



KARABUK UNIVERSITY



IATS '09

5TH

INTERNATIONAL
ADVANCED TECHNOLOGIES SYMPOSIUM

MAY 13-15, 2009

SPONSORED BY



TÜBİTAK

EDITORS

Mustafa ACARER

Halil İbrahim DEMİRCİ

Cevdet GÖLOĞLU

<http://iats09.karabuk.edu.tr>
iats09@karabuk.edu.tr

CO-ORGANIZERS



EPOKA UNIVERSITY



FATİH
UNIVERSITY



INTERNATIONAL
UNIVERSITY OF
SARAJEVO



ISTANBUL AREL
UNIVERSITY



QAFQAZ
UNIVERSITY



HONOUR COMMITTEE

Nurullah ÇAKIR, Karabük Governor (TR)
Prof. Dr. Burhanettin UYSAL, Rector of Karabük University (TR)
Prof. Dr. Oğuz BORAT, Rector of Fatih University (TR)
Prof. Dr. Ertuğrul TAÇGIN, Rector of International University of Sarajevo (BA)
Prof. Dr. Hasan KAPLAN, Rector of Epoka University (AL)
Prof. Dr. Ahmet SANİC, Rector of Qafkaz University (AZ)
Prof. Dr. Ömer Asım SAÇLI, Rector of Istanbul Arel University (TR)

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. İbrahim KADI, Karabük University
Prof. Dr. Hüseyin EKİZ, Sakarya University
Prof. Dr. Mehmet AKALIN, Marmara University
Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR, Selçuk University
Prof. Dr. Cevat SARIOĞLU, International University of Sarajevo
Prof. Dr. Veli ÇELİK, Kırıkkale University

EXECUTIVE COMMITTEE

Mustafa ACARER (President)
Halil İbrahim DEMİRCİ (Symposium Secretary)
Ahmet GÜRBÜZ
İbrahim ÇİFTÇİ
Mustafa YAŞAR
Cevdet GÖLOĞLU
Hayrettin AHLATÇI
Abdürrezzak AKTAŞ
Raif BAYIR
Hüseyin KURT
Metin ZEYVELİ
Salih GÖRGÜNOĞLU
Melik ÇETİN
Halil DEMİR
Mustafa ERER
İlker TÜRKER
Yusuf KURTGÖZ

SECRETARIAL ASSISTANCES

Özkan ÖZ, Engin GEDİK, Harun ÇUĞ, Yakup KAYA

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Abdulkadir GÜLLÜ, Gazi University (TR)
Abdullah ÇAVUŞOĞLU, Karabük University (TR)
Abdulvahap YİĞİT, Uludağ University (TR)
Adem KURT, Gazi University (TR)
Adnan PARLAK, Sakarya University (TR)
Ahmet ÖZDEMİR, Gazi University (TR)
Alan LEACOCK, University of Ulster (UK)
Ali İhsan ÜNAY, Gazi University (TR)
Ali İNAN, Fırat University (TR)
Ali KALKANLI, Middle East Technical University (TR)
Ali ÜNÜVAR, Selçuk University (TR)
Amina KURTOVIC, International University of Sarajevo (BA)
Arif N. GÜLLÜOĞLU, Marmara University (TR)
Atilla KOCA, Gazi University (TR)
Ayhan ERDEM, Gazi University (TR)
Ayhan ÖZÇİFTÇİ, Karabük University (TR)
Bedri YÜKSEL, Balıkesir University (TR)
Behçet GÜLENÇ, Gazi University (TR)
Bekir KARLIK, Haliç University (TR)
Bülent ÖZDALYAN, Karabük University (TR)
Burhan ÇUHADAROĞLU, Karadeniz Teknik University (TR)
Can ÇINAR, Gazi University (TR)
Can HAŞİMOĞLU, Sakarya University (TR)
Çetin ELMAS, Gazi University (TR)
Duran ALTIPARMAK, Gazi University (TR)
Efe GENÇOĞLU, Marmara University (TR)
Enisa OMANOVIĆ, International University of Sarajevo (BA)
Ercan CANDAN, Karabük University (TR)
Eyüp Sabri KAYALI, İstanbul Teknik University (TR)
Faruk MENDİ, Gazi University (TR)
Fazli ARSLAN, Karadeniz Teknik University (TR)
Fehim FINDIK, Sakarya University (TR)
Ferhat GÜL, Gazi University (TR)
Gülser ÇELEBİ, Karabük University (TR)
Güngör BAL, Gazi University (TR)
H. İbrahim SARAÇ, Kocaeli University (TR)
H. Serdar YÜCESU, Gazi University (TR)
H. Yılmaz ARUNTAŞ, Gazi University (TR)
Haldun GÖKTAŞ, Gazi University (TR)
Halil ARIK, Gazi University (TR)
Hamit SARUHAN, Düzce University (TR)
Hüseyin AKBULUT, Afyon Kocatepe University (TR)
Hüseyin BAYRAKÇEKEN, Afyon Kocatepe University (TR)
Hüseyin ÇİMENÖĞLU, İstanbul Teknik University (TR)
Hüseyin EKİZ, Sakarya University (TR)
İbrahim DİNÇER, University of Ontario Institute of
Technology (CA)
İbrahim MUTLU, Afyon Kocatepe University (TR)
İbrahim ÖZSERT, Sakarya University (TR)
İhsan BATMAZ, Gazi University (TR)
İlhami ÇOLAK, Gazi University (TR)
İnan GÜLER, Gazi University (TR)
İsmail TEKE, Yıldız Teknik University (TR)
İsmet ÇELİKTEN, Gazi University (TR)
Kemal ERŞAN, Gazi University (TR)
Kerim ÇETİNKAYA, Karabük University (TR)
Lada Lukic BILELA, International University of Sarajevo
(BA)
Lejla Kapur POJSKIC, International University of Sarajevo
(BA)
M. Bahattin ÇELİK, Karabük University (TR)
M. Sahir SALMAN, Gazi University (TR)
Mahmut GÜLESİN, Gazi University (TR)
Mahmut İZCİLER, Gazi University (TR)
Mazhar ÜNSAL, Fatih University (TR)
Mehmet S. KAVSAOĞLU, İstanbul Teknik University (TR)
Mehmet SARIBIYIK, Sakarya University (TR)
Mehmet TÜRKER, Gazi University (TR)
Metin ARSLAN, Gazi University (TR)
Metin SALAMCI, Gazi University (TR)
Muhammet KÖKSAL, Fatih University (TR)
Murat ETÖZ, Karabük University (TR)
Murat KARABEKTAŞ, Sakarya University (TR)
Mustafa ACAROĞLU, Selçuk University (TR)
Mustafa AKAY, University of Ulster (UK)
Mustafa ÇANAKÇI, Kocaeli University (TR)
Mustafa KURT, Marmara University (TR)
N. Fatma GÜLER, Gazi University (TR)
Nazım USTA, Pamukkale University (TR)
Nihat AKKUŞ, Marmara University (TR)
Niyazi ERUSLU, İstanbul Teknik University (TR)
Nuri ORHAN, Fırat University (TR)
Ömer ÇOMAKLI, Atatürk University (TR)
Ömer Faruk BAY, Gazi University (TR)
Perihan SEKMEN, Karabük University (TR)
Ramazan ÇITAK, Gazi University (TR)
Ramazan KÖSE, Dumlupınar University (TR)
Sadık KARA, Fatih University (TR)
Selami SAĞIROĞLU, Karabük
Selim ÇETİNKAYA, Gazi University (TR)
Serdar SALMAN, Marmara University (TR)
Seyhan FIRAT, Sakarya University (TR)
Süleyman TEKELİ, Gazi University (TR)
Tahir KARASU, Osmangazi University (TR)
Ulvi SEKER, Gazi University (TR)
Yakup İÇİNGÜR, Gazi University (TR)
Yakup SEKMEN, Karabük University (TR)
Yaşar Önder ÖZGÖREN, Afyon Kocatepe University (TR)
Yılmaz İÇAĞA, Afyon Kocatepe University (TR)
Yunus ÇENGEL, University of Nevada (USA)
Yusuf ÖZCATALBAS, Gazi University (TR)
Zahit MECİTOĞLU, İstanbul Teknik University (TR)

and the memory of

Süleyman SARITAŞ, TOBB Economy and Technology
University (TR)

5th International Advanced Technologies Symposium IATS'09, May 13-15, 2009, Karabük, Turkey



LISTENING AND DISPLAYING AUSCULTATION SOUNDS IN PDA	DEPERLİOĞLU Ömer, KARASEKRETER Naim, FİDAN Uğur	666-669
DETERMINATION OF MITRAL OR AORTIC VALVE STENOSIS OR INSUFFICIENCY VIA POLE-ZERO MAP ANALYSIS OF HEART SOUND SIGNALS IN REAL TIME VARIABLE PARAMETER WITH PID SPEED CONTROL	AKGÜN Ömer, VAROL H. Selçuk COŞKUN İsmail, TERZİOĞLU Hakan	670-673 674-678
HARMONIC MODELLING OF THREE PHASE TRANSFORMERS INVESTIGATION OF V/F AND VECTOR CONTROL METHODS IN A SPEED CONTROL SYSTEM OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR WITH SVPWM DRIVEN INVERTER AN OVERVIEW CONTROL METHOD OF AXIAL FLUX MOTORS	ZİLE Mehmet ASKER M.Emin, ÖZDEMİR Mehmet, BAYINDIR Mehmet İlyas HÜNER Engin, AKÜNER Caner	679-683 684-689 690-694
WINCH SYSTEM CONTROLLED BY COMPUTERS DESIGN AND APPLICATION	BÜYÜKTÜMTÜRK Fuat, YILMAZ Özgür, ERTAŞKIN Hakan, AKINCI Tahir Çetin	695-699
THE DESIGN AND CONFIRMATION OF A BASIC CLEANER ROBOT PIC CONTROLLED QUAIL INCUBATOR DESIGN	KÖSE Ercan KUŞÇU Hilmi, BABADAĞLI Aslı, CAN Ahmet	700-702 703-705
DESIGN AND APPLICATION OF A WEB BASED AUTOMATION SYSTEM	KAHRAMAN Fatih, BOZ Ali Fuat	706-710
AUTOMATIC METER READING (AMR) SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS IN DISTRIBUTION SYSTEMS RFID AS A NEW TECHNOLOGY, RFID SYSTEM STRUCTURES AND AN RFID SYSTEM DESIGN APPROACH DESIGN AND APPLICATION OF CONTROLLER AREA NETWORK BASED MONITORING INTERFACE FOR PV SYSTEMS	ERKAL Bilgehan YÜKSEL M. Erkan, ZAIM A. Halim, AYDIN Çetin, BEDRİ Bahtiyar	711-714 715-721 722-726

METALLURGY & MATERIALS

THE EFFECT OF SEVERE PLASTIC DEFORMATION ON THE PROPERTIES OF ALUMINIUM EFFECT OF TIN ON CASTING AND MECHANICAL PROPERTIES OF AZ91 MAGNESIUM ALLOY	Yahya BAYRAK, Raşit SEZER ve Ahmet EKERİM Erkan KOÇ, Mehmet ÜNAL, Yunus TÜREN, Ercan CANDAN	727-732 733-737
EFFECT OF Ti ADDITIONS ON CORROSION BEHAVIOUR OF AZ91 MAGNESIUM ALLOYS	Şennur CANDAN, Halil KUŞDEMİR, Mustafa TÜRKMEN, Erkan KOÇ, Mustafa ÜNAL, Ercan CANDAN	738-741
INVESTIGATION OF EFFECT OF GRAIN REFINING ON FEEDING OF A SAND CAST ETIAL160 ALUMINIUM ALLOY INVESTIGATION OF THE WELDABILITY OF (GRADE-1) TITANIUM ALLOY BY LASER WELDING METOT INVESTIGATION OF WEAR PROPERTIES OF A CU-CR-ZR ALLOY	Ramazan KAYIKCI ve Murat ÇOLAK Mustafa Selçuk KESKİN Yahya ALTUNPAK ve Mustafa YAŞAR	742-748 749-752 753-758
AN INVESTIGATION OF DRY SLIDE BEHAVIORS OF Cu/Ni ₃ Al METAL MATRIX COMPOSITE EROSIVE WEAR OF CUZN10 AND CUSN10 COPPER ALLOYS	Mehtap Muratoğlu ve Mehtap Demirel Mehmet BAĞCI ve Hüseyin İMREK	759-764 765-769
THE EFFECT OF AGING ON WEAR BEHAVIOUR AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF CU-AL-Nİ ALLOYS INVESTIGATION OF PROCESS TEMPERATURE EFFECT ON FOAMING IN CLOSED-CELL ALUMINUM FOAM METAL PRODUCTION	Dursun ÖZYÜREK, Süleyman TEKELİ, Ramazan YILMAZ Gökhan ÖZER ve Ahmet EKERİM	770-773 774-778

**5th International Advanced Technologies Symposium
IATS'09, May 13-15, 2009, Karabük, Turkey**



INVESTIGATION OF ADHESIVE WEAR BEHAVIOUR OF PRODUCED COUNTER GRAVITY CASTING PROCESS AI ALLOY	Hasan HASIRCI , Ferhat GÜL	779-783
STUDY ON THE EFFECTS OF THE LENGTH AND ANGLE OF PLATE ON THE MICROSTRUCTURE EVOLUTION BY COOLING SLOPE CASTING	Simge GENÇALP, Şefika KASMAN, Nurşen SAKLAKOĞLU	784-788
WELDABILITY Ti6Al4V ALLOYS COUPLES BY PTA METHOD	Ali Kaya GÜR , Mustafa TAŞKIN, Ayhan ORHAN, Uğur ÇALIGÜLÜ ve Halil DİKBAŞ	789-793
INVESTIGATION OF GRAIN REFINING EFFECT OF ALTiB MASTER ALLOY ADDITION ON ETIAL160 CASTING ALLOY	Murat ÇOLAK ve Ramazan KAYIKCI	794-799
EFFECTS OF EXTRUSION RATIO ON WEAR BEHAVIOUR OF AL-MG ALLOYS	Hatice EVLEN ve Halil İbrahim DEMİRÇİ	800-803
THE DETERMINE OF EFFECT OF CASTING METHOD ON MECHANICAL PROPERTIES OF ETIAL 160 ALUMINUM ALLOY	KASMAN Ş, GENÇALP S, SAKLAKOĞLU N, UÇAR Ş.	804-807
PARAMETERS AFFECTING DIE DAMAGE IN DIE CASTING	İ. Fırat BALKAYA , Ferhat GÜL	808-812
THE INVESTIGATION OF CHANGING WITH MICROSTRUCTURE OF HARDNESS AT PRECIPITATION AGE HARDENED AA7012 ALUMINIUM ALLOYS	Hulya DURMUŞ, Selda AKGÜN, Salim ŞAHİN	813-816
EFFECT OF SILICON ON CASTING AND MECHANICAL PROPERTIES OF AZ91 MAGNESIUM ALLOY	Mehmet ÜNAL, Erkan KOÇ, Yunus TÜREN, Ferhat GÜL, Ercan CANDAN	817-821
THE EFFECT OF COOLANT USED IN HOT ROLLING OF ALUMINUM ON THE POST-ROLLING MECHANICAL PROPERTIES	Koray TURBALIOĞLU, Yavuz SUN	822-824
CORROSION RESISTANCE OF Al-12Si-1Ti ALLOY REINFORCED WITH IN-SITU Mg ₂ Si PARTICULATE	Ali PALTA, Aydın DURMAZ, Görkem YARGÜL, Ferdi YILDIRIM, Hayrettin AHLATCI, Mustafa ACARER	825-827
THE EFFECT OF COMPACT TEMPERATURE OCCURING ON PLASTIC GEAR SURFACE TO THE TOOTH DAMAGE	H.Düzücüoğlu, M.T. Demirci, R. Yakut, Ş. Ekinci	828-832
THE EFFECT OF AUSTEMPERING TEMPERATURE ON THE BEHAVIOR OF MICRO-WEAR OF AUSTEMPERED DUCTILE IRON	Yusuf KAYALI, Yılmaz YALCIN	833-836
SEGREGATION IN STEELS AND THEIR INFLUENCE	Şadi KARAGÖZ, H. İbrahim ÜNAL, Fulya KAHRIMAN, Funda Gül DEMİRCAN	837-843
INVESTIGATION OF PRODUCABIL OF DUAL-PHASE STEEL FROM GRADE A SHIP PLATE STEEL	Hüseyin UZUN, Fatih HAYAT	844-849
DETERMINATION OF STEEL TERMOCALC ACCOUNTS WITH HEAT PROCESSING PROFILES	Şadi KARAGÖZ, Ş. Hakan ATAPEK	850-854
ALLOYED CAST IRON ROLLING ROLL PRODUCED BY VERTICAL CENTRIFUGAL CASTING	Şadi KARAGÖZ, Onur BİRBAŞAR, Alper KAYA	855-859
AN INVESTIGATION ON THE PRODUCIBILITY OF TRAIN WHEELS BY CASTING METHOD	Harun ÇUĞ ve Ercan CANDAN	860-864
DETERMINATION OF IMPACT STRENGTH OF FERROUS BASED MATERIALS JOINED BY LASER WELDING	Mesut TOKDEMİR, Bekir Sadık ÜNLÜ, Selim Sarper YILMAZ, Cevdet MERİÇ	865-870
DETERMINATION OF IMPACT STRENGTH OF FERROUS BASED MATERIALS JOINED BY TIG WELDING	Onur ELEKTRİKÇİ, Bekir Sadık ÜNLÜ, Selim Sarper YILMAZ, Mehmet UZKUT, Cevdet MERİÇ	871-874
INVESTIGATION OF TIG WELDING OF LINK STABILIZER ROD	Mustafa Selçuk KESKİN, Ahmet KARAASLAN	875-877
STRESS ANALYSIS OF IZOTROPIC CAT IRON PLATE WHICH HAS A CRACK	Bahattin İŞCAN, Hamit ADİN	878-883

ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN MİKRO-AŞINMA DAVRANIŞINA ÖSTEMPERLEME SICAKLIĞININ ETKİSİ

THE EFFECT OF AUSTEMPERING TEMPERATURE ON THE BEHAVIOR OF MICRO-WEAR OF AUSTEMPERED DUCTILE IRON

Yusuf KAYALI^{a*} ve Yılmaz YALCIN^b

^{a*} Afyon Kocatepe Üniversitesi Metal Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE, E-posta: ykayali@aku.edu.tr

^b Afyon Kocatepe Üniversitesi Metal Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar, TÜRKİYE, E-posta: yyalcin@aku.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin (ÖKGDD) mikro-aşınma davranışına östemperleme sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. 900 °C'de 60 dakika östenitlenen numuneler, 250, 300, 350 ve 400 °C'lerde 60 dakika östemperlemeyi takiben oda sıcaklığına soğutulmuş ve bol su ile yıkanarak kurutulmuştur. Östemperlenen numuneler, oda sıcaklığında, Ø8 mm çapındaki WC-Co bilyeye karşı, 10N ve 20N yükler altında mikro-aşınma testlerine tabi tutulmuştur. Mikro-aşınma testi sonucunda oluşan aşınma iz çaplarından aşınma hacmi hesaplanmıştır. Her numunenin sertlikleri ölçülmüştür. Daha sonra optik mikroskopta aşınma izleri ve metalografik olarak hazırlanan kesitlerden mikro yapılar incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

Östemperleme ile mikro-aşınma direnci önemli ölçüde artış göstermektedir. Artan östemperleme sıcaklığı ile aşınma direnci azalmıştır. Aşınma ağırlıklı olarak adezyon türünde gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: Küresel grafitli dökme demir, Östemperleme, Mikro-aşınma.

Abstract

In this study, the effect of austempering temperature on the behavior of micro-wear of austempered ductile iron has been investigated. Specimens initially were treated at 900 °C for 1h and austempered at temperatures 250, 300, 350 and 400 °C for 1h then cooled down to room temperature and cleaned by water to remove residues. Austempered samples were tested by 8 mm diameter WC-Co ball under the load of 10N and 20N. The wear volume of specimens was calculated by using diameter of wear traces from micro-wear testing. In addition, the hardness of each specimen was also measured. Microstructural characterization was carried out using optical microscope on wear traces and cross-sections of specimens.

It is shown that austempering dramatically increases micro-wear resistance and the increase in austempering temperature yields lower wear resistance. It appears that the wear dominantly occurs in the form of adhesion.

Keywords: Ductile iron, Austempering, Micro-wear

1. Giriş

Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir (ÖKGDD), küresel grafitli dökme demire(KGDD) östemperleme ısı işlemi uygulanarak elde edilen dökme demir ailesinin bir sınıfıdır. Östemperleme ısı işlemi, malzemenin uygun bir östenitleme sıcaklığında (850-950 °C) ısıtıldıktan sonra hızla östemperleme sıcaklığına (235-450 °C) su verilmesi ve bu sıcaklıkta dönüşümün tamamlanması için belirli bir süre (0,5-4 saat) tutulması kademelerini içerir[1, 2, 3].

Dökme demirlerde östemperleme işlemi iki kademeli bir reaksiyon sonucunda gerçekleşir. I. kademe östenit, beynitik ferrit ve karbonca zengin östenite dönüşür. Östemperlemenin sürmesiyle yüksek karbonlu östenit II. kademe reaksiyon ile termodinamik olarak daha kararlı olan ferrit ve karbüre ayrışmaya başlar. II. Kademe reaksiyonunun tamamlanmasıyla çeliklerde görülen ferrit ve karbürden oluşan klasik beynit yapısı elde edilir. Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerde II. kademe reaksiyon tokluğu düşürdüğü için pek istenmez. Tamamlanmamış I.kademe reaksiyon da aynı şekilde arzu edilmez, çünkü oluşan düşük karbonlu kararlı östenit soğutma esnasında martenzite dönüşerek mekanik özellikleri olumsuz yönde etkiler. Dolayısıyla, I. reaksiyonun tamamlandığı, II. reaksiyonun ise henüz başlamadığı bu eşsiz yapı optimum mekanik özellikleri sağlar. Arzu edilen tam östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir mikroyapısını (ösferritik yapı) elde edebilmek için östemperleme şartları yakından kontrol edilmelidir[4-6].

Sonuçta elde edilen ösferritik yapı (ferrit+yüksek karbonlu kalıntı östenit) malzemeye, aynı süneklığe sahip KGDD'in iki katı çekme mukavemeti kazandırırken, sünek, tok, iyi aşınma ve yorulma direnci sağlamaktadır [6-8]. Bunun yanında pek çok ticari avantajlar taşımasından dolayı otomotiv ve kamyon, ziraat ve konstrüksiyon, makine ve teçizat, demiryolu ve savunma sanayine ait pek çok parçaların imalatında kullanılmaktadır[3, 4, 9, 10].

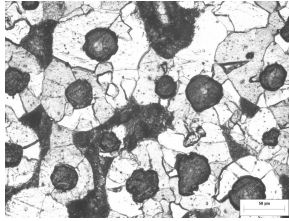
Bu kadar üstün özellikleri olan ve dolayısıyla çok yaygın bir kullanım alanı olan ÖKGDD malzemelerin tüm özelliklerinin ortaya çıkarılması için birçok çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya da devam etmektedir. ÖKGDD 'in aşınma davranışlarıyla ilgili birçok çalışma yapılmış [12-17] ancak mikro-aşınmasıyla ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada östemperleme sıcaklığının küresel grafitli dökme demirin iki farklı yük altında (10N ve 20N) mikro-aşınma davranışına etkisi araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Malzeme ve Isıl İşlemler

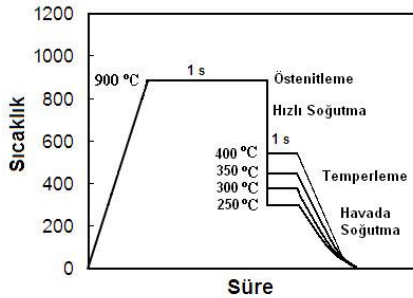
Deneysel çalışmalarda kullanılan küresel grafitli dökme demir %C: 3.840, %Si: 2.273, %S: 0.010, %Cr: 0.021, %Cu: 0.044, %Sn: 0.005, %Mn: 0.141, %Ti:0.020 , %Mg:0.039 , %P:0.048 kimyasal bileşimine sahiptir.

Deneysel malzemenin mikroyapı fotoğrafı Şekil 1'de verilmiştir. Mikroyapı iyi bir küreselliğe sahip grafit kürelerini çevreleyen ferrit ve perlitik bir matristen oluşmaktadır. Aşınma deney numuneleri 25 mm çapında ve 7 mm kalınlığında diskler şeklinde hazırlanmış ve sonra östemperleme ısıl işlemine tabii tutulmuştur.



Şekil 1. Deneysel malzemenin optik mikroyapısı.

Deney numuneleri paslanmaz çelik kutu içerisinde kendi talaşına gömüldükten sonra sıcaklığın ± 1 °C hassasiyetle kontrol edilebileceği elektrik direnç fırınında 900 °C de 1 saat östenitlendikten sonra numuneler kutu içerisinde hızla alınarak 250, 300, 350 ve 400 °C 'deki tuz banyosu içine atılmıştır. Tuz banyosunda 60 dakika bekletildikten sonra fırın dışına alınan numuneler oda sıcaklığına soğutulmuş ve bol suyla yıkanıp kurutulmuştur. Östemperleme işleminin yapıldığı tuz banyosu %50 NaNO₃ + %50 KNO₃ bileşiminden oluşmaktadır. Her bir östemperleme şartı için üçer numune kullanılmıştır.

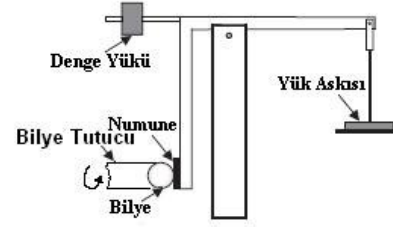


Şekil 2. Alaşımız küresel grafitli dökme demire uygulanan östemperleme ısıl işlem çevriminin şematik gösterimi.

2.3. Mikro-aşınma Deneyi

Östemperlenen numuneler, Şekil 3'de şematik olarak gösterilen mikro-aşınma test cihazında aşınma deneylerine tabii tutulmuştur.

Aşınma deneyleri, 8mm çapındaki WC-Co bilyenin numune yüzeyinde 300 devir/dakika hızla döndürülerek gerçekleştirilmiştir. Deneyler 10 N ve 20 N yükler altında, kuru ortamda 60 dakikalık süreler için yapılmıştır.



Şekil 3. Mikro-aşınma deney cihazının şematik resmi.

Deney sonucu oluşan aşınma izleri optik mikroskop altında ölçüldükten sonra aşağıdaki formül kullanılarak aşınma hacimleri hesaplanmıştır. V: Aşınma hacmi (mm³), d: Aşınma iz çapı(mm), R: Bilye yarıçapı(mm)[11].

$$V = \frac{\pi d^4}{64R} \quad d \ll R$$

2.3. Sertlik Deneyi

Aşınma numunelerinin aşınma izi dışında kalan bölgelerden Brinell sertlik ölçümleri alınmıştır. Isıl işlem görmemiş küresel grafitli dökme demirin sertliği Rockwell C yöntemiyle ölçmeye elverişli olmadığından Brinell sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır. Her bir şart için 6-8 arasında ölçüm yapıp ortalaması alınmıştır.

2.4. Metalografik İnceleme

Aşındırılan numunelerin hem aşınma izleri hem kesit mikroyapıları Olympus BX-60 marka optik mikroskopta incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Mikroyapı incelemesi için, kesit zımparalama ve parlatma kademelerinden geçirildikten sonra %2 Nital ile dağlanmıştır.

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

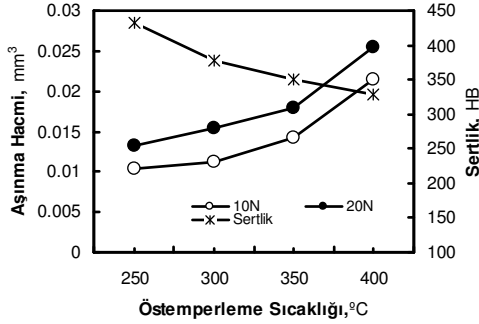
Deneysel çalışmalarda elde edilen tüm sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Elde edilen aşınma hacmi ve sertlik değerleri.

Östemperleme Sıcaklığı, °C	250	300	350	400	İşlemsiz	
Aşınma Hacmi, mm ³	10N	0,0104	0,0113	0,0143	0,0214	0,102
	20N	0,0132	0,0154	0,0179	0,0254	0,407
Sertlik, HB	432	377	350	328	156	

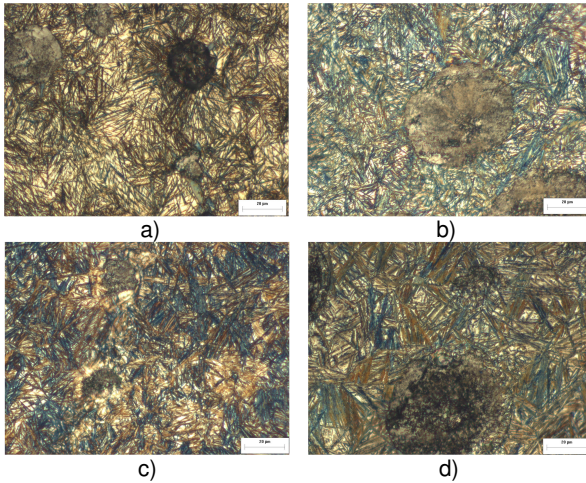
Östemperleme sıcaklığına bağlı olarak sertlik ve iki farklı yükteki aşınma hacmi değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Tablo 1 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde östemperleme işlemiyle aşınma hacminin önemli oranda azaldığı görülmektedir. Örneğin, 10N yük altındaki aşınma hacimleri dikkate alındığında östemperlenen numunelerin işlem görmemiş numuneye göre yaklaşık 4,7 (0,102/0,0104) ila 9,8 (0,102/0,0214) kat daha az aşındığı anlaşılmaktadır. 20N yük altında ise östemperlenen numunelerde aşınma hacmi ısıl işlemsize göre 16 (0,407/0,0254) ila 30,8 (0,407/0,0132) kat daha düşük ölçülmüştür. Buradan, artan yük ile aşınma direncinin arttığı söylenebilir.

Aşınma hacminin östemperleme sıcaklığı ve uygulanan yükten etkilendiği grafikten açıkça görülmektedir. Artan östemperleme sıcaklığı ile uygulanan her iki yük için aşınma hacmi artmaktadır. Tüm östemperleme sıcaklıkları için 20N yük altında ölçülen aşınma hacimleri 10N yüke göre daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 4. Östemperleme sıcaklığına bağlı olarak sertlik ve iki farklı yükteki aşınma hacmi değişim grafiği

Şekil 4'de östemperleme sıcaklığının artmasıyla sertliğin azaldığı görülmektedir. Artan sertlik ile aşınma hacmi azalmakta ve malzemenin aşınma direnci artmaktadır. Sertliğin mikroyapıya bağlı olduğu bilinmektedir. Östemperleme sıcaklığına bağlı olarak elde edilen optik mikroyapı fotoğrafları Şekil 5'de görülmektedir.

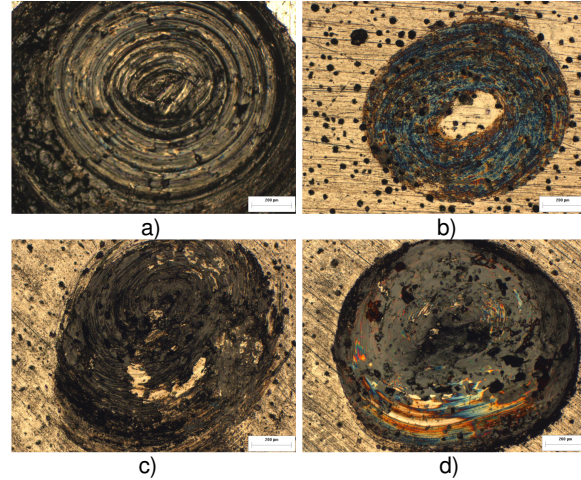


Şekil 5. 900 °C'de 1 saat östenitlenip, a) 250 °C, b) 300 °C, c) 350 °C ve d) 400 °C'de 60 östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin mikro yapıları.

250°C ve 300°C'de östemperlenmiş numuneler çok ince iğnesel ferrit içeren alt ösferritik mikro yapıya sahipken (Şekil 5a ve b) 350 ve 400 °C'de üst ösferritik mikroyapıya sahiptir. Üst ösferrit, tüylü ferrit plakaları ve yüksek oranda yüksek karbonlu kalıntı östenitten oluşmaktadır. Alt ösferrit yüksek sertliğe sahip olduğundan aşınma direnci yüksektir. Üst ösferritik yapıda bulunan yüksek karbonlu kalıntı östenit ısı olarak -120 °C'ye kadar kararlıdır. Buna karşılık deformasyonla martenzite dönüşebilmektedir. Literatürde[5, 12] yüksek karbonlu kalıntı östenitin 350-375

°C östemperleme sıcaklığı aralığında maksimum olduğu kaydedilmektedir. Dolayısıyla, 350 °C'de yüksek oranda yüksek karbonlu kalıntı östenitin uygulanan yükün oluşturacağı deformasyon ile martenzite dönüşerek sertliği artırması ve böylece aşınma direncinin iyileşmesi beklenir[13]. Ancak bu çalışmada bunu doğrulayacak bir sonuç elde edilememiştir. Bunun uygulanan yükün martenzitik dönüşüm sağlayacak kadar büyük olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Aşınma izleri incelendiğinde (Şekil 6) tek bir aşınma türünün hakim olmadığı görülmektedir. Isıl işlem uygulanmamış numunenin aşınmasında abrasif aşınmanın etkili olduğu dairesel kazıma izlerinden anlaşılmaktadır. Ancak östemperlenmiş numunelerde abrasif aşınma türünden ziyade adeziv aşınma karakterine daha uygun olduğu görülmektedir. İzlerde görülen siyah bölgeler yüzeye açık grafik kürelerini temsil eder.



Şekil 6. 10N yük altında yapılan aşınma deneyleri sonucunda oluşan aşınma izlerinin optik fotoğrafları a) Isıl işlemsiz b) 250 °C c) 350 °C ve d) 400 °C'de östemperlenmiş.

4. Sonuçlar

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Östemperleme ısıl işlemi küresel grafitli dökme demirin mikro-aşınma direncini önemli oranda arttırmıştır.
2. Artan östemperleme sıcaklığı ile aşınma direnci düşmüştür. Buna sertliğin düşmesinin neden olduğu düşünülmektedir.
3. Çalışılan şartlarda artan yükün aşınmayı artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, artan yük, ısıl işlem uygulanmamış numunenin aşınma hacminin östemperlenmiş numunelerin aşınma hacmine oranında artışa neden olmuştur.
4. Östemperlenmiş numunelerin aşınması ağırlıklı olarak adezyon türünde gerçekleşmiştir.

Kaynaklar

- [1] Özel, A., Yalçın, Y., Kısakürek, Ş.E., "GGG 40 Sınıfı Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Östemperleme Isıl İşleminin Darbe Direnci ve Darbe Geçiş Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi" I.Isıl İşlem Sempozyumu, İSTANBUL, sy-15, 1998.
- [2] Yalçın, Y., Özel, A., "Ferritleme Isıl İşleminin östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin özelliklerine etkisi", 7. Uluslararası Metalurji ve Malzeme kongresi, ANKARA, sy-841, 1993.
- [3] Magalhaes, L., Seabra, J., "Wear and scuffing of austempered ductile iron gears" Wear 215, sy-237-246, 1998.
- [4] Yalçın, Y., Alp, A., "Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirin Hidroklorit Asit Çözeltisindeki Korozyon Davranışı", 3. Uluslararası İleri Teknoloji Sempozyumu, ANKARA, sy.182, 2003.
- [5] Rao, P.P., Putatunda, S.K., "Investigations on the fracture toughness of austempered ductile iron alloyed with chromium" Materials Science and Engineering A346, pp.254-265, 2003.
- [6] Eric, O., Sidjanin, L., Miskovic, Z., Zec, S., Jovanovic, M.T., "Microstructure and toughness of CuNiMo austempered ductile iron" Materials Letters 58, pp.2707-2711, 2004.
- [7] Eric, O., Jovanovic, M., Sidjanin, L., Rajnovic, D., Zec, S., "The austempering study of alloyed ductile iron" Materials & Design, Volume 27, Issue 7, Pages 617-622, 2006.
- [8] Sahin, Y., Durak, O., "Abrasive wear behaviour of austempered ductile iron" Materials & Design, Volume 28, Issue 6, Pages 1844-1850, 2007.
- [9] Harding, R.A., "Opening up the Market for ADI", The Foundryman, pp.197-208, June 1993.
- [10] Morgan, H.L., "Introduction to Foundry Production and control of Austempered Ductile Iron", The British Foundryman, Feb./March 1987.
- [11] Oliveira, C.K.N., Munoz Riofano, R.M., Casteletti, L.C., "Micro-abrasive wear test of niobium carbide layers produced on AISI H13 and M2 steels", Surface & Coatings Technology 200, pp.5140-5144, 2006.
- [12] Yalçın, Y., "ÖKGDD Dişli Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi", İTÜ fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
- [13] ZHOU, WU-S, and ZHOU, QING-DE, Lubricated Sliding and Rolling, "Wear of Austempered Ductile Iron", Wear, 162-164, pp.696-702, 1993.
- [14] Jeng, M.C., "Abrasive Wear Study of Bainitic Nodular Cast Iron", Journal of Materials Science, pp.6555-6561, 28, 1993.
- [15] Fordyce, E.P., and Allen, C., "The Dry Sliding Wear Behaviour of an Austempered Spheroidal Cast Iron", Wear, pp.265-278, 135, 1990.
- [16] Prado, J.M., Pujol, A., Cullerell, J. and Tartera, J., "Dry Sliding Wear of Austempered Ductile Iron", Materials Science and Technology, Vol. 11, pp. 294-298, March, 1995.
- [17] Xilu, G., and Zhang, H., "Sliding Wear Characteristics of Austempered Ductile Iron with and without Laser Hardening", Wear, 138, pp.1-12, 1990.