

X210 Cr 12 Çelik Hurdasından Üretilen Beyaz Dökme Demirin Aşınma ve Darbe Dirençlerinin Artırılması

Mehmet ÇAPA, Turgut GÜLMEZ

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
İstanbul-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 03.07.2000

Özet

Sanayide çimento, cam, toprak, tuğla, kiremit vb. işletmelerde bilhassa kırma ve karıştırma işlemlerinde kullanılan makinaların bu işleri yapan parçaları çok çabuk aşınmaktadır. Dolayısıyla üretim maliyetleri yükselmektedir. Sanayide kullanılan çeşitli aşınmaya dayanıklı malzemeler Tablo-1’de görülmektedir. İzafi aşınma dayanımı yüksek olanların maliyeti daha yüksek olmaktadır.

Bu çalışmada birim aşınma maliyeti düşük olan bir malzeme geliştirilmiştir. Bunun için X210Cr12 çelik hurdası vakumda ergitilerek kokil kalıba dökülmüş, ötektikaltı beyaz dökme demir elde edilmiştir. Daha sonra suverilen parçalar aşınma ve kırılma deneylerine tabi tutulmuştur. Su verilmiş parçaların darbe deneyi sonuçları su verilmemiş parçalardan çok yüksek bulunmuştur. Darbe mukavemeti ise su verilmiş olanda 0,3 kgf.m, su verilmemiş olanda 0,2 kgf.m bulunmuştur, yani % 50 civarında bir artış meydana gelmiştir. Su verilmiş parçaların birim aşınma maliyetleri de % 35 daha aşağıya inmiştir.

Anahtar Sözcükler: Aşınma, Birim aşınma maliyeti, Ötektikaltı beyaz dökme demir, Aşınmaya karşı dayanıklı.

A study on Increasing the Wear and Impact Resistance of White Cast Iron Produced by Remelting X210Cr12 Tool Steel

Abstract

Wear is a serious problem in the components of machinery, particularly those used in the mixing and crushing of soil, cement, glass, bricks, etc. Excessive wear causes a consequential increase in the costs of production and maintenance for the firms involved in this type of business. Various wear resistant materials used in industry are seen in Table 1. White iron castings are generally regarded as a good selection for many applications to minimize the wear problem. The present work describes studies on developing a wear resistant material with low wear rate per unit cost. The scrap of X210Cr12 high carbon, high alloy tool steel was remelted and cast in ingot form by using an induction furnace under vacuum conditions and hypo-eutectic white cast iron was produced. Some of material was then exposed to a quenching and tempering heat treatment. Wear resistance and toughness tests of specimens yielded better results for quenched and tempered condition of white cast iron. In impact tests the impact energy of quenched and non-quenched specimens was found to be 0.3 kgf.m and 0.2 kgf.m respectively. It was also determined that a decrease in the relative wear rate per unit cost of quenched and tempered specimens in 35% was maintained with respect to other wear resistant materials.

Key Words: Wear, Wear rate per unit cost, Hypo-eutectic white cast iron, Abrasion resistant.

Giriş

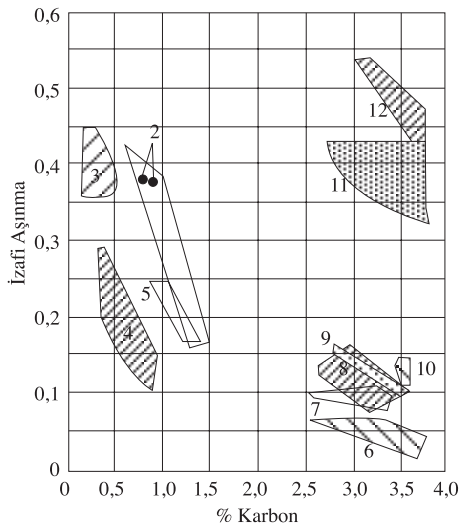
Cevher hazırlama, cam, porselen, toprak ve kimya sanayiinde aşındırıcı maddeleri öğütme, nakletme, püskürtme, kırma ve karıştırmak için kullanılan makinaların aşınmaya maruz parçaları,

çoğunlukla daha ekonomik olan döküm yöntemiyle beyaz dökme demirden imal edilmektedir. Bu türden belli başlı örneklerin kimyasal bileşimleri Tablo-1 de, aşınma özellikleri de çeliklerinkiyle karşılaştırmalı olarak Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tipik Beyaz Dökme Demirler ve Kimyasal Bileşimleri [ASM, Metals Handbook,1961 Röhring, K.,1976]

%	C	Si	Cu	Cr	Ni	Mo
Perlitik (Alaşımız)	3,3-3,6	0,4-1,0	0,5-0,7	-	-	-
Martenzitik krom-nikelli	3,0-3,6	0,4-0,7	0,4-0,7	1,4-3,5	4,0-4,75	-
Martenzitik krom-molibdenli	3,2-3,6	0,3-0,8	0,7-1,0	14,0-16,0	0,0-1,2	2,5-3,0
Martenzitik yüksek kromlu	2,75-2,85	0,25-1,0	0,5-1,25	24,0-30,0	-	-

Not: Martenzitik dökme demirlerde, bileşime ve soğuma şartlarına bağlı olarak artık ostenit bulunur. Düşük soğuma hızlarında beynit, hatta perlitte rastlanabilir.



Şekil 1. Çeşitli Demir Esaslı Malzemelerin Aşınma Davranışları. [Röhring, K.,1976]

1. % 12’lik Mangan sert çeliği
2. Alaşımız dökme çelik, perlitik,
3. Islah edilmiş hadde mamulü çelikler,
4. Islah edilmiş halde Cr-Mo’li dökme çelik,
5. 6 Mn/1 Mo Mangan sert çeliği,
6. 15 Cr-Mo Beyaz dökme demir, sertleştirilmiş,
7. 12-20 Cr-Mo Beyaz dökme demir, döküm durumunda,
8. 26 Cr Beyaz dökme demir, sertleştirilmiş,
9. 4 Ni / 2 Cr beyaz dökme demir, Martenzitik,
10. 6 Ni / 9 Cr beyaz dökme demir,
11. 15 Cr beyaz dökme demir, perlitik,
12. % 1.8 Cr beyaz dökme demir, perlitik.

Bilindiği gibi beyaz dökme demirin iç yapısı, sürekli karbür fazını içeren ötektik ile dentritik görünüşte ostenit, perlit veya martenzit ana kütlelerinden oluşur. Karbürler alaşım elementlerinin cins ve miktarlarına bağlı olarak aşınmaya dirençli, çok sert içyapı bileşenleridir. Bunlardan öncelikle krom karbürler, sementite (Fe_3C) nazaran daha yüksek aşınma dayanımına sahiptir. Ayrıca korozyona dayanıklılığı da yükselten kroma ek olarak, mangan, nikel, molibden vb. alaşım elementlerinden malzemenin sertleşme kabiliyetini artırmak için yararlanılır. Ancak alaşım elementlerinin gerektiğinden fazla kullanımı maliyet yükselmesine ve kaynak israfına yol açar. Dolayısıyla bu çalışmada, soğuk iş takım çeliği olarak yaygın şekilde kullanılan X210Cr12 çeliğinin hurdasından, benzer bileşimli beyaz dökme demir üretimi üzerinde durulmuştur. Böylece çelik üreticileri için değersiz olan bu hurda, önemli bir katkı yapmadan, aşınmaya dayanıklı ve ucuz bir malzemeye dönüştürülmektedir.

Elde edilen sözkonusu dökme demirin, Şekil 1’den görüleceği gibi literatüre fazla yansımamış olan özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve diğer çok kullanılan aşınmaya dayanıklı malzemelerle karşılaştırılmıştır.

Deneyleler

Eritme ve döküm

X210Cr12 çelik hürdası 1 kg’lık endüksiyon ocağında vakum ortamında eritilerek bakır kokile dökülmüş ve böylece 12 mm kalınlığında ingot elde edilmiştir.

Deney parçalarının hazırlanması

Dökülen ingot bir elektro-erozyon tezgahında kesilerek, mekanik deneyler için kullanılacak parçalar taşlanmak suretiyle istenilen boyutlara getirilmiştir.

Isıl işlem

Deney parçalarının bir bölümüne, 875°C'da 1,5 saat tutarak, yağda suverilmiş, daha sonra bunların bir kısmı ayrıca 200°C'da 2 saat temperlenmiştir.

İç yapı incelemeleri

Metallografik incelemeler Hazırlanan parçalar döküm veya ısıl işlem görmüş durumda, optik metallografik mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Bunun yanısıra dendritik bölgelerin karbon derişikliği, tarayıcı elektron mikroskobunda dalga boyu dağılımlı mikro-analiz sistemiyle belirlenmiştir, ilgili iç yapılar Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de görülmektedir.

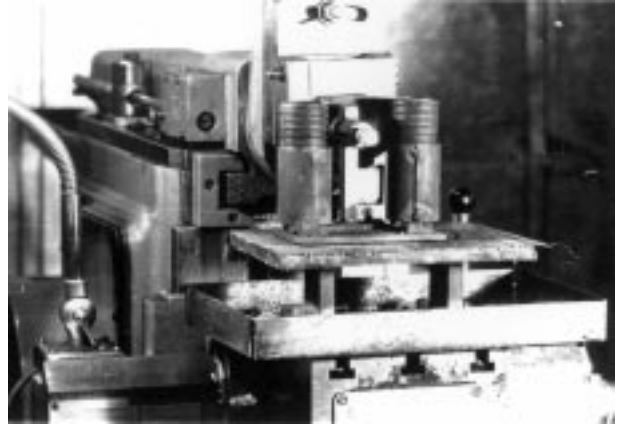
X-Işını difraksiyonu İç yapı yorumunu kolaylaştırmak amacıyla X-ışını difraksiyonundan yararlanarak, ısıl işlem öncesi ve sonrasına ait faz analizleri yapılmıştır, Şekil 6 ve Şekil 7'de elde edilen difraksiyon grafikleri görülmektedir.

Mekanik deneyler

Sertlik ölçümleri Çeşitli işlemlerden önce ve sonra numunelerde makro ve mikro sertlik dağılımları saptanmıştır.

Darbe deneyleri 9x9x120mm³ boyutlarında, kokil döküm yapılımış, suverilmemiş ve suverilmiş + temperlenmiş içyapılarda çentiksiz olarak hazırlanan deney parçaları üzerinde izod yöntemiyle darbe deneyleri yapılarak kırılma enerjileri bulunmuştur.

Aşınma deneyleri Bu deneyler 11x11x23mm³ boyutlarındaki parçalar üzerinde, bir planya tezgahına eklenen bir aparat yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 2'de görülmektedir. Aşındırıcı olarak 320 numara su zımparası kullanılmış, herbir parçanın 11x23mm²'lik yüzeyine dik olarak 1,5 kg'lık basma yükü uygulanarak zımpara ile belli bir süre aşındırılmıştır. Değerlendirme, malzeme ve iç yapıları farklı numuneler aynı süreyle aşındırılıp, ağırlık kayıpları ölçülerek, aşınma direncine esas olan değerler elde edilmiştir.

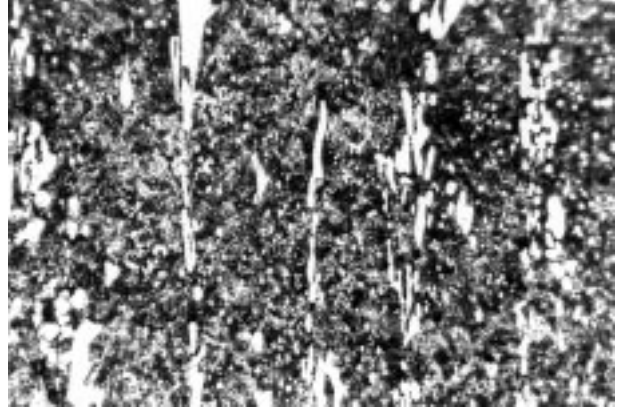


Şekil 2. Aşınma Deney Makinası.

Deney Sonuçları

Kimyasal bileşim ve içyapılar

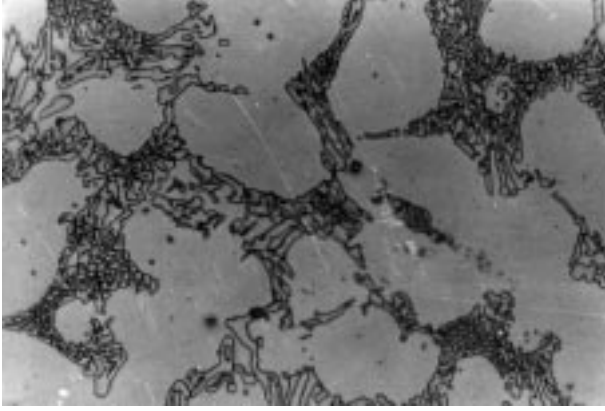
Döküm malzemenin kimyasal bileşimi Tablo-2'de verilmiştir. Şekil 3, başlangıç malzemesi olarak kullanılan X210Cr12 çeliğinin içyapısını, Şekil 4 bunun yeniden eritilip dökülmesiyle elde edilen döküm yapısını ve Şekil 5 ise dökümden sonra suverilmiş durumdaki içyapıları göstermektedir.



Şekil 3. Haddelenmiş X210Cr12 çeliğinin içyapısı Temperlenmiş martenzit+karbürler.

Tablo 2. Döküm malzemenin kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
2.10	1.03	0.59	0.023	0.025	11.2	0.59

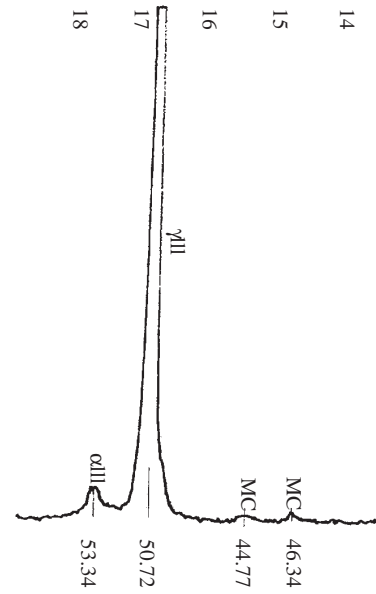


Şekil 4. Yukarıdaki malzemenin yeniden ergitilerek kokil kalıba dökülmesiyle elde edilen beyaz dökme demirin içyapısı:
Ana kütle: Ostenit dendritleri
Ötektik : Sürekli birincil karbür fazı + kısmen dönüşmüş ostenit taneleri.

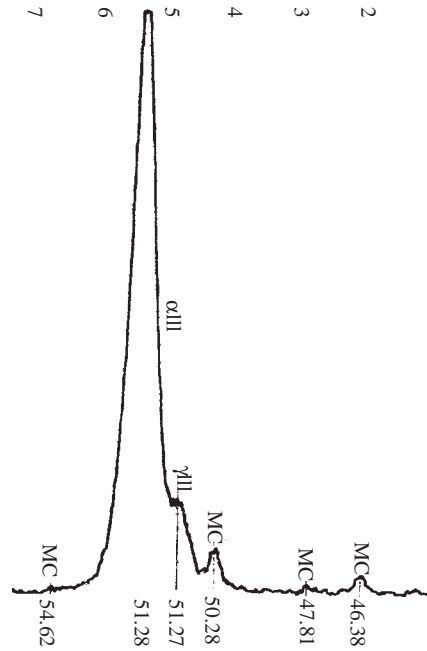


Şekil 5. Şekil 4'deki dökme demire su verildiğinde elde edilen içyapısı
Ana Kütle : Martenzit + İkincil karbürler (artık ostenit)
Ötektik : Birincil karbür + Martenzit.

Şekil 4 ve Şekil 5'deki iç yapı bileşenlerini doğrulayan X-ışını difraksiyonu grafikleri de Şekil 6 ve Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 6. Ötektikaltı Beyaz Dökme Demir, döküm halinde X-Işını Difraksiyon Pikleri, (Soldan sağa) Dönüşmüş ostenit, ostenit ve birincil karbürler.



Şekil 7. Ötektikaltı Beyaz Dökme Demir, su verilmiş halde, X-Işını Difraksiyon Pikleri, (Soldan sağa) Martenzit, artık ostenit ve karbürler.

Tarayıcı elektron mikroskobu mikro analiz sonuçlarına göre, döküm durumunda ostenit dendritlerindeki karbon derişikliği enfazla% 0,9-1 iken, aynı bölgede suverme sonrası% 1,3-1,4 düzeyine ulaşmaktadır.

Mekanik özellikler

Döküm sonrası makro sertlik ortalama Rockwell-C olarak 42, mikro-sertlik değerleri ise ostenit dendritleri için VSD_{0,015}olarak 310-350, ötektik için 500-550 arasında bulunmuştur. Sıvı azotta soğutma işlemi sonunda bu sertliklerde herhangi bir değişiklik olmamıştır. Buna karşılık su verme (Bölüm 1.3'teki ısı işlem) sonrası makro sertlik ortalama 61 RC düzeyine yükselmiştir.

Darbe deneyleriyle belirlenen kırılma enerjileri döküm durumu için 0,2 kgf.m, su verme sonrası ise 0,3 kgf.m'dir. Ayrıca 200°C de temperleme işleminden sona yapılan darbe deneylerinde kayda değer bir kırılma enerjisi artışı meydana gelmemiştir.

Aşınma deneylerine göre, RC sertliği 52 olan (C:% 3,86) alaşımsız perlitik beyaz dökme demirin aşınması 100 alındığı taktirde, araştırma konusu (C:% 2,1-Cr:% 11,2) beyaz dökme demirin aşınması, döküm durumunda izafi aşınması 90, suverme sonrası ise izafi aşınması 58 olarak tesbit edilmiştir. Görüldüğü gibi her iki durumdaki aşınma direnci değerleri perlitik kır dökme demirden daha yüksek bulunmuştur.

İrdeleme

İncelenen malzemenin ergimiş durumundan hızlı soğutulmasına rağmen, ana kütleinin büyük ölçüde ostenitten oluşması üzerinde durulması gereken bir noktadır. Bu olgu M_s sıcaklığının çok düşük olmasına bağlanabilir. Döküm yapısı ve sertliğinin sıvı azotta soğutma ile değişmemesi M_s < -196°C olduğunu göstermektedir. M_s sıcaklığının bu ölçüde alçalmasının, başta ostenitte çözünen karbon miktarının fazlalığı olmak üzere, yüksek krom oranı ve aşırı ostenit sıcaklığından(sıvı durumdan soğuma esnasındaki) kaynaklandığı söylenebilir. Ostenitteki C ve Cr derişikliklerinin yüksekliği hızlı soğuma sonucu ortaya çıkan metastabil yapı ile şu şekilde ilişkilidir.

Metastabil katılaşma: Hızlı soğutma, sıvıdan ayrılan ostenit dendritlerinin denge durumundaki karbon derişikliğine erişmesini önler ve birincil karbür miktarını artırır. Yeterli süre tavlama ile denge yapısına yaklaşma sonucu, dendrit bölgelerindeki % 1,3-1,4 C miktarının döküm

yapısındaki % 0,9-1 değerinden yüksek oluşu bunu kanıtlamaktadır.

Katı durumdaki metastabil yapı: Katı durumda yavaş soğutma yapılması halinde ostenitten ikincil karbürler ayrışabileceğinden 875°C'da ostenitte çözünen karbon miktarı % 0,4 dolayına düşer(Dodd, J., 1967 ve Forgeng, W.D.,1948). Buna paralel olarak çözünmüş krom miktarı da azalır. Görüldüğü gibi hızlı soğutma ostenitin karbon ve kromca aşırı doymasına yol açmaktadır. Dolayısıyla pratikte yavaş soğutma ile beynit ve perlit gibi nisbeten yumuşak dönüşüm ürünleriyle karşılaşmak pahasına da olsa, ikincil karbürlerin ayrışmasına fırsat vererek dönüşmemiş ostenit miktarını azaltmak ve bu arada daha fazla martenzit oluşturmak mümkündür. Bu çalışmadaki döküm şartları altında ise martenzit sadece karbürlere komşu ostenit bölgelerinde karbon azalması sonucu, öncelikle ötektik yapı içinde oluşabilmektedir. 875°C'da tavlayıp yağda su verme ile martenzit oranının büyük ölçüde artması, yukarıda söylendiği gibi ikincil karbürlerin ayrışıp, ostenitteki C ve Cr yüzdelerinin düşmesine bağlı olarak M_s'in oda sıcaklığının üzerine çıkması ile açıklanabilir. Bu arada dendritik bölgede bulunan % 1,3-1,4 C derişikliğinden ostenitin payına düşenin yalnız % 0,4 dolayında olduğu, geri kalanının aynı bölgede ince dağılmış ikincil karbürlere ait olduğu unutulmamalıdır.

Su verme sonucu sertliğin % 50 artmasına karşın, kırılma enerjisinin de yaklaşık aynı oranda yükselmesi üzerinde durulması gereken bir diğer ilginç noktadır. Bu olumlu değişim birincil karbür ağının sürekliliğinin bozulmasına ve ince ikincil karbürlerin nisbeten düşük karbonlu martenzitik ana kütle içinde dağılmasına bağlanabilir(Şekil 5).

Alaşımsız perlitik beyaz dökme demirin aşınma oranını ve maliyeti 100 alındığı taktirde, yüksek dayanımlı malzemelerden % 27 Cr'lu ve % 15 Cr +3 Mo'li beyaz dökme demirlerin izafi aşınma oranları, kullanma şartlarına bağlı olarak ortalama 45-55 mertebesine düşmekte, ancak maliyetleri ise 190+50(ısı işlem)=240 dolayına yükselmektedir (ASM, Metals H.1961 ve Forgeng, W.D.,1948, ile Diesburg, D.E., 1976). Bu çalışmada X210Cr12 çelik hürdasından elde edilen beyaz dökme demirin aşınma oranının, benzer değerlendirme yöntemiyle izafi aşınma oranı 58 bulunduğu ve hürdanın ucuzluğu nedeniyle döküm maliyetinin perlitik dökme demir maliyetini hiç bir zaman aşmayacağı, dolayısıyla ısı işlemli maliyetinin de en fazla 100+50 olacağı dikkate alındığında, diğer alaşımlı beyaz dökme

demir malzemelere göre çok özel haller dışında yaklaşık % 35 ekonomi sağlama imkanı doğmuş ol-

maktadır (ASM, Metals H.1961 ve ÇAPA, M., 1990).

Kaynaklar

ASM, Metals Handbook 1, 8th edition, Metals Park, Ohio, USA, 394, 1961.

Çapa, M., "On the abrasion resistant cast iron with 2.1 % Carbon." Journal of Materials Science Letters, 9 1099, 1990.

Die Verschleissfesten Ni-hard-werkstoffe, International Nickel, Düsseldorf, 1967.

Diesburg, D.E., Rhring, K. Ober die Risszühigkeit von Chrom-Gusseisen, Gisserei 63, 25, 1976.

Dodd, J., Parks, J.L., "Factors affecting the production and performance of thick section high Cr-

Mo alloy iron castings", Amax Climax Molybdenum Company Publication, Düsseldorf., 1976.

Forgeng, W.D., "Carbon-Cromium-Iron", ASM, Metals Handbook, Ohio, USA, 1248, 1948.

Röhring, K. "Konstruieren & Giessen Nr.3/76 der Zentrale für Gussvewendung, Verschleissfeste Hoch-Cr-Mo Legeierte Gusseisen-werkstoffe", Amax Climax Molybdenum Company, Düsseldorf, 1976

VDG Merbblatt W 41: Verschleissfeste Carbidische Gusseisensorten, Verein Deutscher Giessereifacleute, Düsseldorf, 1972.