

EFFECT OF WIPER CUTTING TOOL GEOMETRY ON MACHINING OF DUCTILE CAST IRON

Metin ZEYVELİ^{*1}, Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU²

¹Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, KARABÜK

²Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, KARABÜK

Received/Geliş: 16.02.2011 Revised/Düzeltilme: 21.03.2011 Accepted/Kabul: 08.08.2011

ABSTRACT

In this study the effect of wiper cutting tool geometry and cutting tool nose radius was investigated on machining of ductile cast iron (DCI). In this purpose, turning test were carried out at three cutting speeds (200, 275 and 350 m/min), three feed rates (0.05, 0.15 and 0.15 mm/rev) and at a constant depth of cut (1 mm). In turning test were carried out dry cutting and coated cemented carbide was used as cutting tool. The results show minimum surface roughness were obtained 1.2 mm cutting tool nose radius. The best surface roughness was obtained in experiments at the big tool nose radius, high cutting speed and lower feed rate. According to the results the increasing cutting tool nose radius has a positive effect on the surface roughness.

Keywords: Ductile cast iron, wiper cutting tool, surface roughness, machining.

WIPER UÇ GEOMETRİSİNİN GGG 60 KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada GGG-60 küresel grafitli dökme demir (KGDD) malzemenin işlenebilirliğine, wiper (silici) uç ve kesici uç yarıçapının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, üç farklı kesme hızında (200, 275, 350 m/dak), üç farklı ilerleme değerinde (0.05, 0.15, 0.25mm/dev) ve sabit kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır. Deneyler, kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan en düşük yüzey pürüzlülüğünün 1.2 mm yarıçaplı kesici takım ile oluştuğu görülmüştür. Büyük uç yarıçapında, yüksek kesme hızlarında ve düşük ilerlemede, çok iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Sonuçlara göre, kesici takım uç yarıçapının büyümesi, yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu bir etki yapmıştır.

Anahtar Sözcükler: Küresel grafitli dökme demir, wiper kesici takım, yüzey pürüzlülüğü, işlenebilirlik.

1. GİRİŞ

Dökme demir içerisindeki karbonun, lamel şeklinden küresel hale dönüşmesi ile küresel grafitli dökme demir meydana gelmektedir. Karbonun büyük bir kısmının küre şeklini alabilmesi için, ergimiş metale az miktarda Seryum (Ce), Magnezyum (Mg) vb. gibi elementlerin ilavesiyle özel olarak üretim yapılmaktadır. Küresel grafitli dökme demirin döküm malzemelere göre üstünlükleri; tasarım esnekliği, düşük maliyet, yüksek aşınma direnci, yüksek dayanım, iyi işlenebilirlik, iyi tokluk ve iyi yorulma dayanımı olarak sıralanabilir [1].

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: mzeyveli@karabuk.edu.tr, tel: (370) 433 82 00 / 1107

Dökme demir içerisindeki grafitin yapısı, elastiklik ve tokluğu etkileyerek, değişik mekanik özellikler ortaya çıkarmaktadır. Grafitin küresel şekilde oluşturulması, çatlak oluşumunun engellenmesi, tokluk ve elastiklik üzerine olumlu bir etki yapmaktadır [2]. Oluşturulan küresel grafitin, parça içerisinde homojen bir şekilde dağılması, parçanın her yerinde aynı özelliği göstermesini sağlamaktadır [3].

KGDD'lere değişik ısı işlemleri uygulanarak, içyapıları değiştirilebilmektedir. Bu sayede malzeme, istenilen özelliklere en yakın hale gelebilmektedir [4,5]. KGDD'lere östemperleme işlemi uygulanarak, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirler üretilmektedir. ÖKGDD'ler yüksek dayanımla beraber, yüksek süneklik ve tokluk, yüksek yorulma dayanımı ve aşınma direnci gibi birçok avantajı bir arada toplamaktadır [6-8].

Bir malzemenin yüksek mekanik özelliklere sahip olması, o malzemeyi diğer malzemelerden ayıran en önemli özelliktir. Bunun yanı sıra, malzemenin işlenebilirliği de mekanik özellik kadar önem taşımaktadır. İşlenebilirliğin iyileştirilmesi, imalat sırasında maliyeti düşüreceği için, önemli bir etkidir. Bu nedenle, literatürde bu konu ile ilgili değişik çalışmalara rastlanmaktadır. KGDD ve ÖKGDD'lere katılan alaşım elementlerinin, mikroyapı, mekanik özellikler, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülükleri üzerinde büyük etkilerinin olduğu belirtilmiştir [9, 10]. KGDD ve ÖKGDD'lerin işlenebilirliğinde, düşük Östemperleme sıcaklığının, kesme kuvvetlerini artırırken yüzey pürüzlülüğü değerlerini düşürdüğü, hızın artırılmasının ise, kesme sürecinde titreşimi azalttığı belirtilmiştir [11,12]. ÖKGDD'nin abrasif aşınma davranışına, östemperleme işleminde soğutmanın etkisini ve östemperleme sıcaklığının ve süresinin işlenebilirliğe etkisini araştıran, değişik çalışmalara da rastlanmaktadır [13-15]. KGDD'nin korozyon direncini araştıran değişik çalışmalar da mevcuttur [16].

ÖKGDD'den imal edilen dişli çarkların frezelenmesinde, yüksek hız çeliği kesici takım kullanılarak, grafit parçacıklarının takım aşınmasına ve bitirme yüzeyi pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Tamamen kaplamalı kesici takımda meydana gelen aşınma, kısmen kaplamalı takıma göre daha fazla olmuştur. Bunun sebebinin ise, kesme kenarındaki talaş birikmesinin, takım aşınmasını etkilemesi olduğu düşünülmektedir [17]. KGDD'nin işlenmesinde, standart uç geometrisi ve wiper uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisini araştıran çalışmada, en iyi yüzey pürüzlülüğü, wiper uç geometrisi ile 320 m/dak kesme hızında ve 0.15 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir [18]. Wiper uç geometrisinin, su verme ile sertleştirilmiş çelik malzemelerin işlenmesinde, standart uçlara oranla, 2.5 kat ilerleme değerinde, yaklaşık aynı pürüzlülüğü sağladığı belirtilmiştir [19].

Diğer bir çalışmada ise, AISI D2 çeliğinin, seramik wiper geometrilili seramik uçlarla işlenmesindeki takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiş, wiper takım ile 0.18-0.20 µm'lik düşük yüzey pürüzlülüklerine ulaşılabildiği belirtilirken, takım ömrünü ifade eden aşınma değerine 15 dak'da ulaşılmıştır [20]. Dökme demirlerin yüksek hızlarda frezelenmesinde, seramik ve wiper geometrinin performansları araştırılmış ve takım hasarları incelenmiştir. Wiper geometrilili takım sisteminin performansının, daha yüksek olduğu belirtilmiştir [21].

Bu çalışmada, GGG-60 standardındaki KGDD'nin, farklı kesme parametreleri ve farklı uç yarıçaplarına sahip wiper geometrilili kesici takımlar kullanılarak işlenmesindeki, yüzey pürüzlülüğü değerleri tespit edilmiştir. Wiper geometrilili takımların, bu kriterlere ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri belirlenmiştir. Ayrıca KGDD'nin işlenmesinde, wiper geometri ve standart geometrilili kesici takımlar arasındaki fark deneysel olarak tespit edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzeme

Çalışmada kullanılan KGDD, A United Cast Bar Company (UK) firması tarafından üretilen, Unibor-600-3 (EN-GJS-600-3) standardında malzemedir. Numunenin ölçüleri Ø50x250 mm olarak hazırlanmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri, Çizelge 1'de

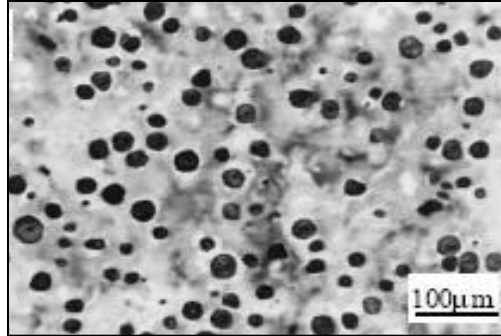
verilmektedir. Malzemenin sertliği 229-255 HB aralığında olup, mikroyapı fotoğrafı Şekil 1'de verilmiştir. Mikroyapısı; %90 nodüllü, %75 perlit, %25 ferriten oluşmuştur.

2.2. Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Deneylerde, wiper uç geometrisine sahip, CVD yöntemi ile kaplanmış, sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Standart kesici takımlar kalitesi KC 9225, uç yarıçapları 0.4, 0.8 ve 1.2 mm olup formu WNMG şeklindedir. Wiper Kesici takımların kalitesi; uç yarıçapı 0.4 mm için KC 9315, 0.8 ve 1.2 mm için KC 9325 olup, formu WNMG şeklindedir. Wiper kesici takımın uç geometrisi ve boyutları, Şekil 2.a ve b'de görülmektedir. Kesici takımın bağlandığı takım tutucu, yavaşma açısı 95° olacak şekilde tasarlanmış, eğim ve talaş açılı sırasıyla $\lambda_s = -5^\circ$ ve $\lambda_e = -5^\circ$ olan, ISO DWLN R/L 2020K08KC04 metrik formundaki mekanik sıklı takım tutucudur (Şekil 2.c) [22]. Wiper kesici takım uç geometrisindeki uç yarıçapları ise, Şekil 2.d'de verilmiştir.

Çizelge 1. KGDD malzemenin kimyasal bileşimi

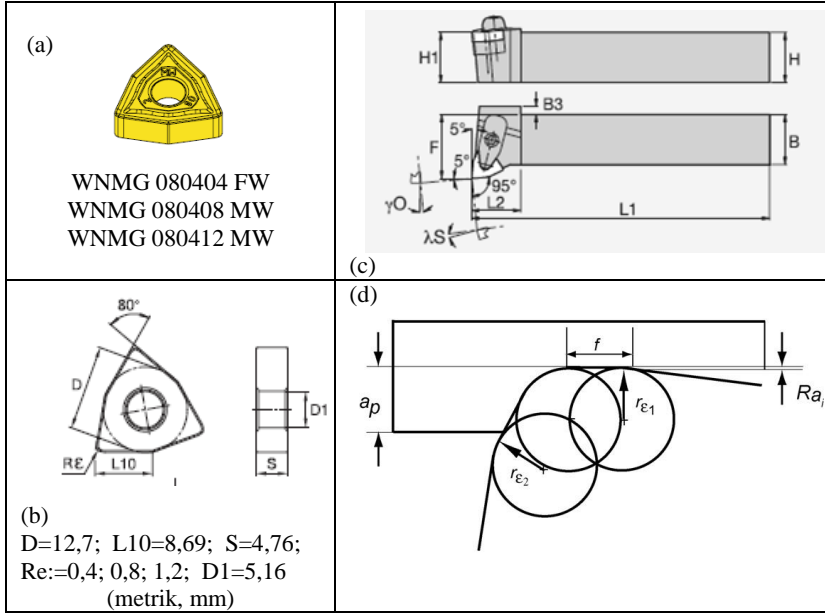
Alaşım elementi	% oranı
%C	3.69
%Si	2.59
%Mn	0.25
%S	0.015
%P	0.046
%Mg	0.063
%Cu	0.27
Diğer	%SN 0.26



Şekil 1. KGDD malzemenin mikroyapısı

Deneyler, Taksan TMC 550 CNC torna tezgahında yapılmıştır. Tezgahın gücü 10 kW, iş mili devir sayısı 6000 dev/dak, iş parçası maksimum boyu 550 mm, hassasiyet 0.001 mm'dir. Deneylerde üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı kullanılmıştır. Talaş derinliği, tüm kesme parametrelerinde sabit ($a=1$ mm) alınıp, tornalama işlemleri kuru kesme şartlarında, iş parçasından 30 mm'lik boylarda talaş kaldırılması ile gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir. İşlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, "Mahr" Perthometer M1 tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Pürüzlülük ölçümlerinde örnekleme uzunluğu 0.8 mm ve değerlendirme uzunluğu ise 4 mm olarak dikkate alınmıştır. Ölçümler iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası her ölçüm sonrası kendi eksenine etrafında yaklaşık 120° döndürülerek, üç farklı bölgede

gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucu bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak, ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2. Wiper kesici takım geometrisi (r_{e1} ve r_{e2} wiper eğrilik yarıçapı)

Çizelge 2. Deneilerde kullanılan kesme parametreleri

Parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme Hızı, (v), (m/dak)	200	275	350
İlerleme Hızı, (f), (mm/dev)	0.05	0.15	0.25
Wiper Uç Yarıçapı (mm)	0.4	0.8	1.2
Talaş Derinliği, (a), (mm)	1		

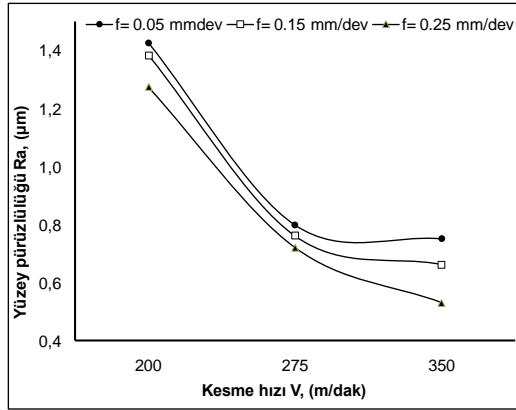
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Wiper Geometrinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

KGDD'nin Wiper geometrili kesici takımlarla işlenmesi sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin grafikleri, her bir uç yarıçapı için, kesme hızının ve ilerleme hızının etkisi şeklinde oluşturulmuştur. Ayrıca, büyük uç yarıçaplı kesici takımlarda wiper geometrinin, standart geometriye göre nasıl bir performans sergilediği de incelenmiştir.

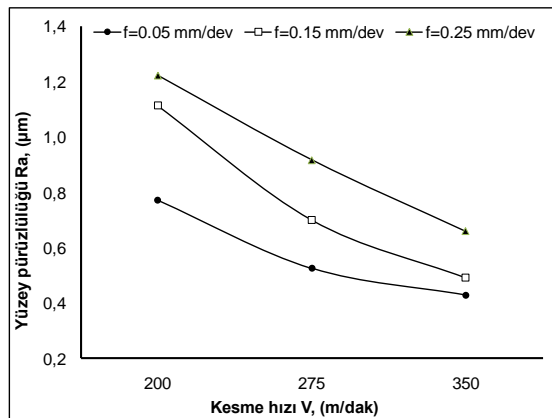
Uç yarıçapı 0.4 mm kesici takımla yapılan deney sonuçlarına göre oluşturulan kesme hızı- yüzey pürüzlülüğü grafiği Şekil 3'de verilmiştir. Bu grafiğe göre, kesme hızının artması ile tüm ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmektedir. Burada iki önemli nokta dikkat çekmektedir. Birincisi 200 m/dak kesme hızında elde edilen pürüzlülük değeri, 275 m/dak kesme hızında elde edilen pürüzlülük değerinden yaklaşık %50 oranında düşük çıkmasıdır. İkinci olarak ise tüm kesme hızı değerlerinde en düşük yüzey pürüzlülük değerleri sıralaması ilerleme

hızlarında büyükten küçüğe doğru 0.25, 0.15 ve 0.05 mm/dev şeklinde sıralanmış olarak çıkmasıdır. Bunun sebebi, küçük uç yarıçapının düşük ilerleme değerlerinde parça ile daha fazla temas etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum literatürde de geçen wiper geometrinin yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme değerlerinde daha iyi sonuç verdiği görüşünü de desteklemektedir [23]. Burada en düşük yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında, 0.25 mm/dev ilerleme değerinde 0.531 μm olarak elde edilmiştir.



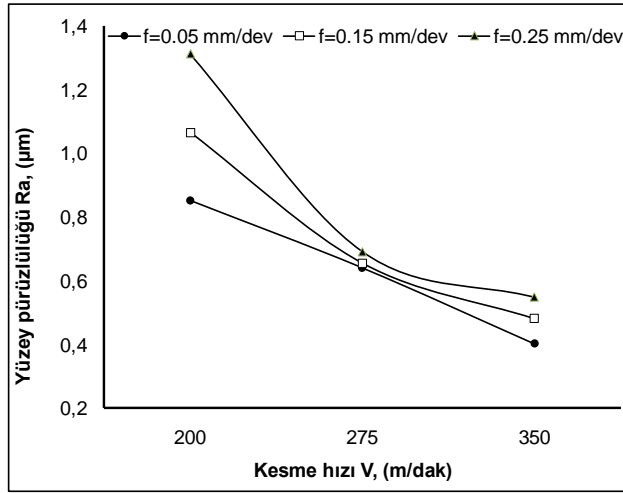
Şekil 3. Kesme hızı yüzey pürüzlülüğü ilişkisi (uç yarıçapı 0.4 mm)

0.8 mm uç yarıçaplı takım ile yapılan deneylerden elde edilen grafikler, Şekil 4'de verilmiştir. Grafikte kesme hızının artması ile pürüzlülük değerlerinin düştüğü açık olarak görülmektedir. Burada en dikkat çekici nokta, genel olarak standart uçlarla yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme değerinde düşük yüzey pürüzlülüğü elde edildiği görüşüne uygun olarak wiper uç'la tüm kesme hızlarında en düşük ilerleme değeri olan 0.05 mm/dev de düşük pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Burada 0.4 mm yarıçaplı wiper uç deney sonuçlarına göre tam ters bir durum ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi uç yarıçapının büyümesi ile düşük ilerleme değerlerinde wiper geometrinin daha fazla etkili olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu uç yarıçapı ile yapılan deneyler neticesinde elde edilen en düşük yüzey pürüzlülüğü ise 350 m/dak kesme hızında, 0.05 mm/dev ilerleme değerinde 0.428 μm olarak elde edilmiştir.



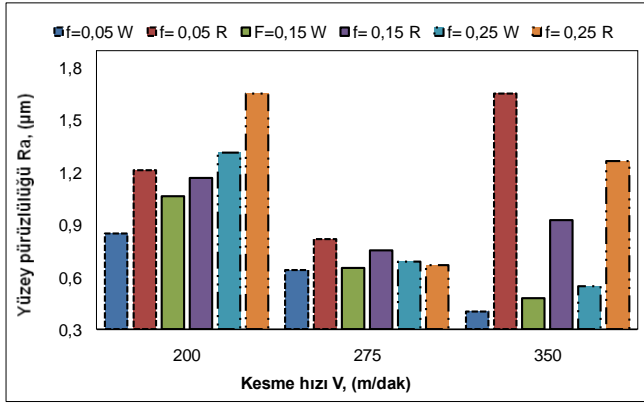
Şekil 4. Kesme Hızı Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisi (Uç yarıçapı 0.8 mm)

Uç yarıçapı 1.2 mm wiper geometrili kesici takımlarla yapılan deneyler sonucu oluşan pürüzlülük grafiği Şekil 5’de verilmiştir. Burada bütün ilerleme hızı eğrilerinde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde azalma meydana gelmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında, sırasıyla 0.05, 0.15 ve 0.25 mm/dev ilerleme değerlerinde 0.401, 0.480 ve 0.547 μm oluşmuştur. Bu pürüzlülük değerleri arasındaki en büyük fark 0.146 μm olmuştur. Bu durum wiper uç geometrisi ile yüksek ilerleme değerlerinde, standart uç geometrisi ile yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme değerlerinde elde edilen pürüzlülüğe yakın sonuçların elde edilebileceğini göstermiştir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında büyük uç yarıçaplı kesici takım ile işlenen parçaların yüzey pürüzlülüğünün daha iyi çıktığı belirtilmektedir [24, 25].

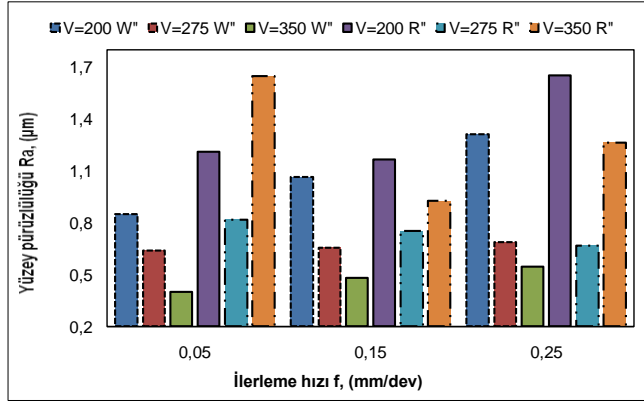


Şekil 5. Kesme hızı yüzey pürüzlülüğü ilişkisi (uç yarıçapı 1.2 mm)

Wiper ve standart geometrili, uç yarıçapı 1.2 mm kesici takım ile yapılan deneyler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük grafikleri Şekil 6’da verilmiştir. Kesme hızı yüzey pürüzlülüğü değişimi yönünden (Şekil 6.a) grafiğe bakıldığında 350 m/dak kesme hızında 0.05 mm/dev ilerleme değerinde wiper geometri en iyi yüzey pürüzlülüğünü vermiştir. Bu kesme hızında standart uç ile, 0.05, 0.15, 0.25 mm/dev ilerleme değerinde elde edilen pürüzlülük değerleri sırasıyla 1.651, 0.926 ve 1.265 μm şeklinde elde edilmiştir. Aynı parametrelerde wiper uç ile elde edilen pürüzlülük değerleri ise sırasıyla 0.401, 0.480 ve 0.547 μm olarak elde edilmiştir. Bu değerlerden wiper uç geometrisinin yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme değerlerinde standart uçtan daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum kesici takım firmalarının wiper geometri için söyledikleri, 2 kat daha iyi yüzey pürüzlülüğü veya aynı yüzey pürüzlülüğü ile iki kat fazla ilerleme sağladığı görüşünü desteklemektedir [19, 23]. İlerleme hızı yüzey pürüzlülüğü grafiğine bakıldığında (Şekil 6.b) wiper geometrinin bütün ilerleme değerlerinde standart uca göre daha düşük pürüzlülük değerleri verdiği görülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 6. Wiper ve standart kesici takımın yüzey pürüzlülüğüne göre karşılaştırılması, (a) Kesme Hızı -Yüzey Pürüzlülüğü; (b) İlerleme Hızı -Yüzey Pürüzlülüğü (W: wiper uç, R: Standart uç, uç yarıçapı 1.2 mm)

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada KGDD GGG60'ın wiper ve standart geometrili kesici takımlarla işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğünün araştırılması amacıyla üç değişik kesme hızında ve üç değişik ilerleme değerinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 0,4 mm uç yarıçaplı wiper geometrili kesici takımla yapılan deneylerde en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında 0.25 mm/dev ilerleme değerinde 0,531 µm oluşmuştur. Bu malzeme için wiper geometrinin yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme değerinde kullanılmasının yüzey kalitesini düşürmeden üretim kapasitesinde artış sağlayacağı söylenebilir.
- 0.8 mm uç yarıçaplı wiper geometrili kesici takımla yapılan deneyler sonucunda en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında, 0.05 mm/dev ilerleme değerinde 0.428 µm olarak oluşmuştur. Burada wiper uç geometrisinin büyümesinin, kesme hızı artarken ilerlemenin de düşmesinin yüzey pürüzlülüğünde olumlu etki yaptığı görülmüştür.

- 1.2 mm uç yarıçaplı wiper geometrilili kesici takımla yapılan deneylerde en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında, 0.05 mm/dev ilerleme değerinde, 0.401 µm olarak tüm deneylerden elde edilen en iyi pürüzlülük değeridir. Bu takımda kesme hızının artması, ilerlemenin ise düşmesi yüzey pürüzlülüğünde olumlu etki yapmıştır.
- Wiper ve standart geometrilili 1.2 mm uç yarıçaplı kesici takımla yapılan deneyler karşılaştırıldığında, wiper geometride kesme hızının artmasının pürüzlülüğü düşürdüğü açıkça görülmüştür. Wiper geometri, ilerleme hızının en yüksek değerinde bile standart uçlu geometrinin sağladığı pürüzlülükten daha düşük değerler elde edilmesini sağlamıştır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Cakir M.C., Isik Y., “Investigating the machinability of austempered ductile irons having different austempering temperatures and times”, *Materials and Design*, 29, 937–942, 2008.
- [2] Lacoviello, F., Cocco, V.D., , “Fatigue crack paths in ferritic-perlitic ductile cast irons”, In: *Proceedings of International Conference on Fatigue Crack Paths*, September, Parma-Italy, 18–20, 116, 2003.
- [3] Solberg, J.K., Onsoien, M.I., “Nuclei for heterogeneous formation of graphite spheroids in ductile cast iron”, *Material Science and Technology*, October, 17, 10, 1238-1242, 2001.
- [4] Aran, A., “Lamel ve küresel grafitli dökme demirlerin ısı işleme”, *TMMOB, Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Döküm Teknolojisi Seminer Notu*, 28 Eylül, 126-145, 1991.
- [5] Rana, A. M., Khan, A. F., Amjad, S., Abbas, T. “Microstructural evolution in heat-treated cast irons”, *Journal of Research (Science)*, 12, 1, 45-71, (2001).
- [6] Walton, C.F., “Mechanical properties of ductile iron”, *Iron Castings Handbook*, Iron Castings Society Inc., 323-376, 1981.
- [7] Lerner, Y.S., “Wear resistance of austempered ductile iron”, *Foundry Management & Technology*, 74-80, 1999.
- [8] Dommarco, R.C., Salvande, J.D., “Contact fatigue resistance of austempered and partially chilled ductile irons”, *Wear*, 254, 230–236, 2003.
- [9] Şeker, U., Çiftçi, İ., Hasirci, H., “The effect of alloying elements on surface roughness and cutting forces during machining of ductile iron”, *Materials and Design*, 24, 47–51, 2003.
- [10] Hsu C.H., Chen M.L., Hu C.J., “Microstructure and mechanical properties of 4% cobalt and nickel alloyed ductile irons”, *Materials Science and Engineering A*, 444, 339–346, 2007.
- [11] Ucuñ I., Aslantas K., “The performance of ceramic and cermet cutting tools for the machining of austempered ductile iron”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41, 642–650, 2009.
- [12] Ghani, A.K., Choudhury I.A., Husni., “Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool” *Journal of Materials Processing Technology* 127, 17–22, 2002.
- [13] Klocke F., Klöpper C., Lung D., Essig C., , “Fundamental wear mechanisms when machining austempered ductile iron (ADI), *Annals of the CIRP.*, 56, 1, 2007.
- [14] Cakir M.C., Bayram A., Isik Y., Salar B., , “The effects of austempering temperature and time onto the machinability of austempered ductile iron”, *Materials Science and Engineering A*, 407, 147–153, 2005.
- [15] Çetin, M., Gül, F., “Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin abrasiv aşınma davranışına östemperleme işleminde soğutmanın etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 21, 2, 359-366, 2006.

- [16] Aigbodion, V.S., Mohammed, O.Y., Yakubu, S.I., Agunsoye, J.O., “Corrosion characteristics of vanadium alloyed ductile cast iron in nitric acid”, *Journal of Applied Sciences Research*, 4, 10, 1267-1271, 2007.
- [17] Matsuoka, H., Tsuda, Y., Ono, H., “Fundamental research on hobbing of austempered ductile iron gear (influence of graphite particle on machinability)”, *JSME International Journal Series C*, 46, 3, 1160-1170, 2003.
- [18] Zeyveli M., Demir H., , “Kesme parametrelerinin ve takım uç geometrisinin GGG-40 küresel grafitli dökme demirin işlenebilirliğine etkisi”, *Proceedings of 12th International Materials Symposium (IMSP’2008)*, October 15-17, Denizli, Turkey, 729-735, 2008.
- [19] Grzesik, W., Wanat, T. “Surface finish generated in hard turning of quenched alloy steel parts using conventional and wiper ceramic inserts”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 1988-1995, 2006.
- [20] Özel, T., Karpaz, Y., Figueira, L., Davim, J. P., “Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts”, *Journal of Materials Processing Technology* 189, 192-198, 2007.
- [21] Souza Jr., A. M., Sales, W. F., Santos, S. C., Machado, A. R., “Performance of single Si₃N₄ and mixed Si₃N₄ + PCBN wiper cutting tools applied to high speed face milling of cast iron”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, 335-344, 2005.
- [22] Kennametal, 2004, “Tornalama takım kataloğu”, Catalog 4010.
- [23] Sandvik Coromant, Wiper Tools. Turning Productivity, www.SandvikCoromant.com, 2001.
- [24] Chou Y.K., Song H., “Tool nose radius effects on finish hard Turning”, *Journal of Materials Processing Technology* 148, 259-268, (2004).
- [25] Correi A. E., Davim J. P., “Surface roughness measurement in turning carbon steel AISI 1045 using wiper inserts”, 10.1016/j.measurement. 2011.01.018.