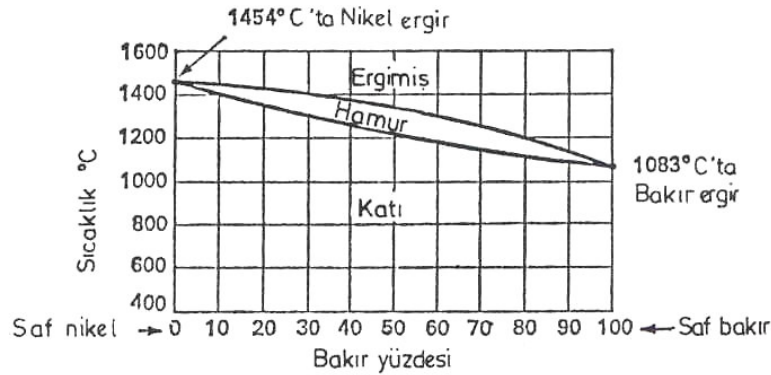
aşağı ve alüminyumunkinin de altında olur. Bundan sonra alüminyum ergitilir ve hesaplanan gerekli sertleştirici alaşım eklenir.

Bütün sertleştirici alaşımlar 50-50 olmaz. Örneğin nikel alüminyumla alaşımlandırıldığında %25 Ni içeren bir Ni-Al alaşımı şeklinde eklenir. Takım çelikleri, kesici alet çelikleri ve şair alaşımli çeliklerin imalinde Mn, C, veya Si, ferro - manganez, ferro - krom veya ferro - silisyum şeklinde eklenir ("ferro", yukarıda gördüğümüz demir-*ferrum*'dan, demirin varlığını ifade eder).

Alaşımların ergime noktası

Kış günlerinde, yollar buzlandığında, buzu "ergitmek" için tuz dökülür. Bu doğal olgunun özellikte kullanılması, bir tuz ve su karışımının, saf suyunun altında bir donma noktasını haiz olduğunu gösterir (bir sıvı metal, katı hale geldiğinde, "donar". Böylece bakır 1083°C'ta, su 0°C'ta donarlar). O halde sıcaklığın çok düşük olmaması kaydıyla, tuzlu buz ergir. Bu aynı etki metalürjide görülür, şöyle ki bir metal bir diğeriyle alaşımlandırıldığında, ergime noktası daima etkilenir.

Bazı durumlarda bir alaşımın ergime noktası yaklaşık olarak, matematikle bulunabilir. Örneğin bakır (erg. nok. 1083°C) nikle (erg. nok. 1454°C) alaşımlandırıldığında bir 50-50 alaşım bu iki sıcaklığın yaklaşık yarı yolunda ergiyecektir. Ama bu durumda bile bir alaşımın davranışı, sanıldığı kadar basit olmamaktadır. Bir Cu-Ni alaşımı, sabit ve belli bir sıcaklıkta ergiyip donmaz. Nitekim bir 50-50 Cu-Ni alaşımı ergitilip yavaş yavaş soğutulduğunda, 1312°C'ta donmaya başlar, sıcaklık düştükçe, alaşımdan daha çok bölümler katı hale gelir ve nihayet 1248°C'ta tamamen donmuş olur (Şek.15).

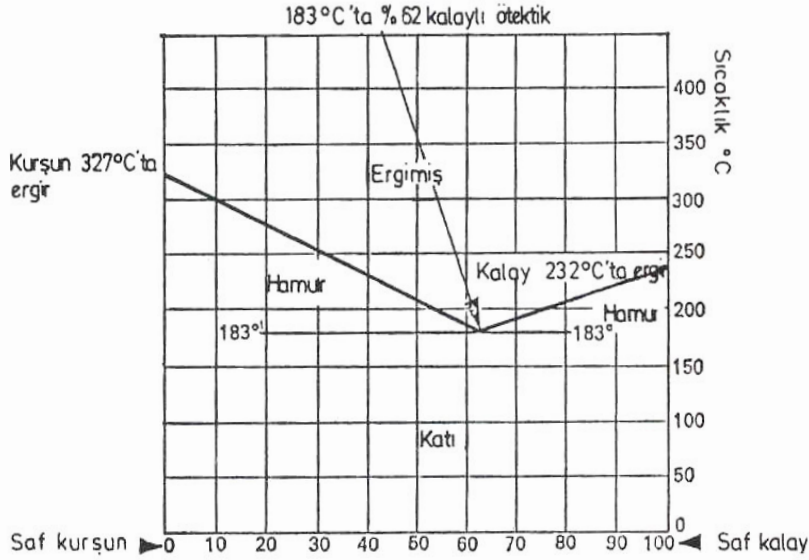


Şekil 15. Cu-Ni alaşımlarının ergime noktaları.

Bu "donma aralığı" birçok alaşımda meydana gelir; ama ne saf metallerde, kimyasal bileşiklerde ne de ötektik olarak bilinen bazı özel bileşimlerde görülür; bu sonuncular sabit sıcaklıklarda ergiyip donarlar (katılaşırlar).

Kalayla kurşunun alaşılandırılması bu özel durumların birine Örnek teşkil eder. Kurşun 327°C'ta, kalay da 232°C'ta ergir. Ergimiş kalaya kurşun eklenip alaşım soğutulacak olursa, alaşımın donma noktasının, hem kurşun hem kalayınkinin altında olduğu görülür (Şek.16).

Meselâ, %90 kalay ve %10 kurşun içeren ergimiş alaşım soğuyunca, karışım katılaşmaya başlamadan önce 217°C'a varır. Alaşım soğumaya devam edince, tedricen tamamen sıvı halden bir lapa kıvamına dönüşür, sonra hamur haline gelir ve nihayet 183°C gibi bir alçak sıcaklıkta, tamamen katı hale gelir. Şek. 16'ya baktığımızda %80 kalaylı alaşımın 203°C'ta donmaya başladığını ve bize artık yabancı olmayan 183°C'ta tamamen katılaşmış olduğunu görürüz.



Şekil 16. Kalay-kurşun alaşımlarının ergime noktaları.

Serinin öbür ucunda %20 kalaylı bir alaşım, tipik bir lehim, 270°C'ta donmaya başlar ve yine 183°C'ta tamamen katılaşır. %62 kalay ve %38 kurşun içeren bir özel alaşım, herhangi bir donma aralığı göstermeden, 183°C'ta erir ve katılaşır.

Benzer etkiler daha birçok başka alaşım sistemlerinde de vaki olur. Her serinin en alçak donma noktasını haiz ve bu noktada tamamen katılaşan özel bileşimi ötektik alaşım olarak bilinir. Sözcük, Yunanca "kolayca ergitilme kabiliyetinde" anlamında olan *eutektikos*'tan türemiştir.

Şek.15 ve 16'da görülen eğriler şöyle elde edilir: Her iki bileşenden belli oranda bir karışım bir potaya konur ve ergitilir. Bu arada ergimeye başlama ve bunu bitirme; soğuma sırasında da donmaya başlama ve katılaşmanın sonu sıcaklıkları, termo-elektrik çiftler vasıtasıyla kaydedilir ve kâğıt üzerinde noktalanır. Sonra bileşen oranı değiştirilir ve başka nokta ya da noktalar bulunur. Böylece yan yana sıralanmış noktalar birleştirilerek şekillerdeki eğriler elde edilir.

Alaşımların gücü

Şeker kumla karıştırılacak olursa karışım her iki maddenin niteliklerini sergiler; tatlı ama kumludur ve şekerdeki kum arttıkça tat daha az hoş olur. Metaller nadiren böyle önceden tahmin edilebilecek şekilde davranırlar. Bir metal bir başkasına eklendiğinde, alaşım çoğu kez, her iki metalin özelliklerinden beklenmeyecek yeni bir kişilik kazanır.

Soyaçekim kanunları bize sağlıksız ana babanın çocuklarının zayıf olacaklarını öğretiyor; ama bir zayıf ya da yumuşak metal bir başka zayıf metalle alaşımlandırıldığında, ana metallerin özelliklerinden şaşkırtıcı derecede farklı bir kuvvetli alaşım meydana getirebilir. Örneğin: Bakırla alüminyumun her ikisi de zayıf metallerdir. Ama %5 alüminyum ilâvesiyle bakırdan iki kat kuvvetli, %10 ilâvesiyle de üç kat kuvvetli bir "alüminyum bronz" elde edilir.

Ama işler böyle devam etmez. %10 alüminyumla yumuşak çelik kadar kuvvetli olan bu bronz, %16 alüminyumla havuç gibi gevrek hale gelir. Yani faydalı nitelik, her oranda elde edilmez. Ama bunun istisnaları da vardır. Örneğin Cu-Ni alaşımları her oranda değerlidirler.

Saf demir, yumuşak bir metaldir ve kendi halinde karbonun hiçbir mukavemeti yoktur. Ama %0.5 gibi az miktarda karbon demire katılacak olursa, sertleştirilme ve menevişlenme işlemlerine elverişli, kuvvetli bir çelik hasıl eder, bu çelikten demiryolu rayı veya tüfek imal edilir.

ÇELİKTE KARBONUN ROLÜ

Demir-karbon alaşımları alışlageldiği üzere, karbon oranına göre sınıflandırılırlar. Her ne kadar kesin sınırlar yoksa da yaklaşık olarak aşağıdaki sınıflandırma kullanılmaktadır.

Çelikler	Yakl. % C
Yumuşak çelik	0.25'e adar
Orta karbonlu çelik (yarı sert çelik)	0.25-0.45
Yüksek karbonlu çelik (sert çelik)	0.45-1.50
Dökme demir	2.50-4.50

Yavaş soğutulmuş karbonlu çeliklerin davranışı üç nedene bağlıdır:

(1) Oda sıcaklığında demirin atomları merkezli kübik kafes (Şek.2) düzenindedir. 906° C 'a ısıtıldığında, demir atomları kendiliklerinden merkezli yüzeyli kübik kafes (Şek.3) düzenine geçer. Bunun nasıl olduğu pek anlaşılammış olmakla birlikte bu olay büyük önem taşımaktadır zira bu değişme meydana gelmemiş olsaydı, çelikler ısıtım işlemleri bu denli yatkın olamazlardı.

(2) Oda sıcaklığında yavaş soğutulmuş merkezli kübik düzen içinde %0.01'den az karbon *katı eriyik* halinde mevcut olabilir; oysa ki yüksek sıcaklıkta merkezli yüzeyli kübik düzen içinde %1.7'ye kadar karbon katı eriyik halinde tutulabilir, bu azami eriyebilirliğe 1145°C 'ta varılır. (Metallografik niteliğini daha aşağıda anlatacağımız katı eriyik kavramını şimdilik şöyle canlandıralım: Suyun içine tuz atıldığında tuz suda erir, yani molekülleri su moleküllerinin arasına dağılır. Buna "sıvı" tuzlu su eriyikleri denir. Bunu, katılaşacak kadar soğutacak olursak elde edeceğimiz buz bir tuzlu su "katı eriyik"i olacaktır...)

(3) Karbon içeren ergimiş çelik katılaşıp yavaş soğumaya terk edildiğinde, karbon eriyiğin dışına olduğu gibi çıkmaz, her karbon atomu üç demir atomuyla birleşir ve Fe₃C demir karbürünü oluşturur. Bunun adı *sementit'tir*.

Demir içinde erimiş karbonun, atomik kafeste değişiminin vaki olduğu sıcaklık üzerinde büyük etkisi vardır. Şöyle ki saf demir, oda sıcaklığından açık sarıya kadar tedricen ısıtılacak olursa, ama ergitilmezse, demir atomlarının düzeni merkezli kübik sistemden merkezli yüzeyli kübik

sisteme 960°C 'ta değişir. %0,3 karbonla, değişme yaklaşık 730°C 'la başlar ve 800°C civarında tamamlanır. %0,8 civarında karbonla değişme 730°C civarında başlayıp yine bu sıcaklıkta kendini tamamlar. Böylece, karbon mevcut olduğu zaman ısıtma üzerinde atomik karıştırma 730°C'ta başlar, karbon miktarına bağlı olarak şu ya da bu daha yüksek sıcaklıkta biter. şek. 17, bunu gösterir.

Buradaki V şeklindeki grafik, şek.16'daki ötektik'i, yani minimum ergime noktasını haiz alaşımı hatırlatır. Mamafih, çeliğin hemen yukarıda betimlediğimiz davranışı, karbonun katı demir içinde atomik düzenin değişmesi üzerindeki etkisiyle ilgilidir. %0,8 karbon bileşimli iç yapıya *ötektoid* demir ve 730°C ya da daha kesin olmak için 732°C, *ötektoid sıcaklığı* adını taşır.

% 0,3 karbonlu çeliğin içyapısı

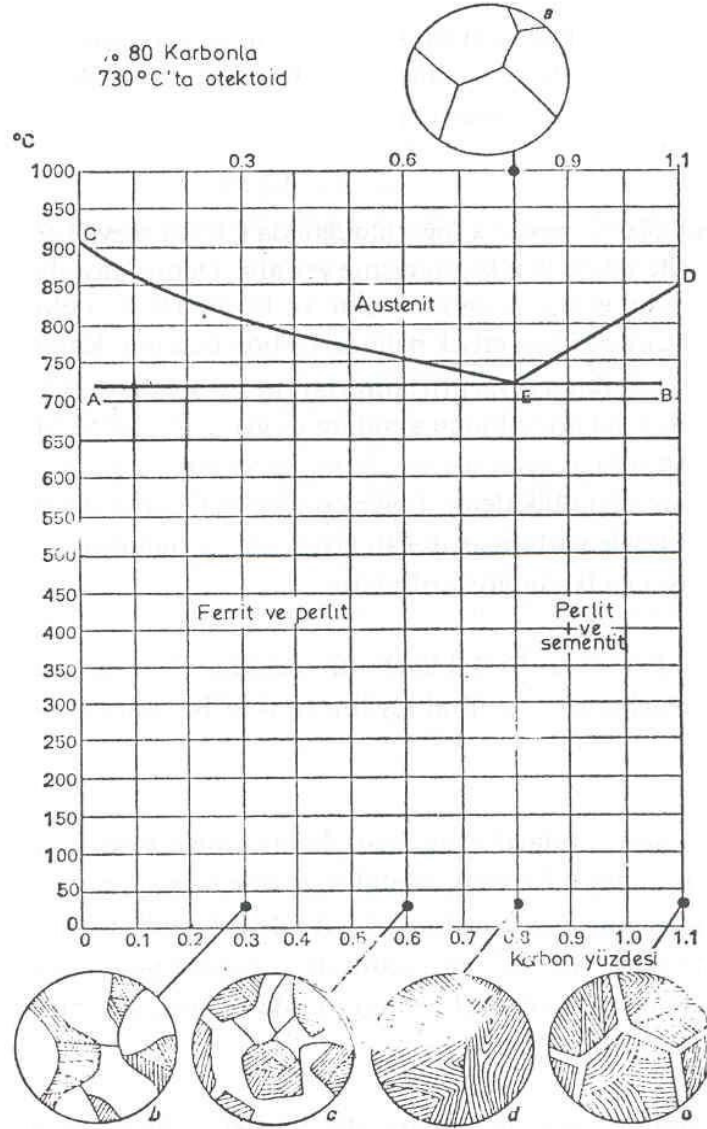
şek. 17'ye bakarak meselâ %0,3 karbon içeren ve yaklaşık 1000°C 'ta katılışıp bu sıcaklıktan yavaş yavaş soğumuş bir çeliğin başına neler geldiğini görürüz. 1000°C'ta demir atomları merkezli yüzeyli kübik sistemde düzenli olup dolayısıyla karbon, katı eriyik halinde mevcuttur. Yukarıdaki *a* "mikro-içyapı", mikroskop altında tetkik edildiğinde çeliğin bu sıcaklıkta neye benzeyeceğini gösterir: İçyapı bir katı eriyiğe özğü tanelerden ibaret olarak görünür. Bu demir-karbon katı eriyiği *austenit* adını alır.

Bu çelik 800°C civarına soğutulduğunda CE üst meyilli çizgi üzerinde bir nokta ile gösterilen bir değişme yer alır. Demir atomları merkezli kübik düzene geri dönmeye başlar ve bu merkezli kübik düzende çok az miktarlarda katı eriyik halinde karbon bulunur. Karbon atomları birdenbire eriyikten dışarı fırlamazlar; atomik kafesin hala merkezli yüzeyli kübik şekilde olduğu alanlara doğru göç eder ve böylece yerel karbon yoğunlaşmasını artırır. Nihayet 732°C 'ta bütün geri kalan merkezli yüzeyli kübik demir bölgeleri merkezli kübik düzene dönüşür ve bundan böyle karbon artık katı eriyik içinde bulunmaz. Bu sıcaklık AEB yatay çizgisiyle gösterilmiştir.

Yavaş soğutulmuş %0,3 karbonlu çeliğin mikro içyapısını temsil eder *b* yuvarlağından, nihai iç yapının İkili bir görünümde olduğu anlaşılır:

(1) İç yapının yaklaşık üçte ikisi, demir tanelerinden, yuvarlaktaki beyaz bileşenden, ibarettir. Metallografide buna *ferrit* adı verilir ve ferrit tanelerinin varlığı, çeliğe tel halinde çekilebilme kabiliyeti, yani süneklik verir. "Ferrit" sözcüğünün yukarıda görmüş olduğumuz Latince demir *ferrum*'dan geldiği akılda tutulur. Demirin kimyasal simgesi de Fe değil mi?

(2) İç yapının yaklaşık üçte biri de, bileşiği aşağıda anlatılacak olan bir tabakalar halinde tertiptir.



Şek. 17- Demir-karbon denge diyagramının bir bölümü

Perlit

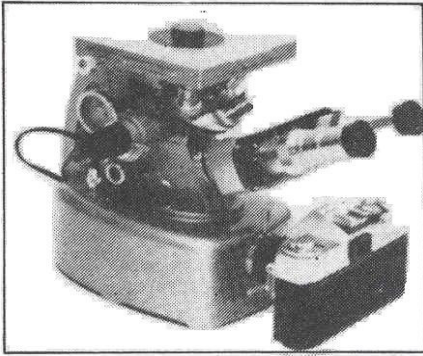
Katı eriyikten karbonun çökmesi çapraşık bir olaydır. Fevkalâde sert demir karbürü, Fe_3C , halinde oturur. Buna yukarıda gördüğümüz gibi *sementit* adı verilir ve bu bileşen, artık ferrit tabakalarıyla almasıık olarak bulunan tabakalar halinde oturur. Bu düzen, *b* yuvarlağında koyu, taranmış bileşen olarak görülür. Bu tabaka tabaka içyapıya *perlit* denir ("Pearl" - "peri" okunur-İngilizce "inci"dir) zira mikroskop altında sedefe benzer bir görünüm arz eder. Bu, 732°C 'ta oluşmuş ötektoid olup perlitin varlığı çeliğe sertlik ve mukavemet verir.

Tek başına sementitle çelik gevrek, tek başına ferritle yumuşak olur. Perlit, bu her iki bileşenin İyi niteliklerini kendi İçinde toplar. Ama sadece perlitten oluşmuş bir çelik imalâtta kullanılamayacak kadar fazla sert olur. En geniş ölçüde kullanılan, %0,2 ile 0,3 karbon içeren çelik, yavaş soğuma koşulunda, yaklaşık üçte bir perlit ve üçte iki feritten oluşmuş bir içyapıya sahiptir.

Perlit, %0,8 civarında karbon içerir ve dolayısıyla bu oranda karbon içeren bir çelik, yavaş soğutulduğunda, tamamen perlitik olur (*d* yuvarlağı). Bir alçak karbonlu çelik çok az perlitli haizdir; oysaki %0,8'in üstünde karbonlu bir çelik perlit ve sementit fazlasından oluşur (*e* yuvarlağı) ve bu gibi çelikler büyük sertlik ve mukavemete sahiptirler ama sünek olmayıp haddelenemezler. Şek.17'den başka çeliklerin içyapıları da resmedilebilir; nitekim %0,6 karbonlu yavaş soğutulmuş çelik yaklaşık üçte iki perlit ile üçte bir ferritten oluşmuştur (*c* yuvarlağı).

MİKROSKOP ALTINDA METALLER

Sözünü ettiğimiz yuvarlakların içlerindeki şekiller, belli oranlarda karbon içeren çeliklerin mikroskop altındaki görünümüdür. Gerçekten mikroskop, tıpta taşıdığı değerin aynını, belki de daha fazlasını, metalurjide taşır. Bu alet, metalurjistin günlük çalışmasında en faydalı aracı olmaktadır (Şek.18).



Şekil 18. Metallografi mikroskobu ve fotoğraf makinesi.

Bunun tıpta kullanılanı farkı, metallere şeffaflık olmadıklarından, yüzeylerin yansıyan ışıkla tetkik edilebilmesindedir.

Uygun büyüklükte bir numune kesilir. Bir yüzü düzgün eğelenir ve incelen zımpara kağıtlarıyla ve sonunda keçelerle "ayna gibi" parlatılır.

Önce, herhangi bir çatlak, girme veya deliğin bulunup bulunmadığına mikroskopla bakılır.

Şek. 19 a, parlatılmış bir şekillendirilmiş çelik

parçasının görünümünü verir; koyu lekeler, daima bunlarda bulunan cüruf girmeleridir...

Ama böyle bir tetkik, her ne kadar faydalı ise de, bir alaşımın içyapı ya da bileşimini göstermez ve bir ısıl işlemin olumlu ya da olumsuz etkisi hakkında yeterli fikir vermez.

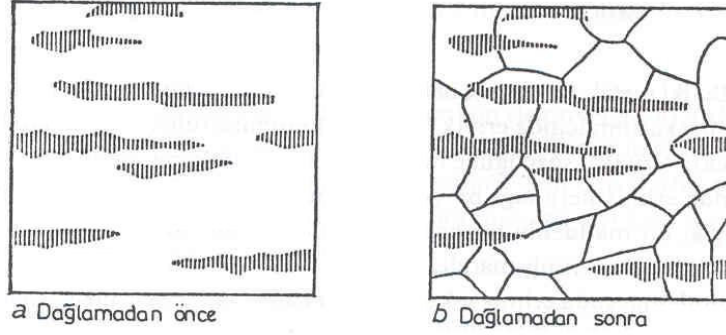
Daha ileri bilgi edinebilmek için, parlatılmış yüzey "dağlanır" ve mikroskop altına böyle konur.

Dağlama, belli bir kimyasal eriyikle, parça içindeki değişik bileşenleri değişik şekilde "boyayarak" belirtmek amacım güder. Eriyik, ya parlatılmış numune yüzeyine damlatılır, ya da numune doğruca eriyik içine daldırılır.

Metallerin tane içyapısı

Parlatılmış bir metalin dağlanmış yüzeyinin tetkiki, bunun sayısız küçük "tane"lerden oluştuğunu gösteriyor ki bunun anlamını daha önce görmüştük. Ancak birçok başka teknik sözcük gibi "tane" de, halk dilindeki, örneğin kum, tuz veya şeker tanesinden, en az iki bakımdan fark eder. Önce, her şeker tanesi gevrektiler ve toz haline ezilebilir, oysaki metal taneleri genellikle sünektir, yayılır ama toz haline dökülmez.

İkinci olarak bir şeker topağının taneleri arasında yapışmanın zayıf olmasına karşılık bir metal kitlesinde, taneleri birbirlerinden ayırmak için büyük güce gerek vardır.

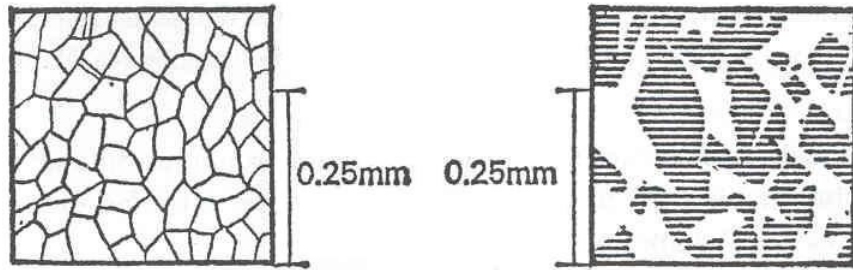


Şekil 19. Şekillendirilmiş çelik: dağlamadan önce ve sonra.

Alaşımın içyapıları: Katı eriyikler

Yukarı da gördüğümüz gibi herhangi bir metalin özellikleri bir başkasıyla alaşımlandırıldığında değişir. Birçok durumda bu gibi farklar görülebilir; nitekim kurşun-kalay veya demir-karbon alaşımlarında iki bileşen mutlak olarak teşhis edilebilir. Ama başka alaşımlar, bir saf metale özgü tanelerden ibaret olabilir ve sadece tek bir bileşen seçilebilir. Örneğin, Cu-Ni alaşımlarının iç yapısı Şek.20'de gösterilmiş olup, Şek.19 b 'dekiyle kıyaslanabilir.

Bu alaşım, nikel taneleri arasına karışmış bakır tanelerinden oluşmuş olsaydı, bunları sadece renklerinden fark etmek mümkün olurdu. O halde açıkça şöyle bir gerçek ortaya çıkıyor: Bakır ve nikel atomları o denli yakın karışmışlardır ki mikroskop muayenesi bireysel metallerin hiçbirini ayıramıyor; bir şeyler olmuş olmalıdır...



Şekil 20

Şekil 21

Bu iki metal, *katı eriyik* halinde mevcuttur denir. Bir katı metalin bir başkasının içinde eriyik halinde bulunması tuhaf karşılanabilir; ancak "eriyik" sözcüğüne daha geniş bir tanımlama, onun "bir sıvı içinde erimiş herhangi bir şey" tanımlamasının yerini alabilir. Bir eriyik, bir maddenin bir başkası içinde o denli yakın bir karışması olmaktadır ki erimiş madde, mekanik yollarla ayrılmamaktadır. Bu tanımlama, suda erimiş şekere olduğu kadar katı bakır-nikel alaşımı koşuluna da uygulanabilir.

Sadece az sayıda metal çifti, Cu ve Ni de olduğu gibi, tüm mümkün bileşimlerde katı eriyik halinde bulunabilir ama metallerin çoğu en az bir başka metalden epey miktarı katı eriyik halinde içerebilir. Şek.21, musluk pirinci gibi yaklaşık %40 çinko içeren bir pirincin içyapısını gösteriyor, iki oluşturuca, her biri farklı bileşimde, iki katı eriyiktir.

Bir çayın sıcakken, soğuk haline göre daha çok şeker eritebilmesi gibi, bir metal, sıcakken, genellikle öteki metalden daha çok miktarı katı eriyik halinde tutabilir.

Çeliklerde katı eriyikler - Özetletme

Karbonun merkezli yüzeyli kübik demir (Şek.3) içinde erimesiyle oluşan katı eriyiğe *austenit* adı verilir.

Karbonun merkezli kübik demir (Şek.2) içinde erimesiyle oluşan çok zayıf katı eriyiğe *ferrit* adı verilir. Pratik amaçla ferritle saf demiri, aynı nitelikleri haiz gibi kabul ederiz.

Metalürji kitaplarında γ (gamma) simgesi hem merkezli yüzeyli kübik demiri, hem de katı eriyik austenit'i ifade eder. Austenit tanımlanırken “ γ demiri içinde karbonun katı eriyiği” denir.

Aynı şekilde α (alfa) simgesi hem 910°C'in altında var olan merkezli kübik demiri, hem de katı eriyik ferrit'i ifade eder. Yani ferrit, " α demiri" olarak tanımlanır.

Austenit'ten karbon çökeldiğinde bu, karbon elementi (grafit) şeklinde değil, *sementit* adı verilen Fe₃C demir karbürü bileşiği halinde olur. Bu madde, tıpkı birçok başka metal karbürü gibi, çok serttir, şöyle ki karbon miktarı (ve dolayısıyla sementit miktarı) arttığında, yavaş soğutulmuş çeliğin sertliği de artar.

Bütün bu söylediklerimiz, austenitik koşuldandır (yani 910°C'in üstünde γ halinden) yavaş soğutulmuş karbonlu çeliklerde meydana gelen içyapılar için geçerlidir. Bu gibi koşullar, aşağıda irdeleyeceğimiz normalizasyon ve tavlama ısıl işlemleri gibi endüstriyel proseslerde hasıl olur. Oysa ki, austenitik koşuldandır suya daldırma ("su verme") gibi işlemle hızlı soğutma ile *martensit* adı verilen bir başka içyapı elde edilir. Bu içyapı, Şek.17'deki denge diyagramında görülmez çünkü bir denge içyapısı değildir. Hızlı soğuma, İçyapısal dengeye varılmasını önlemiştir.

Çoğumuzun az çok bildiği gibi, martensit gerçekten çok serttir. Ne çare ki aynı zamanda haylice gevrek de. Bu durumdaki çelik sadece çok aşırı bir sertliğin arandığı yerlerde kullanılır. Daldırma ("su verme")den sonra çeliğin sağlamlık-tokluğunu artırmak için, sertlikten özveride bulunulur, çelik "menevişlenir" (bunları aşağıda göreceğiz).

Bunlara göre *martensit*, hem α demiri içinde karbonun katı eriyiği, hem de daldırma ("su verme") ile austenitin dönüşümü oluyor.

ÇELİĞİN ISIL İŞLEMİ

İşe basit bir deneyle girişelim. Bunun için ninelerimizin iki çelik örgü şişi (şimdiki şişler anodize alüminyumdandır), bir kap su, iki kargaburun pense, zımpara kâğıda ve bir küçük gaz ocağı yeterlidir. Bu tür şiş bulunmazsa bir tığ ya da bir biz, aynı işi görür.

1. Deney:

Şişin birini hafifçe bükelim; ne denli direndiğini ve yaylandığını görürüz. Şimdi onu aleve tutalım ve açık kırmızıya gelince ucunu hemen suya daldıralım. Daldırılmış haldeyken bile kırmızı sıcak olan ucu bükmeye çalışalım; onun sert, gevrek olduğunu göreceğiz: Uç kırılacaktır.

2. Deney:

İkinci şişi kırmızıya kadar ısıtalım; onu bu sıcaklıkta 15 saniye kadar tutalım. Sonra onu çok yavaş geri çekip tedrici soğumaya bırakalım. Şimdi bu ucu, yani "tavlamış" olduğumuz bu ucu denersek, yumuşak tel gibi eğrilecek ve de bu eğri durumda kalacaktır.

3. Deney:

Yumuşamış olan şişi açık kırmızıya ısıtalım ve hemen daldıralım; ilk deneyde olduğu gibi sert ve gevrek hale gelecektir. Şişiyi zımpara kağıdıyla temizleyip onu saman rengini alana kadar ısıtalım. Renk belirince şişi soğumaya bırakalım. "Menevişlemiş" olduğumuz ucunu büküğümüzde, bu işleme tabi tuttuğunuz ucun sağlam ve yaylanır halde olduğunu görürüz.

Böylece evimizde yaşamış olduğumuz bu üç ısıtma işlem olayı aslında, her gün sanayide uygulanmaktadır. Bu süreç aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Şişe uygulanan işlem	İşlemin adı	Çelikte ortaya çıkan sonuç
Kırmızıya (850°C) ısıtma ve daldırma	daldırma ile sertleştirme	sert ve gevrek
Kırmızıya ısıtma ve yavaş soğutma	tavlama	yumuşak ve yaylanmaz
Kırmızıya ısıtıp daldırma; yakl. 250°C'ta ısıtma; havada soğutma	Sertleştirme ve menevişleme	Sağlam ve yaylanır

Bu deneylerde elde edilen şaşırtıcı çelik nitelikleri değişmesi başlıca, çeliğin karbon oranına bağlıdır (bu deneylerde %0,7 ile 0,8); bundan başka açık kırmızıdan itibaren soğutma temposu da bunda rol oynar.

2. Deneyde olduğu gibi yavaş soğutulduğunda, çelik şişin iç yapısı Şek.17c yuvarlağındaki gibi olup içyapı perlit ve biraz da ferritten ibaret olur. Çeliğin atomik kafesi, açık kırmızıya ısıtıldığında, merkezli yüzeyle kübik düzene dönüşür ve karbon da katı eriyik içine alınır. Bu, Şek. 17 a yuvarlağında görüldüğü gibi basit austenit mikro-ıçyapısını verir. Şek.17'den, bir %0,7 karbonlu çelikte İçyapı değişiminin, yavaş soğuma halinde, 700°C 'ta başladığı (AEB çizgisine bkz.) ve 730°C'ta tamamlandığı (CED çizgisine bkz) görülür.

Kırmızıya ısıtılmış şişin çeliği, 1.deneyde olduğu gibi suya daldırıldığında, o denli hızlı soğur ki karbon atomları, sementit oluşturmak üzere katı eriyikten çıkmaya vakit bulamazlar. Sementit ise bildiğimiz gibi perlitli oluşturan öğelerden biridir. Bu karbon atomlarının böyle zorunlu varlığı

nedeniyle demir atomları, merkezli kübik düzenin ancak çarpıtılmış şekline dönüşebilir. Bu ağır çarpılma, 1.deneyin sonucu olarak meydana gelen büyük sertlik ve gevrekliğin nedenini oluşturur. Varılan içyapı, *martensit* içyapısıdır.

Çelikler, böyle fevkalâde sert martensit koşulunda çok az kullanılır ve 3.deneyde gösterildiği gibi menevişlemenin yeniden ısıtma işlemiyle gevreklik azaltılır, ama çelik, sertliğinin önemli bir miktarını muhafaza eder.

Daldırılmış ("su verilmiş") çelik 250°C gibi alçak bir sıcaklıkta menevişlenecek olursa, sertliği hafifçe azalır ama meneviş daha yüksek sıcaklıkta olursa, sertlik azalması daha fazla olur.

Adi çelikler genellikle 250 ile 500°C arasında menevişlenmezler zira bu sıcaklık aralığında gevrekleşme eğiliminde olurlar ki buna "mavi gevreklik" denir; bu sıcaklıklara ısıtılmış karbonlu çeliklerin aldıkları çividi renk dolayısıyla çeliğin daldırma ve menevişlenmesi ile ilgili iki önemli nokta akılda tutulacaktır:

(1) Tamamen sertleşmiş bir İçyapı elde etmek için çelik CED çizgisi (Şek.17) üzerinde bir sıcaklığa ısıtılıp hızlı soğutulacaktır. Bu itibarla, daldırmadan önce uygun sıcaklığın, bahis konusu çeliğin karbon oranına bağlı olduğu görülür.

(2) Meneviş, perlitik içyapıyı geri getirmez. Bunun yapılabilmesi için çelik CED çizgisinin Üstünde bir sıcaklığa ısıtılıp yavaş soğutulacaktır.

Daldırma - "Su verme"

Kızdırılmış çeliği oda sıcaklığında bir sıvıya daldırmak suretiyle sertleştirmeye dilimizde "su vermek" denir. Bu deyim, başlarda hızlı soğutmanın, suya daldırma ile yapıldığı çağlardan kalmıştır. Günümüzde ise su, bir daldırma sıvısı olarak giderek daha az kullanılmaktadır zira meydana getirdiği ağır daldırma etkisi, iri çelik bloklarında çatlamaya götürmektedir, öbür yandan da ısıtma işlemi üzere imal edilmiş birçok modern çelik, çok hızlı daldırmaya gerek göstermeyecek şekilde alaşımlandırılmıştır. Bu gibi çelikler balina yağı ya da özel yağlara daldırılır.

Daldırma sıvısının (banyosunun) cinsinin, soğuma hızı üzerinde etkisi vardır: 18 mm. çapında çelik numuneleri, daldırma sırasında 700°C 'tan 100°C 'a indirmek için gerekli süre 20°C 'ta saf suda 6 saniye, doymuş tuzlu suda 6,25 saniye, 50°C 'ta saf suda 7,75 saniye, kolza yağında 45 saniyedir.

Yukarıdan beri söylendiği gibi daldırmanın amacı, çeliğin niteliklerini değiştirmektir. Elde edilen değişiklikler, ürünlere göre farklı olur: Sert ve yarı-sert çeliklerde sertlik artışı; yumuşak çeliklerde, homojenleştirme aranır; bronzlar ise, haddelenebilme kabiliyetini artırmak için daldırılır.

Tavlama

Bir tavlama işlemi de çeşitli amaçlar için uygulanır:

Gerilim giderme tavlaması, dökülmüş parçalarda, kaynaklı imalatta, tel, profil ve sac haddesinden çekilmede, dövülmede, malzeme içinde meydana gelen gerilmeleri yok etmek için uygulanır. Buna *proses tavlaması* da denir ve 650°C civarında uygulanır.

Tavlama işlemi, daldırmanın etkisini yok etmeyi ("suyunu almayı") amaçladığında, bunun sıcaklığı, daldırmanınkinin aynı olur şu farkla ki tavlamadan sonra soğutma yavaş yapılır.

Böyle bir tavlama, aynı zamanda gerilim giderme tavlamasının da işlevini yerine getirmiş olur.

Yoğurulma, yani haddelenme, dövülme vb. işlemler sırasında metalin çekme dayanımı, elastikiyet (akma) sınırı ve sertliği artar; buna karşılık sünekliği (kopma sırasında uzama ve boğulma) azalır, kırılabilirliği artar ve bunların sonucu olarak da metalin içinde gerilmeler meydana gelir.

Dökme parçaların da her tarafı aynı hızla soğumaz. Kalın kısımlar daha geç donar. Bu yüzden farklı genişleme ve çekmeler olur ki bunlar da gerilme meydana getirir. Kaynaklı İmalâta da aynı şey vaki olur.

Tavlama çeliğin karbon oranına göre, Şek. 17'deki CED çizgisinin 40°C kadar üstünde bir sıcaklıkta uygulanır.

Normalizasyon tavlaması bir doğruca *tavlama*ya benzer, şöyle ki varılan en yüksek sıcaklık aynıdır. Ancak, tavlamada soğuma geciktirilirken (ocakta soğutma) normalizasyonda parça ocaktan çıkarılır ve sakın havada soğumaya terk edilir. Bu göreceli hızlı soğutma yöntemi, normalizasyonda tane irileşmesini sınırlar, şöyle ki mekanik nitelikler, tavllanmış parçaların kilere göre bir miktar iyileşir. Bunun dışında, normalize edilmiş bir parçanın, talaş kaldırmayla işlendikten sonra yüzey görünümü, tavllanmışinkinden çoğu kez üstündür şöyle ki bu sonuncusunun yüksek sünekliği yüzeyde çoğu kez bazı yerel yırtılmalara yol açar.

Aşağıdaki tabloda bazı tipik alaşımlı çeliklerin sertleşme ve meneviş sıcaklıkları gösterilmiş olup kıyaslamak için en altta iki karbon çeliğinkiler de verilmiştir.

Çeliğin tipi	Yaklaşık bileşimi	Sıcaklık (°C)	
		Sertleştirme	Meneviş
Kalıp çeliği	% 0,4 karbon % 5 krom % 1 vanadium % 1,5 molibden	1000	600-650
Takım çeliği	% 1,5 karbon % 13 krom	980	175-420
Havada sertleşir takım çeliği	% 1 karbon % 5 krom % 0,5 krom % 0,5 vanadium % 1 molibden	970	380-400
Nitrürasyon çeliği	% 0,3 karbon % 0,35 silisyum % 1,6 krom % 1,1 alüminyum	900	500-720
Yüksek karbonlu çelik	% 1 karbon	750	180-250
Orta karbonlu çelik	% 0,6 karbon	790	180-250

Semantasyon

Yumuşak çelik veya bazı alaşımlı çelikler 900°C'nin üstüne karbonla temas halinde ısıtıldıklarında bu element çeliğin yüzeyinden içeriye doğru emilir. Yüzeyde karbon zenginleşmesinin derinliği, izlemin süre ve sıcaklığına bağlıdır.

Yaklaşık 925°C 'ta sekiz saat süreyle karbürleşmiş bir yumuşak çelikte dış "zarf" derinliği bir milimetre civarında olup yüzeye yakın yerde karbon oranı %0,9 kadar olur. Bu dış zarf sertleştirilebilirken iç kısım, alçak karbonlu çeliklere özgü tokluğu-kırılmazlığı muhafaza eder. Zırh levhaları, tüfek, yazı makinesi ve otomobil parçaları, çok sayıda sement edilmiş çelik ürünlerden sadece birkaçıdır.

En basit yöntemiyle, çelik parçaları odun kömürü, boynuz kömürü vb. maddelerle birlikte kutulara yerleştirilir ve böylece ocakta tedricen 925°C'a çıkarılıp bu sıcaklıkta birkaç saat tutulur. Çelik sonra yağa daldırılır zira su, hızlı bir soğutma hasıl ettiğinden, "zarfta çatlama veya kabuklanmaya götürebilir.

Daha ince bir karbon tabakası, çeliği bir ergimiş sodyum siyanür banyosuna doldurmakla da elde edilebilir (sodyum siyanür çok zehirli olduğundan bununla çalışan atölyelerde özel önlemler alınmıştır.)

Çeliklerin yüzeyini sertleştirmenin bir başka yöntemi de *nitrürleme* olarak bilinir. Alüminyum ve başka elementler içeren özel alaşımlı çelikler ("nitrürleme çelikleri") 500°C civarında amonyak içinde ısıtılır. Bu sıcaklıkta amonyak (NH₃) belli bir ölçüde hidrojen ve

azota ayırıştır (azotun bir adı da nitrojen olup " nitrürleme" bundan gelir); azot demirle bileşip çeliğin yüzeyine büyük sertlik veren demir nitrürü zerrelere meydana getirir.

Nitrürlenmiş çelikler, aşınmaya mukavemetin önemli olduğu işlerde kullanılırlar: içten yanmalı motorların silindir gömlekleri, kalıplar ve silâh parçaları bu işlere birkaç örnek teşkil eder.

Bu iki yöntemin karışımından meydana gelmiş daha başka yüzey sertleşme yöntemleri vardır.

ALAŞIMLI ÇELİKLER

Bir küçük alet veya iğne gibi ince bir çelik parça suya daldırıldığında bütün kesitinde uniform (tekdüze), yani her noktada aynı nitelikler arz edecektir; oysaki kalın bir çelik kitlesi ısıtılıp daldırıldığında, dışının hızla soğumasına karşın kitlenin içi hayli yavaş soğuyacaktır. Böyle olunca da dışardan içeriye doğru bir tedrici sertlik azalması olacaktır. Bunun dışında iç ve dışın eşit olmayan boyutsal davranışı, iç gerilmelerin meydana gelmesine neden olur şöyle ki yüksek karbonlu bir kalın parça, sert daldırmada çatlayabilir.

İşte bu gibi olgular karbonlu çeliklerin kullanımına sınırlamalar getirmiştir. Ama güncel teknoloji bu gibi güçlüklerin üstesinden gelmiş ve alaşimli çeliklerin geliştirilmesiyle çeliklere daha da başka nitelikler sağlanmıştır. Bunlarda bir yumuşak daldırmayla bütün kitle içinde uniform bir sertlik elde edilebilir.

Alaşimli çelikler iki tipe ayrılır: ilâve elementlerin toplam miktarının %10'dan az olduğu alçak alaşimli çelikler ile toplam ilâve element miktarının %10'dan fazla olduğu (genellikle %15 ile 30 arasında) yüksek alaşimli çelikler.

Son yüz yıldan beri alaşimli çelikler, korozif (kimyasal etkenlerle tahrip edici) ortamlarda çalışacak ve/veya yüksek gerilmelere maruz parçaların imaline hergün daha çok girmişlerdir; askeri alanda ağır silâhlar ve zırh levhalar, köprü, bisiklet ve çamaşır makinesiyle deniz yatına kadar her alanda kullanılır olmuşlardır. Artık ev kadını, atalarının karbonlu çelik bıçaklarına burun kıvrırmaktadır...

Alaşimli çelikler şu nedenlerle kullanılmaktadır:

(1) İri kesitli doğruca karbonlu çeliklerde olduğu gibi ısıtılıp işlemde dış kabuğun parçanın içinden farklı şekilde davranmasını önleyip ısıtılıp işlemin kesitin her tarafında aynı etkiyi yapmasını sağlamak.

(2) Bir doğruca karbonlu çelikte gerekli olabilecek sert ısıtılıp işlemde daha hafif bir ısıtılıp işlemle belli bir mekanik nitelikler kümesini elde etmek.

(3) Metale büyük çekme dayanımı, sertlik, aşınmaya mukavemet, yaylanabilme ya da korozyona mukavemet gibi özel kaliteler verebilmek.

Alaşım elementlerinin sağladıkları tüm faydaları tam değerlendirebilmek için bu çelikler genellikle ısıtılıp işlem görmüş halde kullanılırlar. Isıtılıp işleme tabi tutulmuş çeliklerin esas bileşeni karbondur, şöyle ki karbonsuz bunlar faydalı mekanik özelliklerine erişemezler: karbon, sertleştirilme ve menevişlenmeyi mümkün kılar, alaşım elementleri, bu işlemlerin etkilerini değişikliğe uğratar.

Paslanmaz çelikler

1913'te, I. Dünya Savaşı'ndan bir yıl önce Harry Brearley adlı metalurjist, tüfek namlusu için alaşımlı çelik deneylerine girişmişti. Yaramaz diye kenara attığı numuneler arasında %14 krom içeren bir tanesi vardı. Birkaç ay sonra, çeliklerin çoğunun paslandığını, ama bu kromlu çeliğin parlak kaldığını fark etmişti. Bu olay, görünmez, çok ince ama koruyucu, doğal olarak ortaya çıkan bir kromdan yana zengin oksitlenme sayesinde vaki olmuştu. Böylece de korozyona çok dayanıklı paslanmaz çeliklerin gelişme süreci başlamıştı.

Paslanmaz çelikler, üç Önemli türe ayrılır:

(1) Yaklaşık %13 krom içeren martensitik grup. %0,15'den az karbonlu tipleri bıçakçılıkta kullanılır. Daha keskin ağızların istenmesi halinde karbon, %0,3 ile 0,7 arasına yükseltilir.

(2) Ferritik grup normal olarak %17 krom ile %0,1 kadar karbon içerir ve otomobil aksamında kullanılır. Bu çelikler ısı ile sertleştirilemezse de soğuk çalışmayla çekme dayanımları artırılabilir.

(3) En büyük ölçüde üretilen austenitik grup, %18-20 krom ve %7-12 nikel içerir. Bunlardan en yaygın olanı %18 krom ve 8 nikel (18/8) tipi olup mutfak eviyelerinin malzemesini teşkil eder. Hafif asitli ortamın bahis konusu olduğu yerlerde %2,5'a kadar molibden, korozyona mukavemeti artırır.

Öbür iki türün aksine, austenitik paslanmaz çelikler magnetik değildir.

Her ne kadar bunlara "çelik" denirse de bu gruba dahil malzemeler karbon içermedikleri zaman daha iyi iş görürler ve karbon oranını olabildiği kadar azaltmak için özel teknikler kullanılmaktadır.

Alaşımlı çeliklerin genel sınıflandırılması

1. Alaşımlı adi sertleşen çelikler. Bunlar da suda sertleşen (suya daldırılan) ve yağda sertleşen olarak ikiye ayrılırlar.

2. Kendiliğinden sertleşen çelikler (hava çelikleri)

3. Özel semantasyon çelikleri

4. Nitrürasyon çelikleri

5. Paslanmaz çelikler. Bunlarda da yarı paslanmaz çelikler (Cu ve Cr+Cu'lu), yukarıda gördüğümüz paslanmaz çelikler ve ısıya dayanıklı (%25Cr-%20Ni tipi) çelikler olarak ayrılırlar.

6. Sıcakta yüksek mukavemetli çelikler

7. Aşınmaya dayanıklı çelikler

8. Alçak sıcaklıklara dayanıklı çelikler.

9. Yüksek elastikiyet sınırlı çelikler

10. Özel magnetik özellikleri olan çelikler

11. Otomatik torna çelikleri

Bunların ayrıntılarına girmeyip aşağıdaki tabloda, ilâve elementlerin etkilerini genel olarak göstermekle yetineceğiz. Tablodaki boş kareler, o elementin hiçbir etkisi olmadığını ifade eder.

ÇELİK -İLAVE ELEMENTLERİN ETKİSİ

NİTELİKLER	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	V	Mo	Co	Ti	P	S
Çekme dayanımı	++	+	++	+	++	+	+	++	+	+	+	
Sertlik	++	+	++	+	++	+	+	++			+	
Süneklik	-		+	++	+	+	+	+		+	-	-
Isı ve karazyona dayanım		-	-	+	++	+		+		+		
Kaynaklanabilirlik	-	-	+				+	+				-
İşlenebilirlik	-	-	-		-				+		+	+
Elastikiyet	+	++	+		+		+	+				
Kırılganlık	-		+	+	+	+	+	+	+	+		
Magnetizm		-		-	+	++			++			
Döğülebilitik			+	+			+	+		+		-
	++ Önerilir			+ İyi			- Ortanın altında					