

Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Yüzeyde Çil Oluşumu ve Çil Derinliğinin Araştırılması

İsmail OVALI*, Mehmet ERDOĞAN**

*Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe Meslek Yüksek Okulu, Makine Programı 06800 Beytepe, ANKARA

**Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü 06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, çelik soğutucu kalınlığı ve numune çapının küresel grafitli dökme demirlerde yüzeyde çil oluşum eğilimi ve çil derinliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, döküm işlemi farklı soğutucu kalınlıklarına (5, 15, 20, 30, 50 mm) ve farklı numune çaplarına (10, 30, 50 mm) sahip çelik soğutucular kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen numuneler metalografik olarak karakterize edilmiş ve çil derinliğini değerlendirebilmek amacıyla sertlik profilleri çıkarılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar uygun soğutucu kalınlığının belirlenmesi ile numune yüzeyinde homojen bir çil derinliği ve dağılımı elde edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca soğutucu kalınlığının çil morfolojisini de önemli derecede değiştirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küresel Grafitli Dökme Demir, Çil Derinliği, Aşınma, Soğutucu

The Investigation of Chill Formation and Chill Depth on the Surface of Ductile Iron

ABSTRACT

In this study, the effects of steel mould thickness and sample diameter on the chill formation tendency and chill depth were investigated. For this purpose, casting process was carried out with using steel coolers having different thickness (5, 15, 20, 30, 50) and sample diameters (10, 30, and 50). The Samples were characterized metallographically and the hardness profiles were determined to evaluate chill depth. Experimental studies showed that homogeneous chill depth and dispersion can be obtained on the surface of samples with defining proper mould thickness. In addition, the mould thickness significantly change chill morphology.

Keywords: Ductile Iron, Chill Depth, Wear, Cooler

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Küresel grafitli dökme demirler (KGDD) sağladıkları üstün mekanik özelliklerinden dolayı endüstride birçok mühendislik uygulamasında kullanılmaktadır [1-3]. KGDD'lerin özel ısıtma işlemleri (Östemperleme) mekanik özelliklerinin optimize edilebilmesi dövme çelikler yerine tercih edilemeye başlanmasını sağlamıştır [4].

Küresel grafitli dökme demirlerin mekanik özellikleri östemperleme ısıtma işlemi ile önemli derecede iyileştirilebilmektedir. Erdoğan ve arkadaşları [5-18] östemperleme ısıtma işleminin küresel grafitli dökme demirlerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini görmek amacıyla birçok çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda östemperleme ısıtma işleminin küresel grafitli dökme demirlerin başta tokluğunu olmak üzere aşınma, yorulma ve çekme dayanımlarını önemli derecede arttırdığını belirlemişlerdir. Buna rağmen östemperleme ile istenilen aşınma özellikleri elde edilememiştir. Bu sebepten dolayı küresel grafitli dökme demirlerin aşınma özelliklerini iyileştirmek için farklı yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Küresel grafitli dökme demirlerin aşınma özelliklerinin artırılmasında yapıda sert karbür fazlarının

oluşturulması yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapıda sert karbür fazların oluşturulması birkaç yöntemle yapılmaktadır. Bunlardan biri kompozisyondaki grafit oluşturu elementleri (özellikle Si) azaltarak katılaşma sırasında karbür oluşumunu teşvik etmektir. Diğer bir yöntemde, kalıplarda çil (soğutucu) kullanarak aşırı bir soğuma hızının elde edilerek yapıda karbür oluşumunu sağlamaktır. Bu yöntemlere ilaveten, Cr, Mo ve Ti gibi karbür yapıcı elementlerin kullanımı ile kararlı ve kararsız ötektik sıcaklıklar arasındaki farkı en aza indirerek karbür oluşumunun artırılması alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır [19].

Ceccarelli ve arkadaşları [20], yüzeyi kısmen karbürce zengin karbürü küresel grafitli dökme demirlerin abrasif aşınma dirençleri ve darbe dayanımlarını incelemişlerdir. Karbür oranının artması ile darbe dayanımının azaldığı, yüksek karbonlu ve perlitik matrisle sahip küresel grafitli dökme demirlerin SAE 1010 göre daha düşük bir aşınma dayanımı sergilediğini gözlemlemişlerdir.

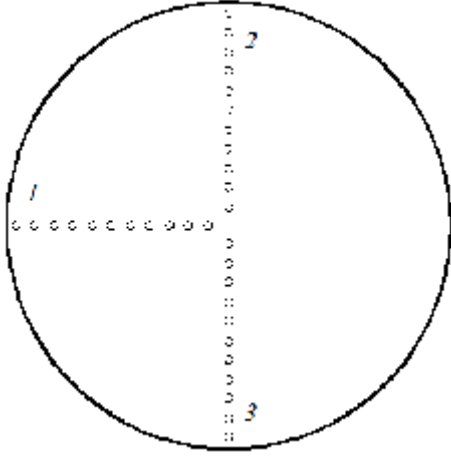
John R. Keough ve arkadaşları [21] karbürü östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir, gri dökme demir, küresel grafitli dökme demirin tarım aletlerinde kullanım alanlarını ve birbirlerine göre sağladıkları avantajları incelemişler ve yaptıkları çalışma sonucunda özellikle tarım cihazlarında aşınmaya maruz kalan tarım

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: mehmet@hazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.15.1, 43-47

edilmiştir. Sertliklerini belirlemek için Vickers sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır. Sertlik ölçümleri Instron-Wolpert marka Diastestor 7551 model sertlik ölçüm cihazında 5 kgf yükte 136° elmas piramit uç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz kalibrasyon bloğu ile kalibre edildikten sonra sertlik ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3. Sertlik ölçüm planı şematik gösterimi

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

3.1 Numune Çapı ve Çelik Soğutucu

Kalınlığının Mikroyapı Üzerine Etkisi (The Effect of Sample Diameter and Steel Chill Thickness on The Microstructure)

Farklı çap ve cidar kalınlıklarına sahip çelik soğutucu kalıplara yapılan dökümler sonucunda elde edilen yüzeyden merkeze doğru mikroyapı görüntüleri Şekil 4-6'da görülmektedir. Kalıp boşluğu \varnothing 10 mm olan numunelerde tüm farklı cidar kalınlıklarında (5, 15, 20, 30, 50) yapının tamamen çil olduğu görülmektedir.

Kenar'da daha ince bir çil morfolojisi gözlemlenirken merkeze doğru daha kaba bir morfolojinin oluştuğu görülmektedir (Şekil 4). Daha ince çil morfolojisi de kenarda daha yüksek bir soğuma hızının sağlanmasına dayandırılmaktadır.

Endüstride kam mili imalatında kullanılan çaplara en yakın olan numuneler kalıp boşluğu \varnothing 30 mm olanlardır. Bu numunelerde en yüksek çil derinliğinin 50 mm cidar kalınlığında elde edildiği görülmektedir (Şekil 5). Kalıp boşluğu \varnothing 30 mm olan numunelerde kalıp boşluğu 10 ve 50 mm'dekilere paralel olarak kalıp cidar kalınlığı arttıkça çil hacim oranı da artmıştır.

Kalıp boşluğu \varnothing 50 mm olan numunelerde kalıp cidar kalınlığının mikroyapı yapı üzerinde nasıl önemli bir etkiye sahip olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 6). 5 mm kalıp cidar kalınlığında yetersiz soğuma hızından dolayı çil oluşum eğilimi minimum iken 50 mm kalıp cidar kalınlığında çil oluşumunun önemli derecede arttığı görülmektedir. Şekil 4-6'da görülmektedir ki kalıp cidar kalınlığının ve kalıp boşluğunun uygun değerlerde belirlenmesi ile çil derinliği, çil morfolojisi ve hacim oranını kontrol edilebilmektedir

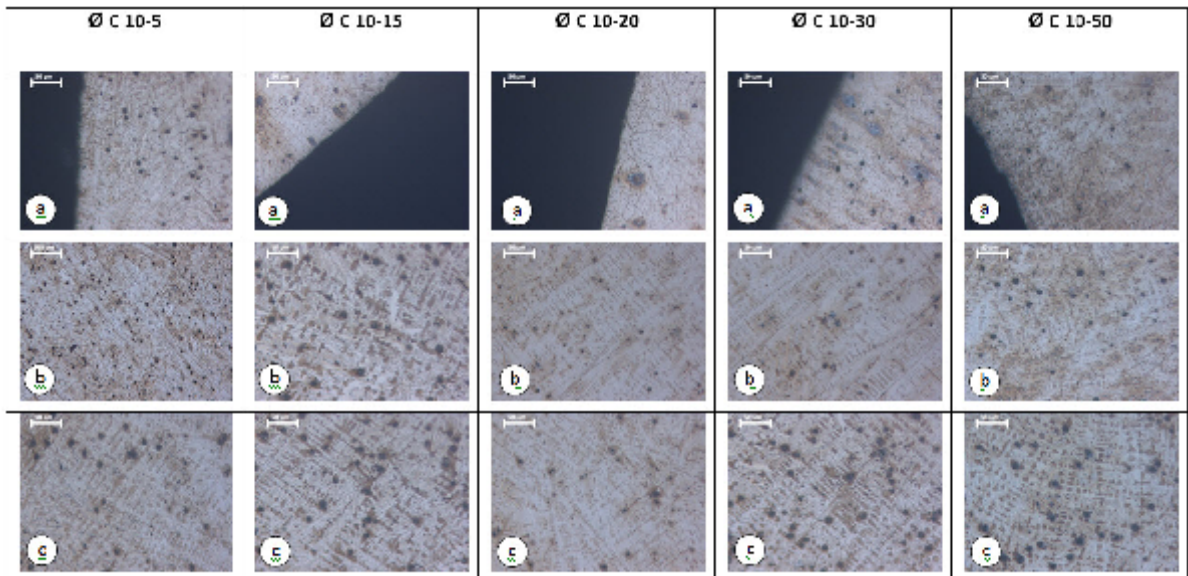
3.2 Numune Çapı ve Çelik Soğutucu

Kalınlığının Sertlik Üzerine Etkisi (The Effect of Sample Diameter and Steel Chill Thickness on The Hardness)

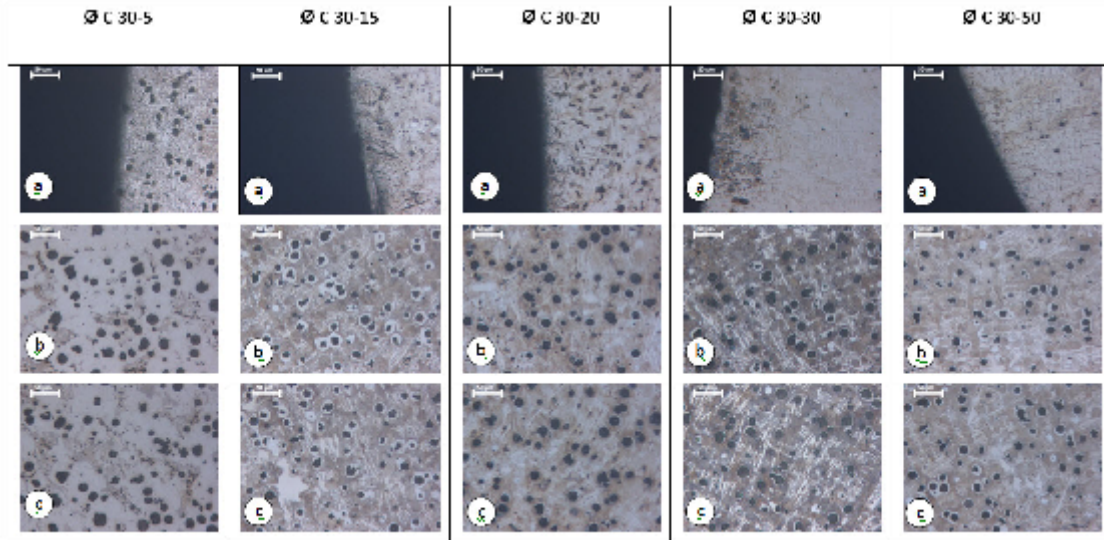
3.2.1 Kum Kalıba Dökülen Numunelerin

Sertlik Profilleri (The Hardness Profile of Sand Mould Samples)

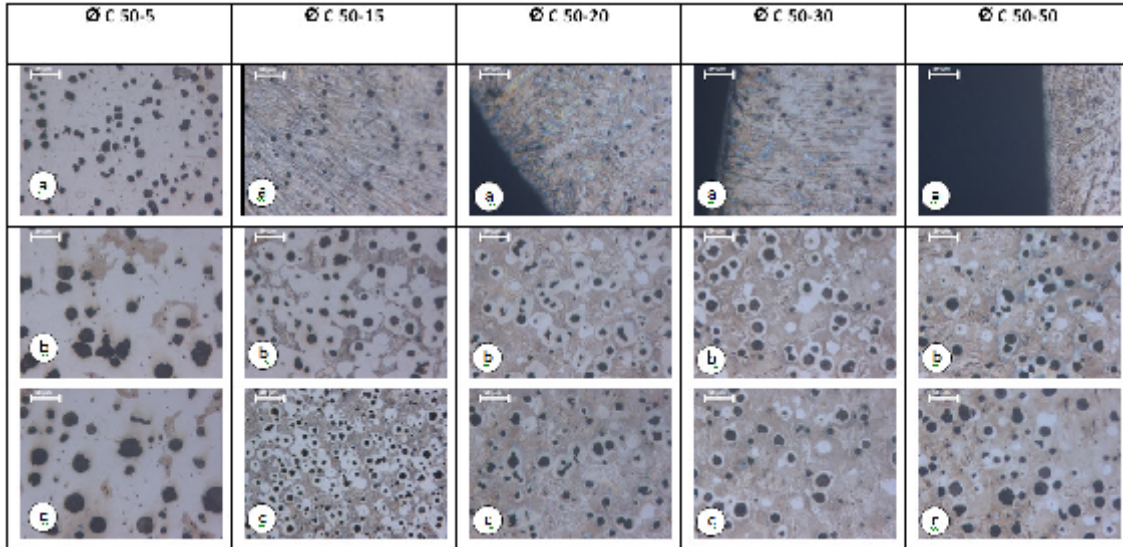
Kum kalıptan hazırlanmış farklı çaplarda kalıp boşluklarına dökülen numunelerde kalıp boşluk çapının çil derinliği üzerindeki etkisinin belirlenmesine çalışılmıştır. Kalıp boşluk çapının artması ile soğuma hızının düştüğü ve sertliğin azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 7).



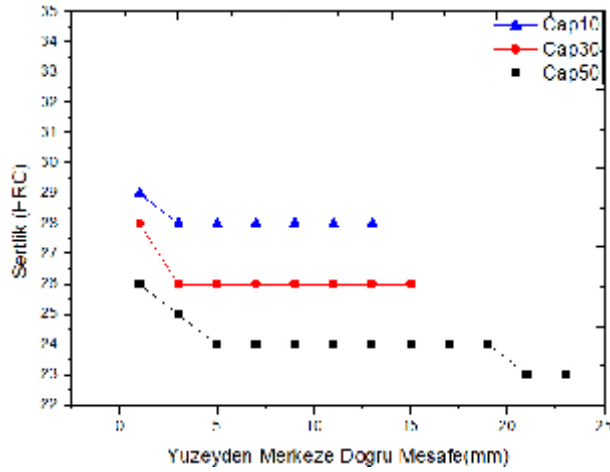
Şekil 4. Çapı 10 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 5, 15, 20, 30, ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru mikroyapı değişimi. a) Kenar x 200, b) Orta x 200, c) Merkez x 200.



Şekil 5. Çapı 30 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 5,15,20,30, ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru mikroyapı değişimi. a) Kenarx200, b)Ortax200, c)Merkez x200.



Şekil 6. Çapı 50 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 5,10,15,30,40 ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru mikroyapı değişimi. a) Kenar x 200, b)Orta x200, c)Merkez x200.

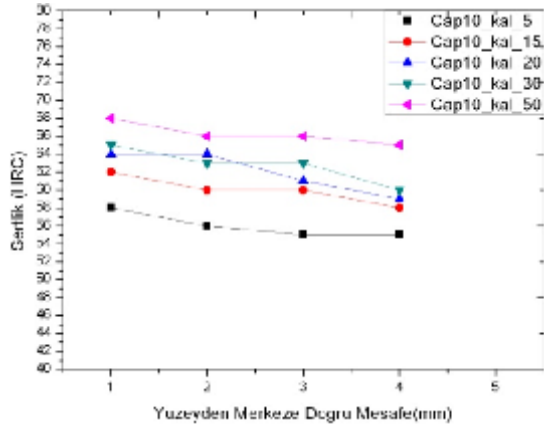


Şekil 7. Kum kalıba dökülen numunelerinin yüzeyden merkeze sertlik profili.

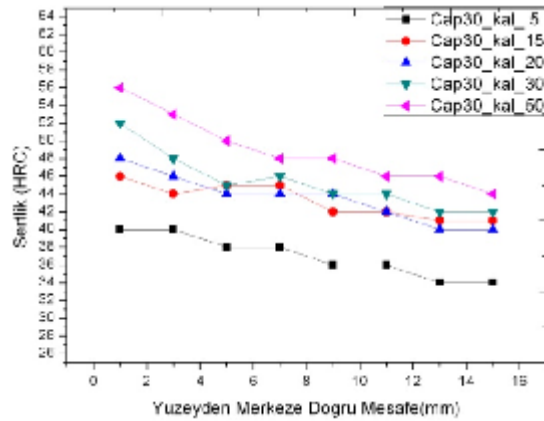
3.2.2. Çelik kalıba dökülen numunelerin sertlik profilleri (The Hardness Profile of Steel Mould Samples)

Farklı kalıp boşluğu ve cidar kalınlıklarındaki soğutucu çelik kalıplara dökülerek elde edilen numunelere ait yüzeyden merkeze sertlik dağılım eğrileri Şekil 8- 10'da verilmiştir. Tüm numunelerde (kalıp boşluğu \varnothing 10,30,50) artan soğutucu kalıp cidar kalınlığı ile çil derinliği artmaktadır. Küçük çaplı numunelerde yapının tamamen çil olmasından dolayı benzer bir sertlik dağılımına sahip olduğu görülmüştür.

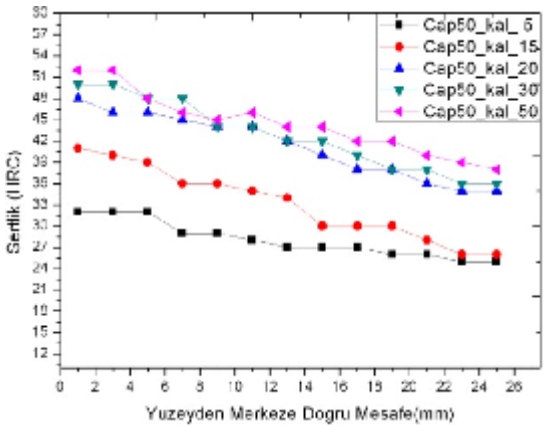
Farklı çaplarda kalıp boşluğuna dökülen numuneler karşılaştırıldığında optimum çil derinliğinin kalıp boşluğu \varnothing 30 cidar kalınlığı 50 mm olan numunelerde elde edildiği görülmektedir. Kalıp boşluk çapı arttıkça çil oluşumu için gerekli olan soğuma hızı artmakta buda soğutucu cidar kalınlığının artırılmasını gerektirmektedir (Şekil 8-10).



Şekil 8. Çapı 10 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 5,15,20,30, ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru sertlik değişimi.



Şekil 9. Çapı 30 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 5,15,20,30, ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru sertlik değişimi.



Şekil 10. Çapı 50 mm sabit tutulan ve kalıp cidar kalınlığı 10,15,20,30 ve 50 mm olarak değişen çelik kalıplara dökümü gerçekleştirilen numunelerde yüzeyden merkeze doğru sertlik değişimi.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Farklı cidar kalınlıklarına sahip farklı çapta kalıp boşluklarına dökülen küresel grafitli dökme demir numunelerde cidar kalınlığı ve kalıp boşluk çapının mikroyapı ve sertlik üzerine etkisi incelenmiş ve aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir;

- Farklı cidar kalınlıklarında soğutucular kullanılarak küresel grafitli dökme demirlerde çil derinliği, morfolojisi ve hacim oranının kontrol edilebileceği sonucuna varılmıştır.
- Silindirik soğutucular kullanılarak homojen bir çil dağılımının elde edildiği tespit edilmiştir.
- En yüksek çil derinliğinin kalıp boşluğu 30 cidar kalınlığı 50 mm olan numunelerde elde edildiği belirlenmiştir.
- Küçük çaplı kalıp boşluklarına dökülen numunelerde yapının tamamen çil oluşmasından dolayı sertlik dağılımında önemli bir değişim oluşmadığı tespit edilmiştir.
- Kalıp cidar kalınlığının çil morfolojisi (Kaba-İnce) üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmanın finansal desteğini sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerine (GÜBAP 07/2010-68) ve dökümlerin gerçekleştirilmesinde sağladıkları destekten dolayı ESTAŞ Eksantrik ve San. ve Tic.A.Ş' ye teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Hemanth J., "The solidification and corrosion behavior of austempered chilled ductile iron", Journal of Materials Processing Technology, 101, 159-166, 2000.
2. Dommarco R.C., Salvade J.D., "Contact fatigue resistance of austempered and partially chilled ductile irons", Wear, 254, 230-236, 2003.
3. Hayrynen, K.L., Brandenberg, K.R., Keough, J.R., "Application of austempered cast irons" A.F.S. Transactions, 92, 1-10, 1984.
4. Giacchi,J.V., Mart'inez R.A., Gamba M.R., Dommarco R.C., "Abrasion and impact properties of partially chilled gray iron", Wear, 262, 282-291, 2007.
5. Sahin Y., Kiliçli V., Ozer M., Erdogan M., "A Comparative Study of Abrasive Wear Behaviour of Ductile Iron with Different Dual Matrix Structures ", Wear, 268(1-2), 153-165, 2010.
6. Kiliçli V., Erdogan M., "The Nature of the Tensile Fracture in ADI with Dual-Matrix Microstructure ", Journal of Materials Engineering And Performance, , 268 (1), 153-165, 2010.
7. Erdogan M, Kiliçli V and Demir B, "Transformation Characteristics of Ductile Iron Austempered From Intercritically Annealing Temperature Ranges ", Journal of Materials Science, 44 (5), 1394-1403, 2009.
8. Gür H., Ozer M., Erdogan M., "Investigation of the variations in microstructure and mechanical properties of dual-matrix ductile iron by magnetic barkhausen noise analysis", Research In Nondestructive Evaluation, 19-1, 44-60, 2008.
9. Kiliçli V., Erdogan M., "The Strain-Hardening Behavior of Partially Austenitized and Austempered Ductile Iron with Dual Matrix Structures", Journal of Materials Engineering and Performance, , 17 (2), 240-249, 2008.
10. Sahin Y., Erdogan M., Cerah M., "Effect of martensite volume fraction and tempering time on abrasive wear of ferritic ductile iron with dual matrix", Wear, 1-2, 196-202, 2008.

11. Demir B., Erdogan M., “The hardenability of austenite with different alloy content and dispersion in dual phase steels”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 208 (1-3), 75-84, 2008.
12. Erdogan M., Kilicli V., Demir B., “The Influence of Austenite Dispersion on Phase Transformation During Austempering in Ductile Cast Iron with Dual Matrix Structure”, *Research In Materials Science*, 99 (7), 751-760, 2008.
13. Kocatepe K., Cerah K and Erdogan M, “The Tensile Fracture Behaviour of Intercritically Annealed and Quenched+Tempered Ferritic Ductile Iron with Dual Matrix Structure, accepted for publication”, *Materials & Design* 28 (1), 172-181, 2007.
14. Kilicli V., Erdogan M., “The Effect of Ausferrite Volume Fraction and its Morphology on The Tensile Properties of Partially Austenitized and Austempered Ductile Irons with Dual Matrix Structures”, *International Journal of Cast Metal Research*, 20- 4, 202-214, 2007.
15. Erdogan M., Cerah M. and Kocatepe K., “Influence of Intercritical Austenitising and Tempering Time and Martensite Volume Fractions on Tensile Properties of Ferritic Ductile Iron with Dual Matrix Structure”, *International Journal of Cast Metals Research*, 19-4, 248-253, 2006.
16. Kocatepe K., Cerah M. and Erdogan M., “Effect of Martensite Volume Fraction And Its Morphology On The Tensile Properties of Ferritic Ductile Iron With Dual Matrix Structures”, *Journal of Materials Processing Technology* 178, 44-54, 2006.
17. Kilicli V. and Erdogan M., “Tensile Properties of Partially Austenitized and Austempered Ductile Irons with Dual Matrix Structures”, *Materials Science and Technology*, 22-8, 919-928 , 2006.
18. Cerah M., Kocatepe K. and Erdogan M., “Influence of Martensite Volume Fraction and Tempering Time on Tensile Properties of Partially Austenitized in The ($\alpha+\gamma$) Temperature Range and Quenched +Tempered Ferritic Ductile Iron”, *Journal of Materials Science*, 40, 3453 – 3459, 2005.
19. Barosiewicz L., Krause A.R., Alberts F.A., Susil.K., “Influence of Microstructure on High-Cycle Fatigue Behavior of Austempered Ductile Iron”, *Material Characterization* ,30, 221-234,1993.
20. Ceccarelli B.A., Dommarco R.C., R.A. Mart'inez, M.R. Mart'inez G., “Abrasion and impact properties of partially chilled ductile iron”, *Wear*, 265, 49-55, 2001.
21. Keough J.R., Dorn K., Hayrynen L., “Agricultural Applications of Austempered Iron Components”, *Applied Process Inc. Technologies Div. - Livonia, Michigan, USA*, 2009.
22. Kovacs, B.V., Keough, J.R., “ADI an engineering materials”, *Proceedings of the Conference on Advances in High Integrity Castings*, Chicago, Illinois, 91-98, 1988.
23. Laino S., Sikora J.A., Dommarco R.C., “Development of wear resistant carbidic austempered ductile iron (CADI) ”, *Wear*, 265, 1-7, 2007.