



25 - 27 October / Ekim 2018

TÜYAP Fair, Convention & Congress Center, **İstanbul**

TüDöKSAD Akademi **10. Uluslararası Döküm Kongresi / 10th International Foundry Congress** by Tudöksad Academy

In conjunction with **ANKIROS / ANNOFER / TURKCAST** fairs

**«Savurma Döküm Yöntemiyle Üretilen Döküm Parçalarda Aşınma Dayanımının
DeneySEL Olarak Araştırılması»**

**«Wear Resistance Properties Of Mill Rolls Produced By Centrifugal Casting
Technique»**

Oğuzhan Güler, Tuna Arın (Entil Endüstri)

2.Oturum / 2nd Session

Oturum Başkanı / Session Chairman: Bülent Şirin (Döktaş Dökümcülük)



Savurma Döküm Yöntemiyle Üretilen Döküm Parçalarda Aşınma Dayanımının Deneysel Olarak Araştırılması

Hazırlayanlar: Oğuzhan Güler, Dr. Tuna ARIN
ENTİL End. Yat. Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi/Eskişehir
Ekim 2018

GİRİŞ

- Öğütücü merdaneler , un değirmenlerinde (vals makinaları) kullanılan, öğütmede en önemli işleve sahip parçalardır.
- Santrifüj döküm yöntemi ile üretilen bu parçalar, içi gri dökme demir dışı ise beyaz dökme demirden oluşan, çok katmanlı merdanelerdir.
- Santrifüj döküm yöntemi, metalik merdanelerin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir teknik olup, düşük enerji tüketimi, daha az çevre kirliliği, basitlik ve yüksek verim gibi avantajlara sahiptir.

TEORİ

- Dış katmanı oluşturan beyaz dökme demirin matris yapısındaki perlitik ve ledeburitik sementit yapı, öğütme işlemi sırasındaki aşınma dayanımına ve iç bölgedeki gri dökme demir yapı ise merdane üzerine gelen radyal yüke dayanıma olanak sağlar.
- Aşınma dayanımı, öğütücü merdanelerin imalatında kullanılacak olan doğru malzemelerin seçiminde göz önünde bulundurulmuş en önemli parametredir.
- Sertlik, mikro yapı ve kimyasal kompozisyon, merdanelerin aşınma dayanımı özelliklerinin oluşumunda önemli rol oynarlar

TEORİ

- Beyaz dökme demir, yüksek aşınma dayanımı, düşük maliyeti ve üretim kolaylığından dolayı, çok uzun zamandır yaygın olarak kullanılan bir malzeme olmuştur.
- Aşınma dayanımı sadece eriyikten ayrışıp çökelen karbürlerin miktarı ve dağılıma bölgesi morfolojisine değil, aynı zamanda matris yapısına da bağlıdır.
- Bazı çalışmalar, beyaz dökme demirin aşınma dayanımında, karbürlerin ve tek matris fazlarının etkisini tartışırken, çift fazlı matrislerin aşınma dayanımını arttırdığını anlatan birkaç çalışmada bulunmaktadır.

TEORİ

- Yüksek kromlu beyaz dökme demirlerin, mükemmel aşınma dayanımı, ledeburitik sementitin morfolojisi, dağılımı, miktarı ve tipine, ayrıca kısmen de olsa matrisin mikro yapısına bağlıdır.
- Yüksek kromlu beyaz dökme demir genellikle yüksek aşınma direncine ve yüksek dayanım özelliklerine sahiptir.
- Ayrıca, yüksek kromlu beyaz dökme demirler, düşük kromlu beyaz dökme demirlere göre daha yüksek dayanım değerlerine sahiptir. Dayanım değerlerinin yüksek olması özellikle, kırma ve öğütme işlemi sırasında hasar oluşumunu önlemesi açısından çok önemlidir.

TEORİ

- Genellikle, yüksek kromlu beyaz dökme demirlerde, karbürler M_7C_3 tipinde olup, burada “M”, Fe, Cr ve diğer karbür yapıcı alaşım elementlerini ifade etmektedir.
- Bu, ötektik altı dökme demirler, katılaşmaya dendritik östenit (γ) çekirdeklenmesi ile başlayıp, ötektik parçalanma ürünü olan $\gamma + M_7C_3$ karbürleri oluşumu ile devam ederler. Soğuma esnasında, aynı karbürlerin önemli bir bölümü, karbon çözünürlüğünün azalması sonucu çökler.
- Düşük kromlu beyaz dökme demirler gevrek malzemeler olarak kategorize edilmişlerdir.

TEORİ

- Ancak, yüksek kromlu beyaz dökme demirin, yüksek alaşım elementi (Cr) sebebiyle, döküm maliyeti, oldukça yüksektir. Böylelikle, düşük döküm maliyetli, ancak yüksek aşınma dayanımına sahip, düşük kromlu beyaz dökme demirler her zaman pratik öneme sahiptir.
- Nadir toprak elementleri kullanarak modifikasyon yolu ile veya ısı işlem uygulamaları ile düşük kromlu beyaz dökme demir malzemelerde, ötektik $(Fe,M)_3C$ karbürlerinin morfoloji ve dağılımını değiştirmek, dolayısıyla aşınma dayanımını geliştirmek, mümkündür.

MALZEME VE METOD

- Çalışma sırasında, un değirmenlerinde kullanılan 250 mm. dış çaplı, 110 mm. mil çaplı ve 1260 mm. boyunda, santrifüj döküm yöntemi ile üretilen çift katmanlı kırıcı merdane kullanılmıştır.
- Dış katman düşük kromlu beyaz dökme demir, iç katman ise gri dökme demir olup Optik Emisyon Spektrometresi (ARL Metal Analyser OE [USA]) ile ölçülen katmanların kimyasal analizleri Tablo 1' de verilmiştir.

MALZEME VE METOD

- Merdane üzerinden tel erozyon yöntemi ile alınan numunelere mikroyapı,
 - Sertlik (Equotip proceq SA [CHE]),
 - Charpy darbe dayanımı (WPM Psd 300/150-1[DE]),
 - Aşınma deneyi (Bruker UMT2 [USA]) ve
 - Yüzey pürüzlülüğü (Veeco Dectac 6M [USA]) testleri uygulanmış,
- veriler ışığında kırıcı merdanenin mikro yapısal ve mekanik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

- Çift katmanlı kırıcı merdanenin optik emisyon spektrometresi ile belirlenen kimyasal analizi aşağıda yer alan Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Kırıcı merdane kimyasal analizi

	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo	%Cu
Sert	3,60- 3,80	0,70- 0,90	0,60- 0,80	0,020- 0,030	0,040- 0,060	1,5- 1,7	0,4- 0,7	0,15- 0,35	0,1- 0,2
Yumuşak	3,20- 3,40	2,00- 2,30	0,20- 0,40	0,020- 0,030	0,040- 0,060	0,06- 0,08	0,02- 0,05	0,001- 0,005	0,05- 0,10

- Sert katmanın Cr oranı yaklaşık %1,5 seviyesinde olup kırma yüzeyi düşük kromlu beyaz dökme demirden oluşmaktadır. Bu sebeple karakterizasyon test ve analizleri bu katman üzerinden gerçekleştirilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

- Numuneler, öğütücü silindirin, tel erozyon yöntemi ile, kırma düzlemi boyunca, eşit mesafelerde, Şekil 1' de belirtildiği gibi dilimlenmiş ve dilimlerin kırma yüzeylerinden numunelerin alınması ile elde edilmiştir.

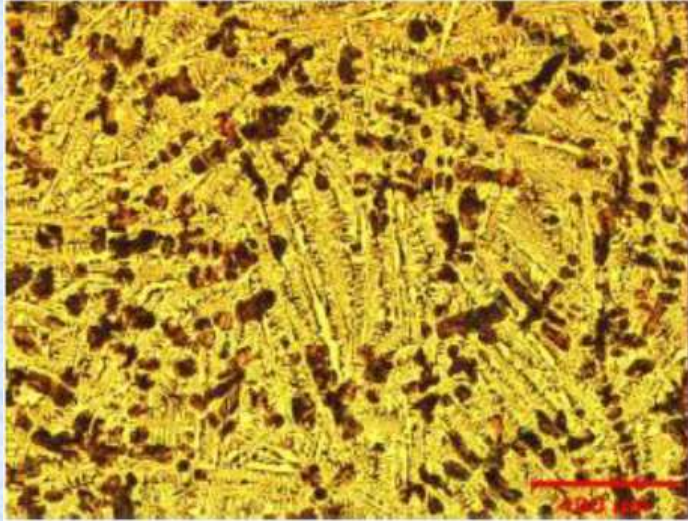


Şekil 1: Tel erozyon yöntemi ile dilimlenen kırıcı merdane

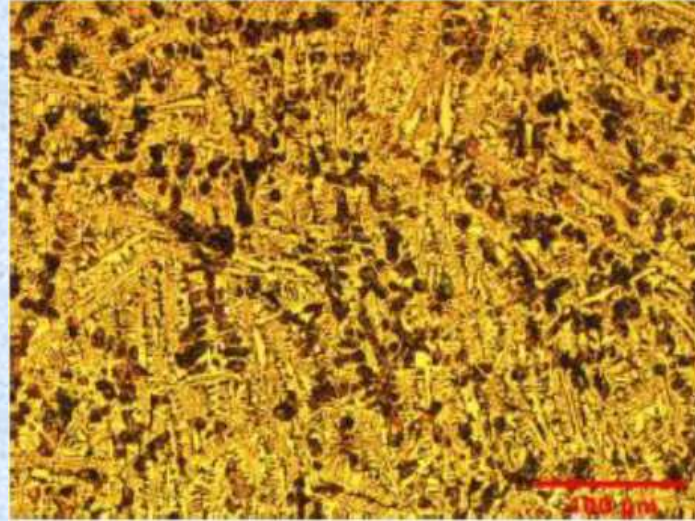
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

- Mikro yapı analizi için numune hazırlama işleminde, sırasıyla 500-800-1200-2500 mesh'lik kağıtlarla zımparalama, 1 μm . elmas pasta ile parlatma ve Nital 2 ile dağlama yapılmıştır.
- Her bir numunenin mikro yapı analizi (a-e) aşağıda yer alan Şekil 2' de görölmektedir.

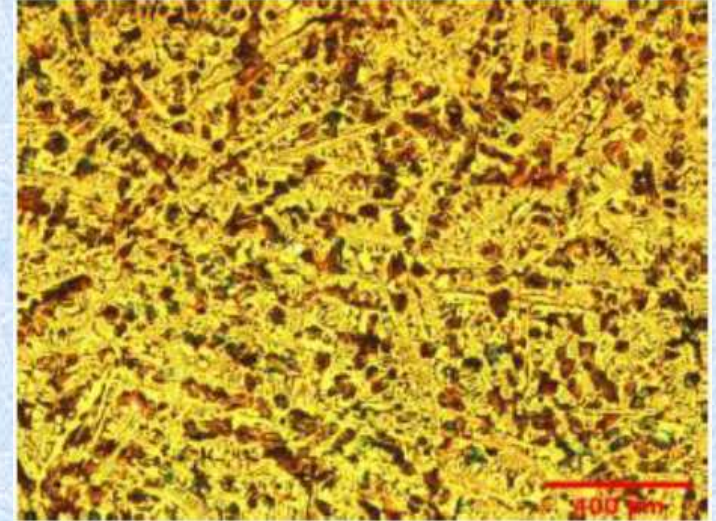
DENEYSEL ÇALIŞMALAR



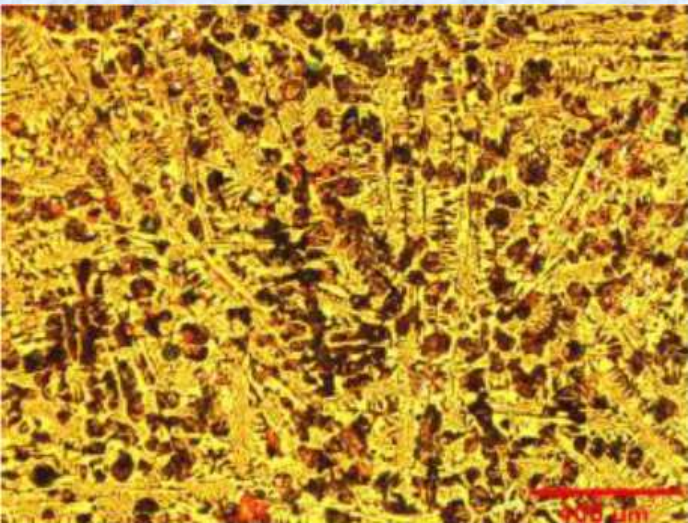
a



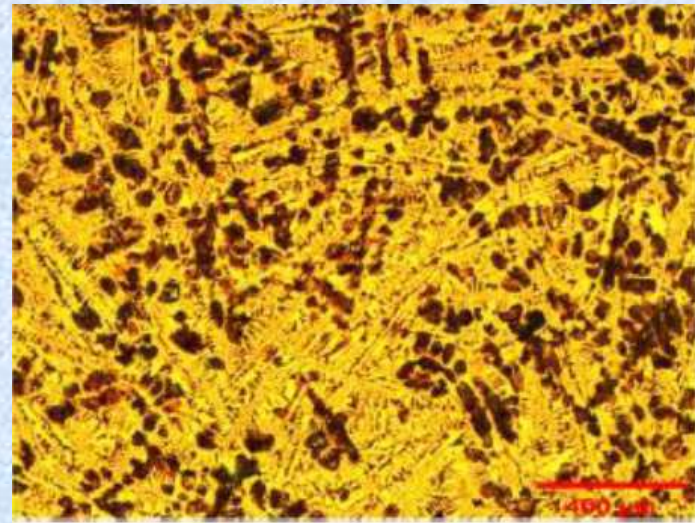
b



c



d



e

Şekil 2: Numune 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4(d) ve 5(e) mikro yapı görüntüleri (X50)

SONUÇLAR

- Savurma döküm yöntemi ile üretilen çift katmanlı kırıcı merdanenin kırma yüzeyi olan, düşük kromlu beyaz dökme demir katmana uygulanan mikro yapı ve mekanik deneyler sonucunda kırıcı merdane karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir.
- Sertlik (TS EN ISO 6508-1:2015), darbe (TS EN ISO 148-1:2017) ve yüzey pürüzlülüğü ile aşınma miktarı (ASTM G133-05) deneyi sonuçları aşağıda, Tablo 2 de yer almaktadır.

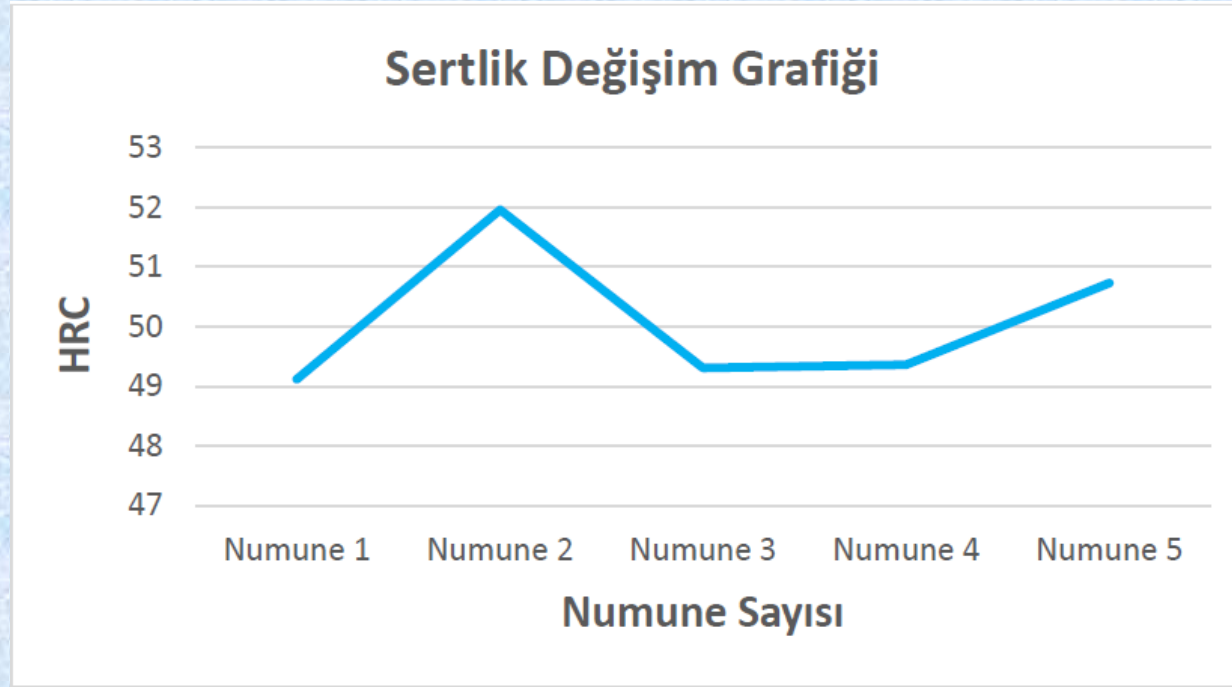
SONUÇLAR

Tablo 2: Sertlik, Darbe ve Yüzey Pürüzlülüğü ile Aşınma Miktarı Deneyi Sonuçları

	Sertlik Deneyi Sonuçları (HRC)	Darbe Deneyi Sonuçları (Joule)	Aşınma Miktarı (mm ³ Nm)	Profilometre max. derinlik değerleri (µm.)
Numune 1	49,12	3,6	3,41240x10 ⁻⁵	5,40
Numune 2	51,96	3,7	3,38094x10 ⁻⁵	5,21
Numune 3	49,31	3,6	3,31761x10 ⁻⁵	5,25
Numune 4	49,36	3,6	3,31760x10 ⁻⁵	5,74
Numune 5	50,73	3,5	3,90489x10 ⁻⁵	6,31

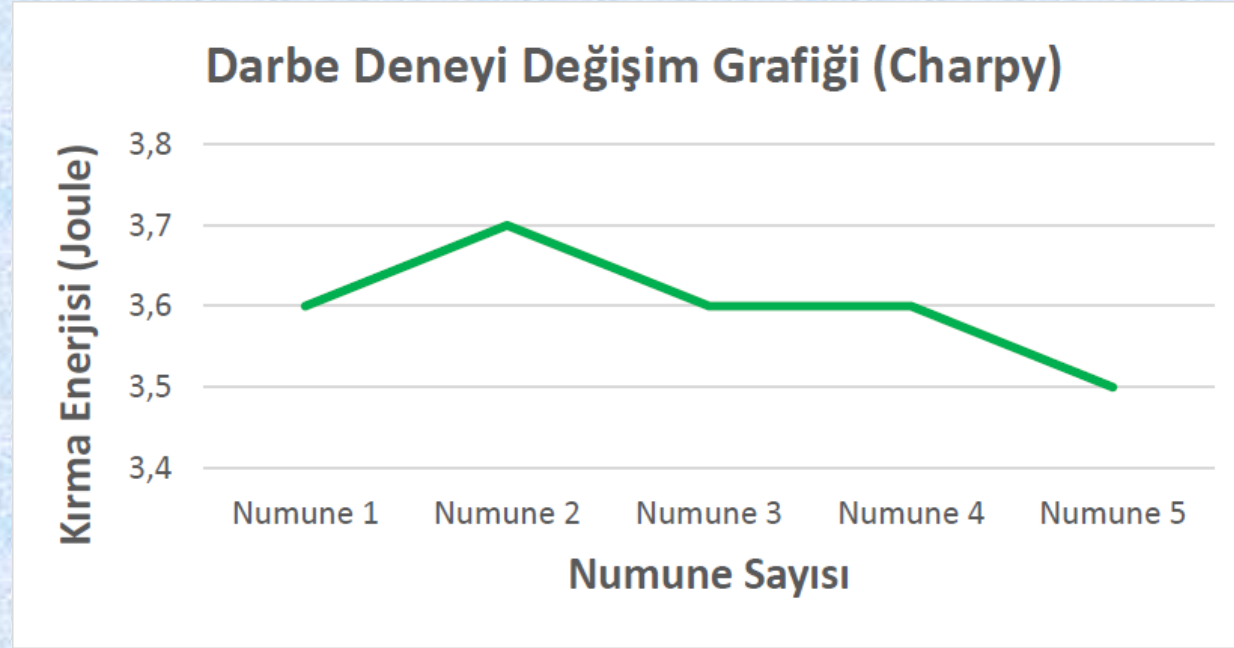
Tablo 2 de verilen değerler ışığında merdane kırma düzlemi boyunca aşağıda Şekil 3, 4 ve 5’de verilen grafikler oluşturulmuştur.

SONUÇLAR



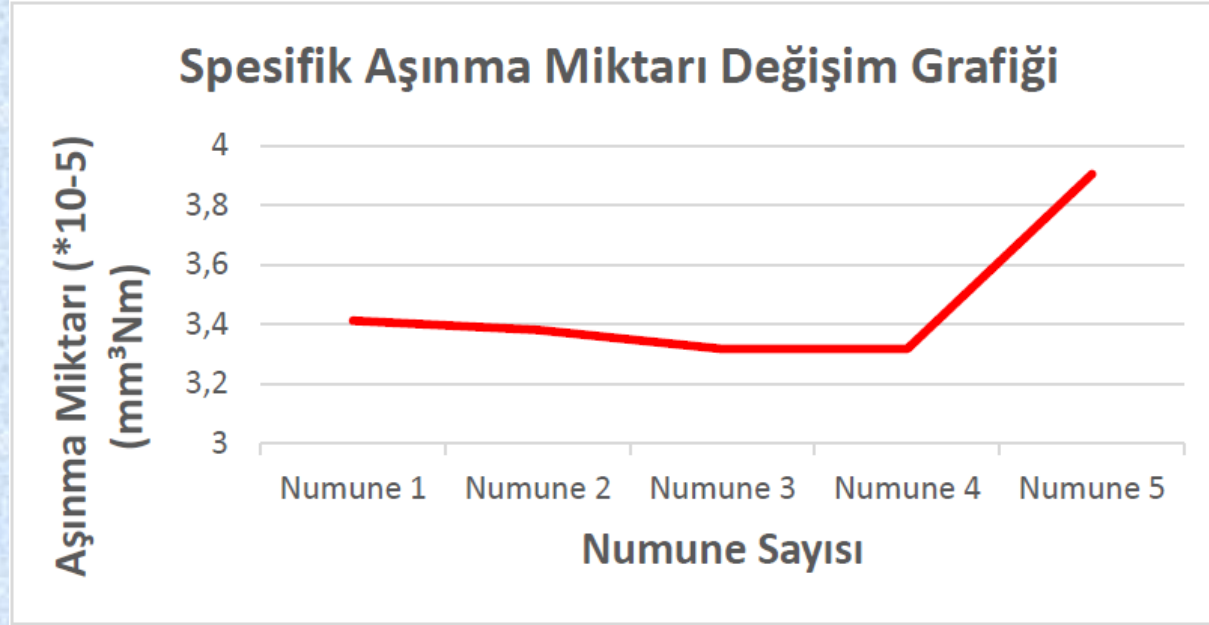
Şekil 3: Sertlik Değişim Grafiği

SONUÇLAR



Şekil 4: Darbe Deneyi Değişim Grafiği

SONUÇLAR



Şekil 5: Spesifik Aşınma Miktarı Değişim Grafiği

SONUÇLARIN İRDELENMESİ

- Yapılan deneylerde elde edilen veriler incelendiğinde sertlik, darbe deneyi ve aşınma miktarı değerlerinin literatürdeki değerlerle uyum sağladığı görülmüştür. [13-21]
- Beyaz dökme demir malzemelerin tipik kırılğan ve sert yapısı gereği, zor işlenebilir bir yapı olduğu, numune hazırlama sırasında da gözlenmiştir, kesme işlemi ancak tel erozyon yöntemi ile yapılabilmektedir ve numune hazırlama süreleri de oldukça uzundur.
- Sertlik ve aşınma değerleri küçük farklarla, düzlem boyunca oldukça yakın sonuçları vermektedir.

SONUÇLARIN İRDELENMESİ

- Yapılan ölçümlerle harcanan aşınma işi (joule) başına kaybolan hacim miktarının, sertlik ve darbe dayanımı ile doğru orantılı olarak geliştiğini göstermiştir.
- Numune 5 de görülen aşınma miktarındaki değişim, merdanenin soğuması sırasında yan yüzey üzerine dikilmesi sebebiyle gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu sebeple kırma düzlemi boyunca eş soğuma koşullarının sağlanmasına dikkat edilmelidir.

TEŞEKKÜR

- Yazarlar, Entil End. Yat. Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi bünyesinde yürütülen ENTİL_D-02 kodlu proje bünyesinde yapılan bu bildirinin hazırlanmasında değerleri yardımlarını esirgemeyen
- BTÜ Met. ve Malzeme Müh. Bölüm Başkanı **Prof. Dr. Deniz Uzunsoy**,
- AKÜ Met. ve Malzeme Müh. Bölümü Öğretim Üyesi **Doç. Dr. Mustafa Serhat Başpınar**
- Önceki proje yöneticisi **İrem Ürgen'** e teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] Luo Q., Xie J., Lu W., "Investigation of the wear failure mechanism of a flour milling roller", *Wear*, 161 (1993) 11-16
- [2] Fu H., Xiao Q., Jian-Dong X., "A study on the crack control of a high-speed steel roll fabricated by a centrifugal casting technique" *Materials Science and Engineering A* 474 (2008) 82–87
- [3] ELSawy E.E.T., EL-Hebeary M.R., El Mahallawi I.S.E., "Effect of manganese, silicon and chromium additions on microstructure and wear characteristics of grey cast iron for sugar industries applications" *Wear* 390–391 (2017) 113–124
- [4] Xiang C., Yanxiang L., "Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of high boron white cast iron" *Materials Science and Engineering A* 528 (2010) 770–775
- [5] Matsubara Y., Sasaguri N., Shimizu K., Yu S. and K. "Solidification and abrasion wear of white cast irons alloyed with 20% carbide forming elements" *Wear* 250 (2001) 502–510
- [6] Jena P. S. M., Sahu J. K., Rai R.K., Das S.K., Singh R. K."Influence of duplex ferritic-austenitic matrix on two body abrasive wear behaviour of high chromium white cast iron" *Volumes* 406–407, 15 July 2018, Pages 140-148
- [7] Asensio-Lozano J., Alvarez-Antolin J.F., Vander Voort G.F., "Identification and quantification of active manufacturing factors for graphite formation in centrifugally cast Nihard cast irons" *Journal of materials processing technology* 206 (2008) 202–215
- [8] Mandal S. S., K. S. Ghosh, Mondal D. K., "Correlation between microstructure, hardness, wear and electrochemical behaviour in 8.0%, 16.0% and 20.0% (by wt) chromium white irons" *Materials Chemistry and Physics* 193 (2017) 401-412
- [9] Çetinkaya C. "An investigation of the wear behaviours of white cast irons under different compositions" *Materials and Design* 27 (2006) 437–445
- [10] Dogan Ö.N., Hawk J.A., "Effect of carbide orientation on abrasion of high Cr white cast iron" *Wear* 189 (1995) 136-142

KAYNAKLAR

- [11] Fernández I., Belzunce F.J., "Wear and oxidation behaviour of high-chromium white cast irons" *Materials Characterization* 59 (2008) 669–674
- [12] Guo D. Z., Wang L. J., Li J. Z. "Erosive wear of low chromium white cast iron" *Wear*, 161 (1993) 173-178
- [13] Qian M., Chaochang W. "Impact-abrasion behavior of low alloy white cast irons", *Wear* 209 (1997) 308-315
- [14] Gates J.D., Gore G.J., Hermand M.J-P., Guerineau M.J-P., Martin P.B., Saad J., "The meaning of high stress abrasion and its application in white cast iron" *Wear* 263 (2007) 6–35
- [15] La P., Wei F., Hu S., Li C., Wei Y., "White cast iron with a nano-eutectic microstructure and high tensile strength and considerable ductility prepared by an aluminothermic reaction casting" *Materials Science&Engineering A* 561(2013)317–320
- [16] Goyos L., Varela A., Castellanos S., Garcia A., Mier J., Moors M., "Correlation between the Meyer's law parameters and the wear resistance of chromium white cast irons", *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, Volume 29, Issue 1, January–April 2017, Pages e9-e14
- [17] Heino, V., *Wear* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2017.04.029>
- [18] Jia X., Hao ., Zuo X., Chen N., Rong Y., "High hardness and toughness of white cast iron: The proposal of a novel process" *Materials Science&Engineering A* 618 (2014) 96–103
- [19] Gowda D., "Tribological Characterization of Centrifugally Cast Graphite Cast Iron under Dry and Wet conditions" *Materials Today: Proceedings* 5 (2018) 145–151
- [20] ASTM A667/A667M – 87 (Reapproved 2012) Centrifugally Cast Dual Metal (Gray and White Cast Iron) Cylinders1
- [21] ASTM A532/A532M – 10 (Reapproved 2014) Standard Specification for Abrasion-Resistant Cast Irons

TEŞEKKÜRLER