

Makine ve Metalürji Sanayinde Bor Kullanımı Use of Boron in the Machine and Metallurgical Industry

A. Çahk

Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, İsparta

ÖZET: Bu çalışmada, makine ve metalürji sanayinde bor ve bileşiklerinin kullanımı incelenmiştir. Bor ve bileşiklerinin özellikleri, avantajları ve dezavantajları detaylı olarak araştırılmıştır. Alaşım elementi olarak bor ve bileşiklerinin kullanımı yaygındır. Bor ve bileşikler malzemelerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve metalürjik özelliklerini olumlu yönde arttırdığı tespit edilmiştir. Borlama işlemi ile de malzemelerin yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon direnci gibi özellikler kazanmaktadır. Bor ve bileşiklerinin makine ve metalürji sanayinde yaygın olarak kullanılması için, örnekleri ile birlikte öneriler sunulmuştur. Sonuç olarak, dünya bor ve bileşikleri rezervlerinin yaklaşık % 72'si Türkiye de bulunduğundan bu kaynağın katma değere dönüşümü için kamu ve özel sektöre tavsiyelerde bulunulmuştur.

ABSTRACT: In this paper, using of boron and its compounds in machine and metallurgical industry was examined. Advantages and disadvantages of boron and its compound's properties were investigated. Boron, as an alloy element, and its compounds are used in a wide range. It is determined that, boron and its compounds increases physical, chemical, mechanical and metallurgical properties of materials. With boronizing, materials get some the properties such as high hardness, high wear, less friction coefficient and high corrosion. In order to use boron and its compounds in machine and metallurgical industry efficiently, some suggestions with examples are made. As a consequence, since % 72 of world boron and its compounds reserves are in Turkey, some recommendations are presented for public and private sector for adding this source to national economy.

1. GİRİŞ

Bor, doğada tüm canlıların yaşamlarını sürdürmesi için vazgeçilmez elementlerin başında gelmektedir. Bilim ve teknolojiye hızlı gelişmeler neticesinde dünyada bor kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Bor ve bileşiklerinin, makine ve metalürji sanayide kullanımında katma değerinin çok yüksek olmasından dolayı günümüzün en stratejik madeni bor olmuştur. Bor, periyodik cetvelde atom numarası 5 ve atom ağırlığı ortalama 10,81 olan metal ametal karışımı bir elementtir. Tabiattaki bor atomları dayanıklı B¹⁰ ve B¹¹ izotopundan oluşur. Tabiattaki bileşiklerinde (B¹⁰ ve B¹¹) izotoplannın bulunma oranı yaklaşık 20/80'dir (Kocabaş, 2002).

Bor'un yoğunluğu 2.34 gr/cm³ ergime sıcaklığı 2200 °C, kaynama sıcaklığı 3600 °C ve yan iletken bir elementtir. Bor madeni, ilk bakışta beyaz bir kaya şeklinde olup, çok sert ve ısıya dayanıklı olup doğada serbest bir halde değil genelde tuz bileşikleri şeklinde bulunur. Çok sert ve gevrekliği elmasan sonra ikinci elementtir (Çalık, 2002; Yılmaz, 2002; Şahin, 1999).

Bor mineralleri yapılarında bulunan Na, Ca ve Mg elementlerine göre sınıflandırılarak adlandırılırlar. Na şeklindeki bileşiklerine tinkal (boraks), Ca kökenli bileşiklerine kolemanit ve Na-Ca kökenli bileşiklerine üleksit denir. Bor elementi ikiye ayrılır. Birincisi bor mineralleri (Tinkal, Kolemanit,

A. Çalık

Üleksit ve Propertit)'dir. İkincisi boratlar(Kristal boraks, Susuzboraks, Borikasit,'dir (www.bath.ac.uk/ ;Kalafatoğlu ve Örs, 2003).

Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali bulunmasına rağmen bunlardan ticari önemi olanları şunlardır; tinkal, kolemanit, üleksit, borasit, pandemit, szyabelit, hidroborasit ve kernit'tir (TMMOB Bor raporu, 2002).

2. BOR BİLEŞİKLERİ

Bor, teknolojik ve endüstriyel uygulamalarda daima çeşitli bileşikler şeklinde olup, bileşikler ve bor kimyasalları olarak kullanılmaktadır. Bor oksijenle bağ kurmaya yatkın olduğundan pek çok değişik oksijen bileşiği oluşturmakta ve basitten karmaşığa sonsuz sayıda, değişik molekül yapılarına sahip olabilen, bor oksijen bileşimlerine bilim dünyasında "borat" deni (Yılmaz, 2002).

Bor bileşikleri üç değişik tipte, camı, bileşik (kil, kum gibi başla malzemelerle karışık) ve tabakalı (çoğunlukla kil tabakalarıyla ardalanmalı) yapıda bulunmaktadır. Endüstriyel amaç için üretilen bor minerallerinin %10'u doğrudan mineral olarak tüketilirken geri kalan %90'ı da kısmı bor cevherlerden üretilen bor ürünleri ve bileşikleri (Rafine ürün) elde etmek için kullanılmaktadır (Çalık, 2002; DPT Bor tuzları raporu, 2001).

Bor mineralleri, ham bor, yan mamul bor yada mamul (rafine) bor olarak sunulmakta ve daha çok rafine bor olarak kullanılmaktadır (Çalık, 2002).

3. BOR ALAŞIMLARI

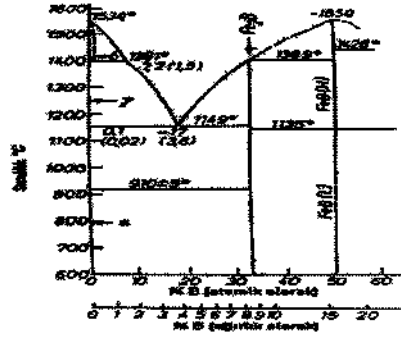
Borun geçiş elementleri olan demir, nikel ve kobalt ile yapmış olduğu alaşımlardır. Bor ve bor bileşikleri makina ve metalürji sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bor demir esaslı malzemelerde alaşım elemanı olarak kullanıldığında borun %0.1 'in altında olması gerekir. Çünkü bu oranın üzerindeki bor miktarları çeliklerin yüksek sıcaklıklarda gevrekleşmesine, dökme demirlerde ise zararlı çatlamalara neden olur. Bor çeliklerde %0.007 oranına kadar sertleşme derinliğini artırır, dökme demirlerde ise %0.005'e kadar grafitin

çekirdekleşmesine ve yapıya uniform şekilde dağılmasına yardım eder (Duman ve Açma, 2004). Boratlar, yüksek sıcaklıkta düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle, özellikle demir dışı metal sanayinin de cüruf oluşturucu ve ergitmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılır. Bor bileşikleri, elektrolitik kaplama sanayinde, banyo bileşimlerinde kullanılmaktadır. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler ise kalay, kurşun, bakır, nikel gibi demir dışı metal banyo bileşimlerinde kullanılmaktadır. 50 ppm'e kadar bor, çeliğe gerekli sertliği verebilir. Özel amaçlar için, çeliğin dış yüzü bor ile sertleştirilebilir. Metal oksitlerin yüksek sıcaklıkta bor içinde kolaylıkla eriyebilmesi, çelik endüstrisinde flüorit yerine borun daha uygun olarak kullanılmasını sağlar. Yüksek fırınlarda boratlar asitliğin azalmasını ve refrakterlenn daha uzun ömürlü olmasını sağlarlar (Ediz ve Özdağ, 2001).

Bor ve bileşiklerinin, metalik malzemelere sağladığı yararları yüksek ısıya dayanım, yüksek mukavemete, yüksek manyetik geçirgenlik, yüksek elastiklik, yüksek yüzey koruma, yüksek kronojik sıcaklığa dayanım, yüksek iletkenlik, yüksek aşınma ve korozyona dayanım, yüksek ısı transferi, yüksek soğurma, yüksek yapışma ve tutunma gibi özellikleri kazandırmaktadır (Duman, 2003).

4. DEMİR-BOR DENGİ DİYAGRAMI

Bor, a, y ve 5 demirinde çok az çözünebilmektedir. a-demirinde 910°C'de maksimum çözünebilirlik 20-80 ppm iken; buna karşılık 1150-1170 °C'de Y- demirinde 55-260 ppm bor çözünebilmektedir. Çözünebilirliğin genişliğini, esas malzemenin saflığı ve tane boyutundaki değişiklikler belirler. Şekil 1'de Fe-B ikili denge diyagramı verilmiştir. Fe ile B arasında Fe₂B (%8.83 B), FeB (% 16.23 B) bileşikleri ve 1149 °C'de , %3.8 B bileşiminde bir ötektik nokta oluşur. Dolayısıyla horlanmış yüzey 1149°C'ye kadar ısıdan etkilenmez. Fe-B sisteminde alaşım elementleri, örneğin %1 C ötektik sıcaklığını 50 °C aşağıya düşürmektedir (Özsoy, 1991; Bozkurt, 1984; Atik, 2001).



Şekil 1. Fe-B denge diyagramı (Özbek, 1999)

Demir-bor ikili faz diyagramına bakıldığında metaller arası iki bileşik görülmektedir. Bunlar FeB ve Fe₂B bileşikleridir. FeB ortorombik kristal yapısına, Fe₂B ise tetragonal kristal yapısına haizdir. FeB'nin bileşiminde %9, Fe₂B'nin bileşiminde ise %16 bor bulunur. İkili denge diyagramına göre, yüzde 9-16 arasında bor içeren alaşımın faz yapısı Fe₂B ve FeB kristallerinden ibarettir. Yüzde 16'dan fazla bor içeren alaşım ise FeB ve B kristallerinden oluşur (Özbek, 1999).

5. ÇELİK ÜRETİMİNDE FERRO BOR

Ferro bor, ağırlıkça % 10-20 arasında bor ihtiva eden demir-bor alaşımıdır. Katı haldeki demir içinde bor sıcaklığa bağlı olarak %0.1-0.15 arasında çözünmektedir. Çeliğe ilave edilen çok düşük oranlardaki bor, hem adi karbon çelikleri ve hem de alaşımlı çeliklerin sertleşebilirliğini arttırmaktadır (www.ism.co.uk/st3.htm)

Sertleşmeyi artırmak için çeliğin içine 5-15 ppm (maximum 30 ppm) bor ilave edilmelidir. Bor, çeliğe ilave edilen diğer sertleştirici elementlerin, örneğin karbon, manganez, krom, molibden gibi sertleştirme derecesini artırır. Çeliğin içine çok az miktarda ilave edilmesi durumunda çeliğin sertliğini arttırması ve diğer sertleştirici elementlerin etkisini de arttırması nedeniyle bor, çelikte kullanılan pahalı alaşım elementleri maliyetinde tasarruf sağlar. Alaşımlı çeliklere %0.001-0.003 arasında bor ilave edilmesi, bu çeliklerin yapısında gerek duyulan Ni, Cr, ve Mo miktarlarını düşürür (Donald E.G., 1998).

Bor'un oksijen ve azot'a karşı affinitesi yüksektir. Bu nedenle bor, çelik içinde çözülmüş olan oksijen ve azot tarafından bağlanır. Bunu önlemek için bor, bu iki elementten korunmalıdır. Bor'u korumak için sıvı çelik; kalsiyum, alüminyum ve silisyum kullanılarak ön deoksidasyona tabi tutulur.

Titanyum ve zirkonyum kullanmak suretiyle de, sıvı çelik içindeki azot giderilir. Bor, çeliğin sertliğini karbür oluşturmak suretiyle artırır. Diğer karbür yapan elementlerle kıyaslandığında, çeliğe aynı derecede sertlik kazandırmak için çok az bor gerekir. Ostenitik çeliklere %0.005 oranında ilave edilen bor, çeliğin yüksek sıcaklık mukavemeti ile sürünme mukavemetini iyileştirir. Yüksek "hız çeliklerinin kesme performansını arttırmak için bu çeliklere de bor ilave edilir. 18-8 Krom Nikelli ostenitik paslanmaz çeliklere ilave edilen bor, çökme sertleşmesi yaparak çeliğin elastik limitini (akma dayanımını) artırır, fakat oksitlenme direncim düşürür (Roskill, 1995).

AISI 321 ostenitik paslanmaz çeliğine %0.01'e kadar bor ilavesi, bu çeliğin 650 °C sıcaklıkta ve 157 N/mm² 'deki çalışma ömrünü 8000 saatten 18000 saate uzatır. Krom-Nikelli AISI 316 paslanmaz çeliklerinde %0.004-0.009 oranlarında bor, şekil verme aralığında (950-1250°C) çeliğin şekil alma kabiliyetini önemli derecede artırır (Etiholding, Ferrobor Raporu, 2003).

Ostenitik ısıya dayanıklı paslanmaz çeliklerde ve ferritik çeliklerde çok düşük oranlarda (%0.002-0.005) bor; titanyum, molibden ve niobyum ile birlikte kullanıldığında çeliğin sürünme özelliklerini iyileştirir.

Yapısında %2,5'e kadar bor bulunan çelikler, nükleer reaktörlerde kontrol çubuğu olarak kullanılır. Bor, haddelenmiş veya tavlanmış haldeki çeliklerde, diğer karbür yapıcılar gibi çeliğin sertliğini arttırmaz. Bu nedenle, bor'la sertleştirilmiş çelikleri işlemek daha kolaydır. Borlu çelikler ilave bir ısı işlem gerektirmezler. Bu da borun diğer bir avantajıdır (Etiholding, Ferrobor Raporu, 2003).

6. DÖKME DEMİRLERDE FERRO BOR

Dökme demirlere bor, ferro bor ilavesiyle verilir. Dökme demirlerin kompozisyonunda bulunan

A. Çalık

bor'un birkaç avantajı vardır. Bor, dökme demirde karbür yapıcıdır. Katılma esnasında teşekkül eden bu karbürler dökme demirin beyaz renkli olmasını sağlar.

Dökme demire %0.03'e kadar bor ilave edilmesi aşınma direncini iyileştirir, %1'e kadar çıkan oranlarda bor ilavesi, sinterlenmiş dökme demirin sinterlenme sıcaklığım büyük ölçüde düşürür. Dökme demirlere %0.02-0.1 arasında bor katılması, dökme demirin yapısında grafitleşmeyi önler, yüzey sertliğini ve su alma derinliğini iletir. Temper dökme demirlere % 0.001 oranında bor ilavesi, dökme demirin tavlanması hızlandırır (Roskill, 1995).

7. AMORF METALLERDE FERRO BOR

Ferro Bor'un kullanım alanlarından biri de amorf metallerin üretimidir. Camsı metaller veya metalik camlar adıyla da anılan amorf metaller, kristalin olmayan bir yapıya sahiptir. Amorf metal, ergimiş haldeki metalin hızlı soğutulmasıyla elde edilir. Ergimiş metal saniyede 1 Milyon Kelvinderce hızla soğutulur. Bu kadar yüksek hızda soğuyan metal katılırken kristalleşmeye zaman bulamaz ve metal amorf halde katılır. Ergimiş metali dönmekte olan soğuk bir bakır silindir üzerine sürekli akıtmak suretiyle bu hızlı soğuma elde edilir. Katılma sonunda teşekkül eden amorf metal, 5 cm'ye kadar geniş ve 0.13 mm'ye kadar kalın olan bir şerit şeklindedir (Etiholding, Ferrobor raporu, 2003).

Amorf metaller ilk olarak 1970'li yılların sonlarında bazı amaçlar için kullanılmıştır. Elektrik transformatörlerinde kullanmaya uygun amorf metaller geliştirmek için dünyada 1980'li yıllarda araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu amaç için geliştirilen amorf alaşımların kimyasal kompozisyonu çok değişiktir. Fakat bunlar temel olarak bor ihtiva eden demirdir. Bu alaşımların kompozisyonunda bor'un atomik yüzdesi 1-12 arasındadır. Bor, alaşıma ferro bor ilave edilerek verilmektedir. Bu alaşımlar geliştirildiği zaman, transformatör laminasyonlarında standart malzeme olabilecekleri söylenmektedir. Eğer bu beklenti gerçekleşirse, dünya ferrobor tüketiminin büyük miktarlara ulaşacağı belirtilmektedir (Roskill, 1995).

Transformatör nüveleri imalatında yıllardan ben kullanılan klasik manyetik çelikler çoğunlukla %3 dolayında silisyum içeren demirdir. Tipik bir amorf metal kompozisyonu ise %78 demir, %13 bor ve %9 silisyumdan ibarettir. Bor, alaşımı amorf halde katılaştırmak için gereklidir (www.jkr.gov.my).

Amorf metal alaşımı yapraklarından yapılan ve elektrik nakil sisteminde kullanılan göbeklerde (çekirdeklerde) enerji kayıplan daha azdır. Amorf metal alaşımından yapılan çekirdekte kaybolan enerji, klasik silisyumlu çelik nüveli transformatörden kaybolan enerjinin dörtte bin ile üçte biri arasındadır (Roskill, 1995).

8. BORLAMA ISIL İŞLEMİ

Metalik malzemeler üzerine bor kaplama işlemi ve bor bileşiklerinin kullanımı, insanlık tarihin en eski teknolojilerinden günümüze kadar kullanıla gelmiştir. Günümüzde bu kullanım sahaları çok daha fazla genişlemektedir, özellikle 400'den fazla endüstriyel alanlarda uygulama alanı bilinmektedir (Çalık, 2002).

Borlama, metallerde sert yüzeyler elde etmek amacıyla uygulanan en önemli termokimyasal yüzey sertleştirme işlemlerinden biridir. Borlama işlemi metalik malzeme yüzeyinin bor atomlanca zenginleştirilmesidir (Sinha, 1991).

Borlama yüzey işlemi ile malzeme yüzeyinde borür tipi seramik fazlar oluşturulur. Çelik ve dökme demir malzemelerde bu fazlar ya tek fazlı Fe₂B, yada çift inter-metalik fazlı Fe₂B+FeB şeklindedir (Yuvedg, 2002).

Borlanmış malzemelerin en önemli özellikleri, yüzeyde yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, yüksek korozyon direnci ve ideal oksidasyon direnci göstermeleridir. Makine sanayinde aşınma ve korozyondan kaynaklanan kayıplar düşünüldüğünde borlama işlemi ile yüzey dayanımı yüksek parçalar üretilebilir (Bindal ve Üçışık, 1999).

Örneğin, mandrenler, torna aynaları, zımbalar, miller, helezon gövdeleri, koruma merdaneleri, yatak kovanları, sevk kızakları, bilyalı mafsallar, kızgın buhar memeleri, konik dişli çarklar (mahrutu

dişliler), sıkıştırma regletleri, kavrama (debriyaj) baskı plakaları, istinat plakaları, rulman hadde silindirleri, rulman kasnakları, devir makaraları, delik ve kalıp zımbalan, ezici ve kanştına diskler, pres kalıplan, pompa pistonlan, pinyon dişliler, sürgü kollan, dişli kutulan, zımbalama aletleri, konik yay diskleri, Transmisyon parçalan, kumanda esnek kollan, supaplar Delikli plakalar, baskı halkalan, pres zımbalan, ince boralar, sonsuz dişliler, kesme mastarlan, civata başlan ve vida dişleri, cüruf filtreleri, somunlar Pompa muhafazalan, pompa gömlekleri (asitlere karşı), vida gövdeleri Beton imal etme parçalan, beton sevk etme parçalan Pulluk demirleri Yataklar, torna aynalan, mandrenler, taraklar, döküm ağızlan, dökme borular, döküm mışalan, kütük kalıplar, (Karaman, 2003).

Termokimyasal borlama işleminin uygulama sıcaklık aralıkları horlanan malzeme bileşimine ve özelliğine bağlı olarak 700-800 °C dir. Demir-çelik türü malzemelere borlama ısıl işlemi uygulayarak malzemelerin akma ve kopma dayanımları % 10-20, yorulma dayanımları % 25 ve korozyonlu yorulma dayanımları % 200 arttırmasına rağmen, malzemelerin plastisite özellikleri olumsuz etkiler (Özsoy, 2001).

9. BORE SASLI YAĞLAR

Bor esaslı yağlar, bor bileşiklerinin çeşitli esterler ve ester türevleri ile sentetik esaslı bileşikler ile fiziksel ve kimyasal reaksiyonu sonucu elde edilir (Erdemir, 2003).

Bu şekilde elde edilen yağlar makine ve aktarma organlarının tamamında kullanılır. Bor esaslı yağların avantajları şöylece sıralayabiliriz. Çok yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Sürtünmeyi ve aşınmayı en aza indirir. Sürtünmeye verdiği gücü performansa dönüştürür. Sürtünmeye harcadığı yakıtı tasarrufu dönüştürür. Sürtünmeyi ve aşınmayı azalttığı için; motorun ömrünü uzatır. Motorun ısısını dengeler. Tüm yağ çeşitlerine uygun olan Motor Silk yağın ömrünü uzatır. Şanzıman, difransiyel dişli gruplarında aşınan yüzeyleri onarır, aşınmaların sebep olduğu sesleri azaltır ve keser (www.motorsilkmrkey.com).

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Makine ve metalürji sanayinde bor ve bileşiklerinin önemli bir yer tuttuğu belirlenmiştir. Böylece bor yeni yüzyılda üzerinde bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapılacak en stratejik maden olduğu tespit edilmiştir.

Günümüzde sanayinin pek çok dalında ham, yan mamul ve mamul borun kullanımı, hızla artmaktadır. Türkiye'de dünya bor madenlerinin %72' ini bulundurduğundan dünyanın bor madeni kapasitesi bakımından en stratejik noktasında bulunmaktadır. Bu hazinemizi en iyi bir şekilde kullanabilmek için YÖK, TÜBİTAK, Üniversiteler, Hükümet, Genelkurmay başkanlığı gibi kurumlar bir araya gelerek bu bor madenlerini iyi bir şekilde değerlendirme çalışmalarını yapmaları gerektiği ortadadır.

Bor sanayi yatırımları devlet tarafından teşvik ve kredi verilerek hızlı bir şekilde kurulması sağlanmalıdır. Bor maden ve bileşiklerinin kullanım alanları ile ilgili akademik çalışmalarla destek verilerek uygulamaya yönelik olanları ödüllendirilmelidir.

Çizelge 1'de borlanabilen ferro alaşımlar ve çizelge 2'de bor ve türevlerinin genel uygulama alanları verilmiştir. Bu çizelgelerden de görüldüğü üzere bor ve türevlerinin kullanılmadığı alan yoktur denilebilir.

Bor ve bileşiklerinin kullanımının yaygınlaştırılması için yapılması gerekli olanları maddeler halinde sıralarsak;

1. Metalürji ve malzeme bilimi sahalanında değişik bor kaplamanın yanı sıra bor esaslı kompozit malzeme üretimi, toz metal parçaların üretimi, zırh malzemesi üretimi vb., yapılmalı,
2. Borlama ısıl işlem uygulamaları için bor verici en uygun bileşimi üretilmeli,
3. Zirai ve gübre uygulamalarındaki borlu bileşiklerin kullanımını araştırmak ve arttırılmalı,

A. Çelik

Çizelge 1. Borlanabilen bazı ferro malzemeler ve kullanım alanları (Karaman, 2003).

Malzeme Numarası	DIN	AISI	Kullanım Alanları
1.0037	St37		Kovanlar, manifoldlar, nakil boruları, darbe plakaları, yatak levhaları, civatalar, çarklar, diş kılavuzları
1.0401	C15 (Ck15)	C1020	Dişli kumlan, pompa saftları
1.0503	C45	C1043	Pimler, taşlama diskleri, civatalar, bilyalar
1.0052	StSO-1		Manivelalar, hamlaçlar
1.0727	45 S 20 (K)	C1138	Bilezikler, miller, zimbalar
1.1191	Ck45	C1042	Helezon gövdeler, hamlaçlar, civatalar, haddeleme silindirleri
1.1730	C 4 5 W 3		Döküm levhalar
1.1740	C 6 0 W 3	W1	Bağlama kelepçeleri, kılavuz çubukları
1.2080	X 210 Cr 12	D3	Pres kalıplan, zimbalar, matrisler (diş kalıplan), burçlar, pleytler, mandrenler
1.2210	115CrV3	C2	Sementasyonlu pimler ve saplamalar, kalıp zimbaları
1.2311	40 CrMnMo 7		Döküm levhalar, bükme çeneleri
1.2343 1.2344	X38CrMoV51 X40CrMoV51	HU H13	Delme takımını. Pistonlar, baskı silindirleri, ağızlıklar (zıvanalar), ingot (kütük) kalıplan
1.2365	X 32 CrMoV 33	H10	Enjeksiyon zimbaları, dövme kalıplan
1.2379	X155CrVMo121	D2	Değişik formlardaki haddeler
1.2419	105 WCr 6		Gravür merdaneleri
1.2436	X 210 CrW 12	D6	Doğrulma merdaneleri
1.2550	60 WCrV 7	S1	Mandrenler, matrisler, çekme ve hadde kalıplan, zimbalar, kalıp bilezikleri
1.2601	X 165 CrMoV 12	D2	Çekme takımını, soğuk haddeleme silindirleri
1.2714	56 NiCrMoV 7	L6	Civatalar, dövme kalıplan
1.2767 1.2842	X45NiCrMo4 90 MnCrV 8	02	Baskı aletleri, bükme kalıplan çeneleri, pres kalıplan, çekme kalıplan, delici zimbalar
1.3505 (2067)	100 Cr 6		Bilyalarda (rulmalar), kılavuzlar
1.3947	X50CrMnNiV229		Miknatslanmayan aletler (avadanlıklar)
1.4006 1.4034	X 10 Cr 13 X40O-13	410 420	Valf parçaları
1.4300	X12CrNi18 8	302	Dişli gövdeleri ve kovanları
1.4401	X 5 CrNiMo 18 10	316	Eleklerin delikli parçaları
1.4410	G-X10CrNiMo18 9		Erkek kılavuzlar
1.4541	X10CrNiMo8	321	Bağlama bilezikleri, besleme memeleri, dişli gövdeleri
1.6580	30CrNiMo8		Haddeleme silindirleri
1.6587	17CrNiMo6	4317	Konik dişli çarklar (konik mahrutlu dişliler)
1.7131	16 Mu Cr 5	5115	Helisel dişliler, kızak yatakları
1.7147	20 Mn Cr 5		Kızak kolonları
1.7225 1.7228	42CrMo4 50CrMo4	4140 4150	Pres matrisleri, ekstrüder sonsuz vidaları, helisel kovanlar ve silindirleri, pistonlar, geri hareket mandalları
1.7707	30 CrMoV 9		Sonsuz dişliler, silindirler, enjektör meme plakları
	Gri pik döküm Örneğin: dG 20		Tekstil makinesi parçaları, bilezikler, kalıplan

A. Çalık

4. Tıp da kanser tedavisinde ve ilaç üretiminde bor ve bileşiklerini kullanmak, nükleer tıp ve farmakoloji anabilim dalıyla ortaklaşa çalışmalar yürütülmeli,

5. Aşınma, sürtünme, korozyon gibi konularda sanayicilere yardımcı olmak için, borlama ısıl işlemleri yaygınlaştırılmalı,

6. Borlama ısıl işlemleri ile elde edilen çok yüksek sertlik, aşınma direnci, korozyon dayanımı ve düşük sürtünme katsayısı gibi sonuçları laboratuvar ölçeceğinden gerçek iş parçası ölçeğinde uygulamaları gerçekleştirilmeli,

7. Bor ve bileşiklerinin enerji boyutunu inceleyebilecek, yakıt hücresi ve yakıt pili şeklinde üretim kullanılabilmelidir.

KAYNAKLAR

Atik, E., 2001 "Çeliklerin Borlanarak Aşınma Dayanımlarının Artırılması" Makine ve Mühendis Dergisi, C. 38, S.445,17-20

Bindal, C. Üçışık, A.H., 1999 "Surface and Coating Technology, Vol 122, s.208-213

Bozkurt, N. 1984 "Bor Yayımlarıyla Çeliklerde Yüzey Sertleştirme" Doktora tezi, İTÜ 1984 İstanbul

Çalık A., 2002. "Türkiye'nin Bor Madenleri ve Özellikleri" Makine ve Mühendis Dergisi, Sayı 508,36-41

Donald E.Garrett., 1998 "Borates" Handbook of Deposits, Processing, Properties and Use, ABD

DPT, 2001 „Bor Tuzları -Trona - Kaya Tuzu - Sodyum Sülfat -Stronsiyum" Çalışma Gurubu Raporu Clit 11, Ankara

Duman, t, 2003 "Bor Madenleri ve Stratejik Bor Ürünleri" Bilim ve Ütopya Dergisi, 114,18-21

Duman, İ., Açma, 2004. "Bor" 1.Ulusal Metalürji ve Malzeme Günleri, Bildiriler Kitabı, OGÜ, Yayın No: 099, 27-28 Mayıs Eskişehir, 313-329.

Ediz N., Özdağ H., 2001. "Bor Mineralleri ve Ekonomisi" DPÜ, FBE. Dergisi, 133-149

Erdemir, A. 2003 "Özel Görüşme'Istanbul Eresin Hotel

Etiholding Ferrobor Raporu, 2003

Kalafatoğlu, E., Örs, N., 2003 "21.Yüzyılda Bor Teknolojileri ve Uygulamaları" BAÜ, FBE, Dergisi, 5.1.Balkesir

Karaman. Y., 2003. "Endüstriyel Borlama ve Tekstil Endüstrisinde Bir Uygulama" Y.Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 121 s. İsparta

Kocabaş, Ş., 2002 "Demirin İçindeki Güç" Eğitim Bilim Dergisi, Sayı, 42, Yıl,5

Özbek, İ., 1999 "Borlama Yöntemiyle AISI M50, AISI M2 Yüksek Hız Çeliklerinin ve AISI W1 Çeliğinin Yüzey Performansının Geliştirilmesi" SAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya

Özsoy, A., 1991. "Çeliğin Budanmasında Borür Tabakası, Geçiş Zonu ve Anamatriksin Özelliklerinin İyileştirilmesi" Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

Roskil, 1995 "Bor Ekonomisi", Raskill Information Services LTD. 2 Clapham Road London SW9 Oja- England Nisan 1995 - Ekim 1995 syf. 145

SinhaAK., 1991 "ASM Handbook" 4, ASM International,Materials Park, Ohio, USA., s.437

Şahin, S, 1999 "Katı Borlama Yöntemi ile Ferrobor Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi" Celal Bayar Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s 86, Manisa

TMMOB Maden Mühendisleri Bor Raporu, 2002

Uzun, H.A., 2002 "Borlam ile Yüzeyleri Sertleştirilen Çeliklerin Aşınma ve Korozyona Karşı Dayanımları" Y.Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 75 s. İsparta.

www.bath.ac.uk/boron .htm

www.maden.org.tr

www.motorsilkurkey.com

www.ism.co.uk/st3.htm.

www.jkr.gov.my.

Yılmaz, A., 2002. "Her Derde Deva Hazinemiz Bor" Bilim ve Teknik Dergisi, Mayıs Sayısı, 38-48

Ku, L.G., Khor, K.A., Sundararajan, G., 2002 "Surface and Coating Technology, Vol 157 , s.226-230

