

**BOR ALAŞIMLI ÇELİKLER
VE
YÜKSEK ZORLAMALARA KARŞI KULLANILAN
BOR ALAŞIMLI YENİ SEMANTASYON ÇELİKLERİ**

Nejat TÜRKAN

Özel alaşımli çeliklerin dökümlerinde çok eskidenberi çeşitli dezoksida vasıtaları kullanıldığı malumdur. Bu dezoksidan vasıtalarındaki elemanların çelik alaşımlarının dokularına dolayısıyla kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine yaptığı etkiler ise daha geç anlaşılmıştır. Bor eleman da bunların arasındadır.

İlk defa 1938 yılında, Kompleks dezoksidasyon bileşiklerinin çeliklerin sertleşme özelliklerine de tesir ettiği görülmüş ve bu olayın tesbitinden sonra da sistemli araştırmalara koyulunarak sonunda çeliğe Bor elemanının katımı ile çeliklerin sertleşme derinliğinin ve sertlik alma kabiliyetinin arttığı ortaya çıkarılmıştır. Bilhassa ikinci dünya harbinde Birleşik Amerika Devletlerinde ve Sovyet sosyalist Cumhuriyetlerinde çeliklerin sertleşme özelliğini arttırmak için kullanılan yüksek değerdeki alaşım elemanlarından tasarruf edebilmek amacıyla yeni Bor alaşımli çeliklerin inkişafına çalışılmıştır,

Çeliğe % 0,007 ağırlık oranında Bor katımı suretiyle çeliğin sertliğinin oldukça arttığı görülebilir. Bugün kullanılmakta olan alçak alaşımli çeliklerdeki Bor oranı % 0,0005 ile % 0,007 arasında bulunmaktadır.

Bor elemanının γ demirinde eriyebildiği miktar 906 C° da % 0,0021 ve 1140 C° ise % 0,021 olmasına mukabil α demirinde 710 C° da % 0,004 ve 906 C° da % 0,0082 ağırlık oranındadır.

Bor elemanı, γ demiri ile yaptığı karşık kristal bakımından karbon elemanına benzer ve γ demiri içine geçme hızı (Diffusion sür'ati) karbonla aynı derecededir. Bu yüzden demire Bor katımı veya demirden Bor'un alınması da kolaydır.

Demir - Bor sistemi denge diyagramına bakılacak olursa γ bölgesinin çok daralmış olduğu görülür. 1174 C° de ve % 3,8 oranında Bor Demirle bir Ötektik teşkil ederek Fe₂B bileşiği arasında γ demiri bulunur ki,

buda Demir - Karbon sistemindeki Fe₃C (Sementit) ye çok benzer. % 0,1 Bor bulunan Demir - Bor alaşımları alçak derecede eriyen bir ötektik meydana getirdiğinden, sıcakta kırılıcı olur.

Demir - Bor - Karbon üçlü sisteminde ise çok az miktardaki Bor katımı çeşitli Bor karbitleri meydana getirir. Karbon eleman, Bor'un Austenit içine geçme hızı (Diffusion sür'ati) ve içinde erime kabiliyeti üzerinde çok az etki yapar,

Bor elemanının çeliklerde sertleşme derinliğini ve sertlik alma kabiliyetini arttırması, çeliğin içinde mevcut C miktarı ile ters orantılı olduğu ve C miktarı % 0,90 olan çeliklerde Bor elemanının çeliğe hiç bir sertleşme özelliği vermediği görülmüştür. Bu bakımdan Bor alaşım denemelerinin esas ağırlık merkezi, karbonu düşük olan sementasyon ve İslah çelikleri üzerine yönelmiştir. Bilhassa İslah çeliklerinde Bor katımı (Çeliğin mekanik özelliğine hiç bir fena tesir yapmadan) diğer değerli alaşım elemanlarından çok tasarruf edilebileceğini göstermiştir.

Sementasyon çeliklerinde Bor Austenit in Ferrit ve Perlit'e dönüşme hızını keser; fakat Karbon miktarı arttıkça Hız kesme etkisi de azalır. Dolayısıyla yukarda bahsettiğimiz gibi çeliğin sertlik alma kabiliyeti de düşer. Bu bakımdan çelikte Bor elemanının ötektoit altı çeliklerde sertleştirme etkisi daha yüksektir.

Çelikte, Bor elemanı Austenit dönüşme hızını azaltmasına mukabil, Ferrit ve ara kademe kristallerin (Bainit) büyüme hızına etkisi yoktur. Doğrudan doğruya sertleştirilen (sementasyon ısısından çeliklerde sertlik verme etkisi esas itibarü Martensit yapmasından ileri gelmektedir. Bor'un Martensit teşekkülü hararetine tesiri de olmadığından, çeliğin sertleşme kabiliyeti çok yükselmekle sulanma (sertleşme) esnasında çatlama tehlikesi de artmaz.

Normal İslah çeliklerinde Bor Austenit kristal danelerinin irileşmesine yardım edebilir. Bunu önlemek içinde çeliğe dezoksidasyon vasıtası olarak verilen Alüminyum miktarını arttırmakla beraber çeliğin içine katılan Bor ile birlikte Titan, Zirkon veya Vanadin ilâve etmek lâzımdır.

Bor alaşımlı sementasyon çeliklerinde çok yüksek derecede tavlama veya fazla C vermek suretiyle sementasyon yapma Bor elemanının sertleşdirmeye özelliğinin kaybolmasına sebep olur. Bu gibi hallerde fazla sement edilmiş parça eğer ağır soğutulur ve sulamadan evvel 840 C° de tekrar tavlansa, çeliğin sertlik alma özelliğinin artırılması yeniden sağlanabilir.

Sementasyon ve İslah çelikleri gibi imalat çeliklerine alaşım elemanı olarak katılan Bor, çeliğin soğuk ve sıcak işleme özelliğini asla bozamaz. Bor çelikleri dövüldükten sonra uygun şekilde ısı işlemine tabi tutulacak olursa, diğer alaşımlı ve karbonlu çeliklere nazaran daha kolay, yüksek kesme hızı ile ve derin talaş alma suretiyle, işlenebilir. Keza Tav oksitleri, Bor çelikle-

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
%	0,20	0,25	0,70	en çok 0,035	en çok 0,035	0,40	0,45

20MoCr4 çelikleri is muayyen ölçüleri aşmayan küçük makina parçalarının imalinde kullanılabilmekte idi. Almanya büyük özel ve alaşımlı çelik imalat konsernl olan Stahhverke Südwestfalen A. G. fabrikaları araştırmaları laboratuvarlarında Drv Müh. Treppschuh ve Y. Müh. B. Vogelsang'm yaptığı denemelerde, Bor alaşımlı çeliğin sertleşme kabiliyetinin çok artmasına mukabil özlülük değerinin hiç bir değişikliğe uğra-

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	B
%	0,23	0,25	0,80	en çok 0,035	en çok 0,035	0,80	0,035	+

Bor alaşımlı bu tip çeliklerde sertleşme derinliğinin ve sertlik alma derecesinin yüksek oluşu dolayısıyla doğrudan doğruya sementasyon hararetinden sulamada (sertleşmede) bilhassa kenar sınırlarda kalan bakiye Austenit teşekkülünün zararı kaldırılmış olduğundan büyük ölçü ve çaptaki makina parçalarının imaline de elverişli bulunmaktadır, ve 20MnCr5 tipi çeliklerin yerine

rine diğer halitalı çeliklerde olduğu gibi kuvvetli yapışmadığından Bor alaşımlı çeliklerden yapılan dövme kalıp dövme gezenklerin ömürleri de uzun olur.

Çelik alsım elemanlarından daima büyük sıkıntı çekilmiş olan Almanyada bu ersatz eleman bilhassa sementasyon çeliklerine kanşdınlma bakımından çok büyük önem kazanmış ve Krom - Molibden çeliklerinin kenar sınırlarında arta kalan Austenit kristallerinin sermentasyon hararetinden doğrudan doğruya sertleşdirmek (sulamak) suretile azatılmasında kullanılmaya çalışılmıştır. Bor burada Krom - Molibden çeliklerinde zararlı olan bakiye Austenit'in fena etkilerini yok etmeye yaramaktadır.

İlk zamanlar, içinde % 0,20den yukarı karbon bulunan çeliklerin sertleşme özelliğini arttıran Bor elemanının, çeliğin çekirdek (iç) kısmının özlülüğüne de tesir edeceği ve bunu azaltacağından korkularak alaşım olarak yalnız Karbon yüzdesi' düşük ve relativ olarak daha az sertleşen 20 Mo Cr4 tipi çelikler denemeye başlanmıştır. Bu tip çeliklerin analizi şöyledir :

madığı (azalmadığı) hayretle görülmüş ve Bor alaşımlı çeliklerin ergitilmesinde karşılaşılan müşkillerde bulunan uygun metallurjik tedbirler sayesinde kaldırılabilmiş Ve neticede 1957 yılındanberi de piyasaya 23 CrMoB3 tipi sementasyon çelikleri çıkarılmıştır.

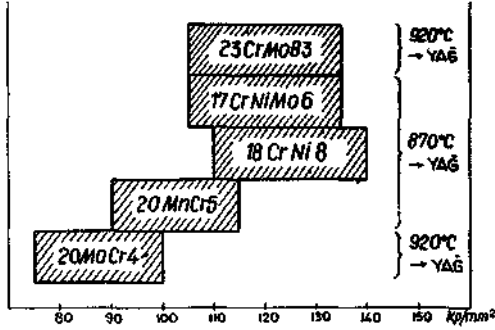
Opel 4125 marka ile tanınan bu çeliğin ortalama analizi şöyledir :

kullanılabilir.

Sertleşme kabiliyeti bakımından 23 Cr MoB3 tipi çelikler resim (1) de görüleceği üzere Krom - Nikel alaşımlı sementasyon çeliklerine ve meselâ 17CrNiMo6 veya 18Cr Ni8 tipi çelikleri ayarında bulunmaktadır.

Aşağıdaki cetvelde değişik sementasyon çeliği tiplerinin ortalama analiz değerleri mu kayese için verilmiştir :

Tip (kalite)	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	B
17 Cr Ni Mo6%	17	25	50	1.65	30	1.50	—
18 Cr Ni8	18	25	50	2.00	—	2.00	—
20 Mo Cr4	20	25	70	40	45	—	—
23 Cr MoB3	23	25	80	80	35	—	+
Özel kalite (z F 23)	25	25	65	1.00	20	—	(+)
20 Mn Cr5	20	25	1.25	1.15	—	—	—



RESİM 1
DOĞRUDAN DOĞRUĞA SERTLESTIRILMIŞ 30 mm.
KALIN DISKLERİN ÇEKİRDEK MUKAVEMETLERİ

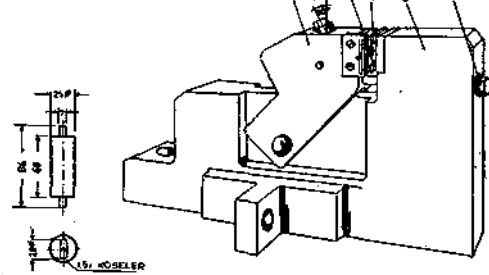
Sementasyon çeliklerinde **Özlülük**, iç kısmın (çekirdeğin) özlülüğü ile karbon alan kenarların özlülüğünün toplamından ibarettir. Bu bakımdan doğrudan doğruya sertleştirilmiş sementasyon çelik örneklerini yalnız kertikli çarpma deneyinden alınan özlülük neticesi ile yetinmek doğru değildir. Daha ziyade mesela bir dişli gibi karbon verilmiş soğutulmuş sertleştirilmiş bir örnekte özlüne edilebilmelidir ve böyle bir örnekte özlülük ölçüleri ile birlikte örneğin kopmasına kadar görülen işin (sarf edilen kopmasına değeri) de mümkün olabilmelidir.

Bu şartları yerine getirebilecek bir deney apanesi ve deney metodu ise Almanyada Friedrichshafen daki dişli fabrikalarında inkişaf ettirilmiş ve bu suretle muhtelif kalitedeki çeliklerin kullanma yerlerine göre özlülük derecesinin tam olarak tesbit ve tayini mümkün olabilmıştır. Bu metotta Özlülüğün ölçülmesi ve değeri, çarpma için sarf edilen enerji ile bulunmakta ve neticede muhtelif mukayese rakkamları elde edilebilmektedir Resim (2) de Almanyada Friedrichshafen Dişli Fabrikası'nın inkişaf ettirdiği çarpma deney apanesi ile bu deneyde kullanılan çarpma örneğinin resmi verilmiştir.

Çarpma deneyi örnekleri muayenenin yapılmasından önce çeliğin kalitesine göre 0,5 - 1,0 m/m derinliğe kadar semente edilir, sertleştirilir ve iç gerilimleri de alınmak üzere tavllanır. Bilahâre yeter derecede sağlam ve sallantısız bir çarpma deneyi neticesinde özlü ve gevrek malzeme arasındaki

farklar çok açık olarak görülebilir. Bu çarpma deneyinde ayrıca elektronik cihazla ve katod ışın Oszillografi vasıtasıyla çeliğin deformasyonu kayıt ve fotoğrafı da alınabilir. Resim (3) de şematik olarak bu metodu elde edilen özlü ve gevrek malzeme diyagramları verilmiştir.

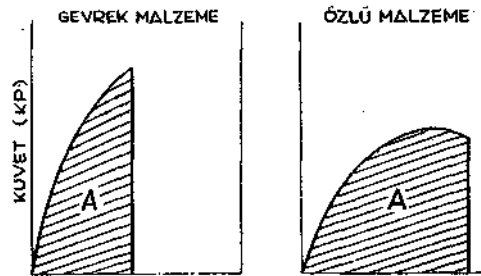
ÖRNEK DARBE İSTİKAMETİNE
KARŞI 30 MEVİLLİDİR



RESİM 2

- a. BİR NOKTA ETRAFINDA MÜTEHARRİK
ÖRNEK TUTUCU
b. DARBE ÖRNEĞİ
c. DARBE BASKISI İÇİN MUAYENE PLAKASI
d. KÜRESSEL SEGMENT ŞEKLİNDEKİ
KARŞILAMA YATAĞI; r = 30 mm
e. ESAS GÖVDE
f. ÖN AYAR VIDASI

FRIEDRICHSHAFEN DİŞLİ FABRİKASI USULÜNCE
BAĞLAMA TERTIBATI VE DARBE DENEYİ
İÇİN DARBE ÖRNEĞİ



RESİM 3
DEFORMASYON (mm)

AVNİ MİKTARDAKİ BİÇİMLENDİRME İŞİNE GÖRE VE 6EVHEK
MALZEMENİN DEFORMASYON DİYAGRAMI

Yukarıda açıklanan metotla muhtelif sementasyon çeliklerini ayrı ayrı deneyecek olursak, neticede ve her şeyden evvel aşağıda açıklanan bazı tecrübi hakikatlerin doğruluğunu da meydana çıkarmış olacağız:

1 — Krom - Nikel çelikleri fazla karbon alma (semente) derinliğine rağmen öz-lü bir deformasyon kopumu verirler.

2 — Krom - Manganez ve Molibden - Krom çelikleri ise karbon alma (semente) derinliği, ısı işlemi ve döküm ısı derecesine göre ve bunlara bağlı olarak özlü hal-den gevrek ve deforme olmayan kırılışa kadar çok değişik ve dağınık neticeler verirler. "ZF Çarpma deneyi" aparesi ile yapılan tecrübeler de bu farklar rak-kamla, gevrek malzemede sarf edilen enerji takriben 3 Kp ve özlü malzeme-de ise takriben 6 kpm olarak gösterile-bilir.

3 — Bu metoda göre yapılan denemelerde Bor alaşımlı semetasyon çeliklerin,, Şayet Bor miktarı tam ve Bor eleman-ının çeliğe katılmasından evvel çelik itinalı bir şekilde dezokside ve denitre edilmiş ise, özlü oldukları tesbit edilmiştir. Keza "ZF örneğinde" dışın çekirdek kısmının mukavemetinin 150 - 165 Kp/mm² arasında bulunduğu hay-rette müşahede edilmiştir. Zira bugüne kadar genel olarak çekirdek kısmının sertliği arttıkça özlülüğün düşmekte olduğu kanatı vardı. Bor elemanının çekirdek sertliğinin artmasına etki yap-makla beraber aynı zamanda çeliğin özlülüğünü arttırmasına olan tesirleri konusunda bazı Teoriler de inkişaf et-tirilmiş ve Bor'un kristal sınır enerjisine tesir ettiği ortaya konmuştur. Bu deneylerin pratik neticelerine göre mes-lâ 23 CrMoB3 çeliği yalnız daha iyi sertleşme özelliğinden değil, özlülüğün-den ötürü de Nikel alaşımlı bir se-mentasyon çeliğine tamamen tercih edilebileceği anlaşılmıştır.

Bor elemanının sementasyon çeliklerine - özlülüğü artıran etkilerini daha açık-ça gösterebilmek için aşağıdaki cet-velde 23CrMo4 ve Bor (=ZF23) kali-telerinin ,yani Bor katıklı ve Bor'suz Krom - Molibden çelikleri işletme neticeleri karşılaştırılarak gösteril-miştir. Burada ZF örneği 920C° de 0,6 - 0,8 mm derin ve orta dererede tesirli tuzia semente edilmiş, arka-sından hemen sulanarak sertleştiril-miş ve bilâhare 1 saat 180C° de tutu-rak iç gerilimleri alınmıştır.

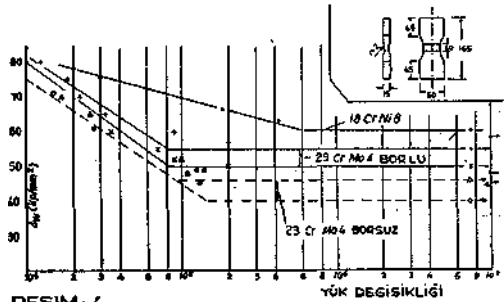
23 CrMo 4

Deney No.	Bor katımı	Görülen çarpma işi kpm/sm ²	Çekirdek dayanımı kp/mm ²
1	yok	2,6 - 3,0	140 - 150
2	yok	3,0 - 4,1	136 - 150
3	yok	3,4 - 3,9	136 - 150
4	var	5,9 - 8,7	145 - 155
5	var	6,7 - 7,6	145 - 155
6	var	6,5 - 8,7	140 - 150
7	var	7,3 - 8,9	140 - 155

Bu deneyde her iki kalitedeki çeliğin mukayesesinin tanı olabilmesi için, gerek imalât, gerekse ısı işlemleri mümkün olduğu kadar aynı şartlar ve aynı durumda işleme tâbi tutulmuş ve neticede Bor elemanının çeliğin özlülüğünü önemli denecek şekilde arttırdığı açıkça isbat edilmiştir. Ayrıca bu-rada Bor'un etkilerinin 23 CrMoB 3 tipi çeli-ğin analitik bileşimi ile sınırlanmadığı da gö-rülmektedir.

Sementasyon çeliklerinin bilhassa pratik-te kullanma bakımından nihai karar verme kriteriumu ise devamlı dayanım deneyleri-dir.

Resim (4) de şekillenmiş yassı örnekle-rin devamlı eğme dayanımı değerleri veril-miştir.



RESİM: 4
YASSI ve PROFİLLİ ÖRNEKTE BÜKME YORGUNLUK DAYANIM

Bazı 23 CrMo 4 örnekleri Borlu ve Bor'-suz olarak 920 C° de orta derecede tesirli se-mente tuzu ile takriben 0,6 mm derin karbon verilmiş ve doğrudan doğruya sertleştiril-miş 18 CrNi 8 örnekleri de aynı zamanda orta tesirli semente tuzu ile 920 C° da ve takriben 0,6 mm derin karbon verilmiş, kutu da açıkta soğutulmuş bilâhare 870 C° de yağda sertleştirilmiştir. Bütün örnekler 180 C° de 1 saat ısıtarak iç gerilimleri alınmış-tır.

Örneklerin deney kesiti yüzeyleri freze edilmiş ve ısı işleminden sonra tekrar işlenmemiştir. Yalnız örnek uçlarının bağlama tertibatındaki yerlerine iyi oturabilmesi için karşılıklı yüzeyleri taşlanmıştır. Deney, Schenck'in yassı eğme ve burma makinasında dakikada 1500 frekansla yapılmıştır. Yükleme de tam bir eğme travers direnci ile yapılmıştır.

Bu şekildeki deneyde Bor alaşımlı çeliklerin aynı analitik bileşikteki fakat Bor'suz çeliklere üstün olduğu görülmektedir. Fakat Nikel alaşımlı çelikler daha uygun neticeler göstermiştir.

Benzeri neticeler MAN fabrikalarında dişlilerin devamlı dayanım deneylerinde de elde edilmiştir. Burada yapılan deney usulünde dişlilerin yüklenmesinde işletme esnasında vaki zorlamalara en yakın olacak şeklin tatbikine çalışılmıştır. Bunun için de Kalıp basınç zımbaları ile iki dişin kavrama esnasındaki karşılaştığı zorlamaya uygun şekilde yük bindirilmesine dikkat edilmiştir. Deneyde tatbik edilen muayene yükü, Wöhler eğrisini analog kopma doğrusuna izlenen yük değişim (yük periodu) adedini verir.

Resim (5) de 17 CrNiMo 6 ve 23 CrMoB 3 kalitelerinin devamlı dayanımları mukayesesi yapılmış olup burada netice olarak Krom-Nikel - Molibden çeliklerinin yük değişim (yük periodu) adedinin Bor alaşımlı çeliklere nazaran ortalama daha yüksek olduğu görülmektedir.

Özet olarak, yakın zamandanberi imâl edilmekte ve satılmakta olan CrMoB sementasyon çeliklerinin bazı önemli faydaları (avantajları) kendisinde topladığı söylenebilir. Şöyleki:

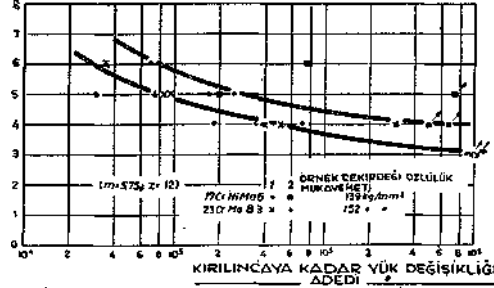
1. Bu çelikler sementasyon ısısından doğrudan doğruya sertleştirilebilir ve bu esnada çok az miktarda bakiye Austenit kalır.

2. Bor katımı ile çeliğin sertlik alma kabiliyeti ve sertleşme derinliği arttığından, bugüne kadar bir çok parçaların imâlinde Krom - Nikel alaşımlı çelik kullanma zorunda kalman yerlerde, bu çeşit çelikler kullanılabilir.

3. Makina parçalarının semente edilmiş haldeki özülülüğü Bor katımı ile daha da iyileştiğinden bugüne kadar az veya çok miktarda Krom, Nikel katıku alaşımlı sementasyon

çeliklerinin yerine bu yeni çelikler kullanılabilir.

4. Semente edilmiş parçaların sürekli dayanımları Bor katımı ile değişikliğe uğramamaktadır.



BESİM 5
DİŞLERİN DEVAMLILIK MUKAVEMETLERİ (YORGUNLUK DAYANIMI)

Bütün bu sayılan özellikler, Bor elemanı katımı ile sadece değerli alaşım elemanları tasarruf edip Ersatz olarak yeni sementasyon çelikleri ortaya konmadığını, bilâkis tam değerinde ve gelişme vaad eden yeni bir buluş olduğunu göstermektedir.

Bor alaşımlı çeliklerde diğer alaşımlı çeliklere nazaran, sulama harareti yükseldikçe sertleşmenin azaldığı görülür. Sür'atli kesme çeliklerine, meselâ % 18 W, % 4 Cr ve % 1 V çeliğine Bor katımı sertleşmeyi ve kesme gücünü arttırırsa da dövme gücünü güçleştirmesi bakımından pek tercih edilmez.

Yüksek oranda Bor katımlı çelikler ise fevkalâde gevrek olduğundan genel olarak makina imalât parçalarında kullanılmazlar. Yalnız % 4 Bor alaşımlı çelik Nükleer reaktörlerde Neutron muhafazasında ayar çubukları olarak kullanılır. Bor elemanı Neutron için yüksek bir Asorption kesiti ihtiva ettiğinden reaktörlerde Neutronları frenleyecek ve onu absorbe edecek en iyi ve en ucuz bir malzeme olarak Bor çelikleri kullanılmaktadır, içinde % 4,75 den fazla Bor bulunan çelikler ise dövülmeye elverişli değildir. Bazı dökme demirlerde Bor miktarı % 6 ya kadar çıkabilir. % 2-4 arasında Bor bulunan çeliklerinde dövülebilmesi için çelikte muayyen bir oranda Alüminyum mevcut olması lâzımdır.

Paslanmaz çeliklere de sertliğini ve ısıya karşı dayanımını arttırmak için Bor ilâve edilir. % 18 Cr ve % 8 Ni alaşımlı paslanmaz

çeliklerde % 1,25 - 1,50 kadar Bor bulunabilir. Daha fazla Bor katımı paslanmaz çeliğin dövülme kabiliyetini azalttığından kullanılmaz. Kopma dayanımı bakımından en uygun Bor oranı % 1 dir. Bor miktarı % 1,5 a yükseldikçe kopma dayanımı da düşer. % 19 Cr, % 14 Ni ve % 1,5 Nb ve % 1 B bileşiminde-- ki bir çeliğin çekme dayanımı 68 kg/mm² ve kopma uzaması da % 25 dir.

Dökme demirde Bor miktarı pek ender ve özel majstatlar için % 0,005 in üstündedir. Bor, döküm demirinde grafit ayrışmasını önlediğinden beyaz demir teşekkülüne yarar. Sert döküm imalinde ve dökümün aşınmaya karşı dayamlılığını arttırmak için katık olarak kullanılır ve dökme demire % 0,01 kadar kaşıdır; keza fazla aşınan yerlerin kaynak edilmesinde Nikel ve Bor alaşımli beyaz döküm demiri kaynak alaşımı olarak kullanı-

lır. Hadde merdanelerinin dökümünde yüzey sertliğini arttırmak ve beyaz kristaller halinde donmasını sağlamak için, döküme % 0,02-0,1 kadar Bor katılır. Normal kır dökümlerde (Esmer dökme demirlerde) Bor arzu edilmeyen işleme sertliğini yaptığı ve çatlamlar meydana getirdiği için kullanılmaz. Bu gibi dökümlere ekseriya emayeli hurda kapların eritilmesinden geçen Bor elemanının eritme esnasında yakarak uzaklaştırmak lâzımdır.

Temper dökümlerinde % 0,001 - 0,005 kadar Bor dökümde, mevcut grafitin küreler şeklinde teşekkülünü ve grafit daneciklerinin iyi dağılmasını sağlar. Keza temper dökümün ısı işlemini de kolaylaştırır. Bu bakımdan ve hurdalardan geçerek temper dökümüne fena tesir yapan kromun zararlarını önlemek için genel olarak temper dökümlerine bir miktar Bor katımı faydalıdır.

Literatür:

M. HANSEN — Der Aufbau der Zweistofflegierungen
E. SIEBSL — Handbuch der Werkstoffprüfung Gesellschaft
Für Elektrometallurgie M. B. H. - Legierungselemente -

Südwestfalen — Technische Berichte A/sgabe September
1961. Druckschriften - Nr. 15 r.

