

KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR KESİCİ TAKIM VE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Hasan GÖKKAYA*, Gökhan SUR, Hakan DİLİPAK****

*Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksekokulu, 78600/Karabük

**Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 06500/Ankara

Geliş Tarihi : 10.11.2004

ÖZET

Bu çalışmada, AISI 1030 çeliği bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan, kesme derinliği sabit tutularak (2 mm), değişik kesme hızı ve ilerleme hızı değerlerinde kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. AISI 1030 çeliği kaplamasız sementit karbür kesici takımla işlenerek, kesme parametrelerinden kesme hızı ve ilerleme hızı değerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Deneylerde, 0.25 - 0.45 mm/dev arasında beş farklı ilerleme ve 100, 200 ve 300 m/dak kesme hızı kullanılmıştır. İlerleme değerinin % 80 azaltılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde % 215 iyileşme sağlanmış, kesme hızının % 200 azaltılmasıyla ise % yüzey pürüzlülüğünde % 13 iyileşme elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kaplamasız sementit karbür kesici takım, Kesme parametreleri, Yüzey pürüzlülüğü

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF UNCOATED CEMENTIT CARBIDE INSERT AND CUTTING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS

ABSTRACT

In this work, AISI 1030 steel has been machined on a CNC lathe without cutting fluid, at various cutting speed and feed rate values with a constant depth of cut. Effect of cutting speed and feed rate on surface roughness were investigated by machining AISI 1030 steel by a carbide insert without coating. In the experiments five different feed rate values between 0.25 and 0.45 mm/dev and three different cutting speed settings 100, 200 and 300 m/dak were used. It is found that at lower feed rates, lower surface roughness is and at higher cutting speeds, higher surface roughness values are obtained. The lessening of cutting speed about 80 % improves the surface roughness 215 %, by increasing the cut-off rate about 200 % obtained an improvement of 13% respectively.

Key Word : Uncoated cemented carbide insert, Cutting parameters, Surface roughness

1. GİRİŞ

Makine parçalarının istenilen verimde çalışması, mekanik ömrü ve dış etkilere karşı direnci diğer faktörlerin yanında yüzey kalitesine de bağlıdır. Talaşlı imal usulleri kullanılarak yapılan yüzey

operasyonları, birçok değişkenden etkilenebilmektedir. Yüzey pürüzlülük değerinin azaltılması; paso derinliğinin azaltılması, düşük ilerleme ve yüksek kesme hızları kullanımı, soğutma sıvısı debisinin artırılması, kesici takımın uç yarıçapının ve talaş açısı değerlerinin büyük olması

gibi faktörlere bağlıdır (Thomas, 1982; Bayrak, 2002).

Kopac ve Bahor, sanayi de sık kullanılan temperlenmiş Ç1060 ve Ç4140 çeliklerinin işleme koşullarına bağlı olarak ile yüzey pürüzlülüğünün değişimi üzerine çalışmalarında, işleme parametrelerinin rasgele seçimi neticesinde ne tür sonuçlar ile karşılaşılabilceği üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında, her iki çelik için büyük uç yarıçaplı kesici takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşıldığını bildirmişlerdir (Kopac and Bahor, 1991). Benzer çalışmalar Yuan ve arkadaşları, Eriksen ve Özses tarafından da yapılmıştır (Yuan et al., 1996; Eriksen, 1998; Özses, 2002).

Dhar, AISI 1060 ve AISI 4140 çeliklerin talaşlı imalatı sırasında soğutma faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve ölçüsel sapmalar üzerinde belirli bir etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Kullandığı özel soğutma yöntemiyle kesme esnasında meydana gelen takım ısısını azaltmıştır. Takım aşınmasını, yüzey pürüzlülüğünü ve ölçüsel sapmaları soğutma sistemi kullanmadan yaptığı çalışmalarla karşılaştırmıştır. Talaş kırıcılığı ve kırıcısız iki tip takım kullanmış ve sıvı azotun -196 °C’ de takım yüzeyine püskürtülmesiyle (cryogenic cooling) elde ettiği sonuçlarda ön ve yan kenar aşınmasının, operasyon sırasında parçalarda ölçüsel sapmalarının azaldığı ve yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini bildirmiştir (Paul and Dhar, 2001; Dhar and Paul, 2001).

Lin’in S55C çeliği kullanarak yaptığı çalışmada, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin deneysel çalışmalarla elde ettiği sonuçları, regresyon analizleriyle formülize etmiş, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkilerini modellemiştir (Lin and Lee, 2001). Lin’in çalışmasına benzer çalışmalar (Risbood, Ghani, Petropoulos ile Torrance, Feng, Sekulic ve Gadelmavla) tarafından yapılmıştır (Ghani and Choudhury, 2002; Feng and Wang, 2002; Sekulic, 2002; Gadelmavla and Koura, 2002; Risbood and Dixit, 2003; Petropoulos et al., 2003).

Bu çalışmada, kaplama-sız sementit karbür (sert metal olarak adlandırılır) takımla, işleme parametresi olarak üç farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme kullanılarak, AISI 1030 çeliğinden talaş kaldırılmıştır. Kaplama-sız sementit karbür kesici takım ve işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Yığıntı talaş (Built Up Edge, BUE), yanak ve çentik aşınmalarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, kesme işlemi sonrası

yığıntı talaş, yanak ve çentik aşınmaları optik mikroskopla ile incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2. 1. Deney Numuneleri

Deneysel çalışmalar için, endüstride yaygın olarak kullanılan AISI 1030 çelik malzemeden Ø 150 x 450 mm boyutlarında hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin spektral analiz ile elde edilen kimyasal bileşimi Tablo 1’de ve mekanik özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Numunelerinin Kimyasal Kompozisyonu (% Ağırlık)

C	Si	Mn	P	S
0.276	0.110	0.610	0.040	0.050

Tablo 2. Deney Numunelerinin Mekanik Özellikleri

Sertlik HB	Kopma dayanımı MPa	Akma sınırı MPa	Kopma uzaması % (5do)
126	463.7	341.3	31.2

2. 2. Kesici Takım, Tezgah ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Aleti

Yalın karbonlu çelik malzeme için Mitsubishi firmasına ait ISO P20 kalitesinde kaplama-sız sementit karbür kesici takım (UTİ20T) kullanılmıştır. Deneylerde “SNMA 12 04 08” formunda değiştirilebilir uçlar ve bu uçlara uygun PSB NR 2525 M12 takım tutucu kullanılmıştır. Talaş kaldırma işlemleri için teknik özellikleri Tablo 3’de verilen JOHNFORD T35 CNC torna tezgahı kullanılmıştır.

Tablo 3. JOHNFORD T35 CNC Torna Tezgahının Özellikleri

X eksen	350	mm
Z eksen	600	mm
Tezgah Gücü	10	kW
Devir sayısı	4000	dev/dak
Hidrolik ayna çapı	350	mm
Hassasiyet	0.001	mm
Taret hane sayısı	12	adet

ISO 3685’ de tavsiye edilen aralıkta 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 ve 0.45 mm/dev ilerleme hızı değerleri ve uç radyüsüne bağlı olarak 2 mm kesme derinliği belirlenmiştir. Kesme hızı olarak imalatçı firmanın önermiş olduğu ideal kesme hızının dışına çıkılarak üç farklı kesme hızı 100, 200 ve 300 m/dak seçilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer M1 ölçü aleti kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçümleri için Cut-off (kesme uzunluğu) uzunluğu 0.8 mm ve örnekleme uzunluğu 5.6 mm olarak alınmıştır. Ortam sıcaklığı 20 ± 1 °C'dir.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3. 1. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğündeki Değişim

Kaplamasız sementit karbür takımlarda, üç farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme değerinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük (R_a), değerleri Tablo 4' de gösterilmiştir.

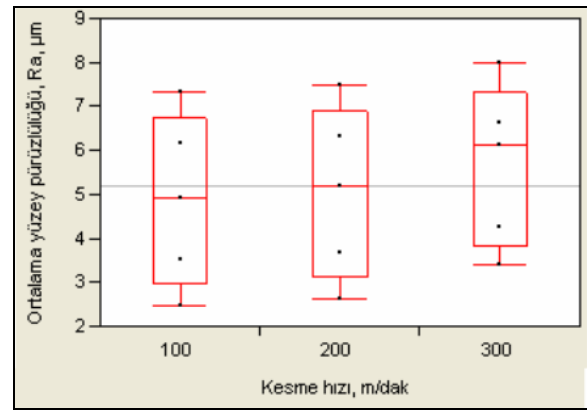
Tablo 4. Kesici Takım, Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Kesici Takım	Kesme Hızı m/dak	Kesme Derinliği mm	İlerleme mm/dev	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü R_a (μm)
Kaplamasız Sementit Karbür (Mitsubishi)	100	2	0.25	2.45
			0.30	3.53
			0.35	4.93
			0.40	6.18
			0.45	7.32
	200	2	0.25	2.61
			0.30	3.66
			0.35	5.2
			0.40	6.32
			0.45	7.5
	300	2	0.25	3.39
			0.30	4.24
			0.35	6.12
			0.40	6.64
			0.45	7.99

Kesme hızlarına göre ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine bakılacak olursa en az ortalama yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme hızında yapılan talaş kaldırmada görülmüş ve artan kesme hızıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir. Kesme hızı farklılıklarına göre elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ilgili standart sapma ile Şekil 1'de verilmiştir.

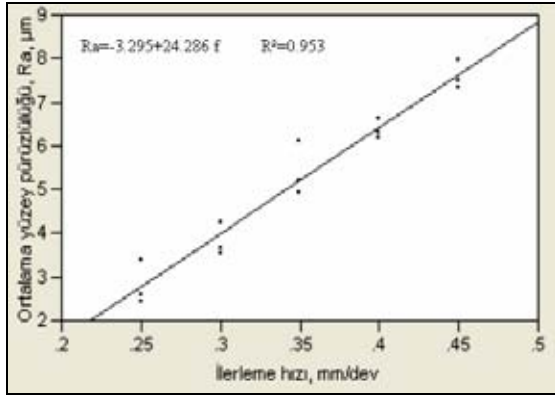
Şekil 1'deki grafikte, kesme hızındaki artışla birlikte, yüzey pürüzlülük değeri artış göstermektedir. Düşük kesme hızı 100 m/dak'da ortalama yüzey pürüzlülük değeri, ($4.842 \mu\text{m}$) elde edilmiştir. 200 m/dak kesme hızında ($5.058 \mu\text{m}$), 300 m/dak kesme hızında ise ($5.476 \mu\text{m}$) elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için

kesme hızının artırılması, literatürdeki en yaygın yöntemdir (Boothroyd, 1981; Shaw, 1984; Trent, 1984; Modern Metal Cutting, 1994; Paul Degarmo et al., 1997). Ancak bu çalışmada, denen değerler arasında kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür. Bu durum, kaplamasız kesici takımların, yüksek kesme hızlarında kullanılmasında kesme bölgesinde yüksek sürtünme katsayısına bağlı olarak oluşan yüksek sıcaklıkların kesici takım üzerinde oluşturduğu yan kenar ve çentik aşınmalarına bağlanmıştır. Kullanılan kesme hızları sonucunda kesici takım üzerinde görülen yan kenar ve çentik aşınması 30x büyütme optik mikroskop sonuçlarının şekilleri aşağıda verilmiştir.



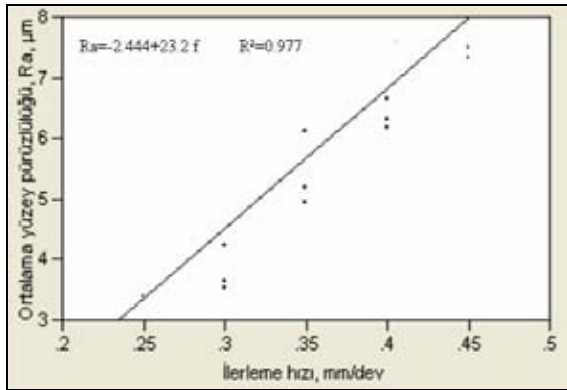
Şekil 1. AISI 1030 çeliğinin kaplamasız sementit karbür kesici takım, beş farklı ilerleme hızı (0.25-0.45 mm/dev) ile 100, 200, 300 m/dak kesme hızlarında işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri, (R_a)

Seçilen ilerleme hızlarında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri en küçükten en büyüğe doğru sırasıyla en yüksek ilerleme olan 0.45 mm/dev'de ($7.603 \mu\text{m}$), 0.40 mm/dev'de ($6.38 \mu\text{m}$), 0.35 mm/dev'de ($5.416 \mu\text{m}$), 0.30 mm/dev'de ($3.81 \mu\text{m}$) ve 0.25 mm/dev'de ($2.416 \mu\text{m}$) bulunmuştur. 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 ve 0.45 mm/dev'lik ilerleme değerlerinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde ilerleme değeri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür (Şekil 2). Yüksek ilerleme değerinde (0.45 mm/dev) elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü ($7.603 \mu\text{m}$) ilerlemenin % 80 civarında düşürülmesi ile (0.25 mm/dev) yüzey pürüzlülüğünde % 215 iyileşme ($2.416 \mu\text{m}$) gözlenmiştir. İlerleme değeri ile yüzey pürüzlülüğü arasında artan bir ilişki vardır. İlerleme değerindeki artışa bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğündeki artış, beklenen bir özellik olup yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için ilerleme değerinin azaltılması gerekmektedir (Boothroyd, 1981; Shaw, 1984; Trent, 1984; Modern Metal Cutting, 1994; Paul Degarmo et al., 1997).



Şekil 2. AISI 1030 çeliğinin kaplama-sız sementit karbür kesici takım, üç farklı kesme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0.25-0.45 mm/dev) değerlerinde işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri, (R_a)

300 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızı (0.25-0.45 mm/dev) değerlerinde yapılan talaş kaldırma sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafik olarak Şekil 3'de, kesme işlemi sonrasında kesici takım üzerinde oluşan aşınmalar Şekil 4'de yan üst görünüş olarak verilmiştir.

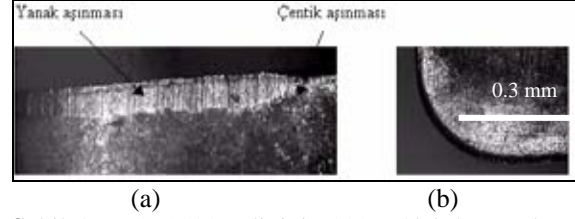


Şekil 3. AISI 1030 çeliğinin beş farklı ilerlemeye hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri, (R_a) (Kesme hızı 300 m/dak kesme derinliği 2 mm)

Şekil 4'de 300 m/dak kesme hızında kesici takım üzerindeki yanak aşınması belirgin iken, çentik aşınması başlangıç düzeyinde kalmıştır. Bu durum, kaplama-sız sementit karbür kesici takımların yüksek kesme hızlarında kullanılması durumunda, kullanım sürelerinin azalacağını göstermektedir.

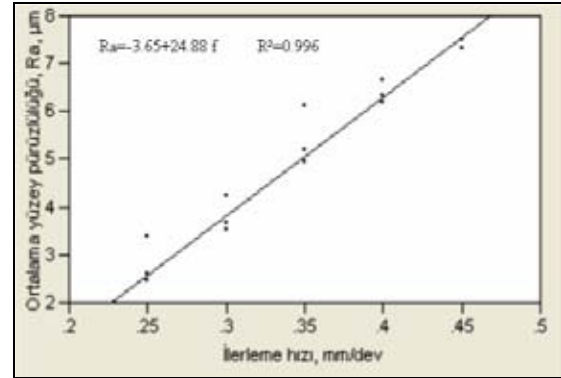
Şekil 3'de 300 m/dak sabit kesme hızı ve 2 mm sabit kesme derinliği alınarak yapılan kesme işleminde ilerleme hızındaki % 20, 16.6, 14.2 ve 12.5'lik artışlarda yüzey pürüzlülük değerlerinde % 77, 44, 8 ve 20'lik değişimler olmaktadır. En az yüzey

pürüzlülük değişimi ilerleme hızının 0.35 mm/dev den 0.40 mm/dev' e (% 14.2 artışla) artırıldığında görülmüştür. Yüzey pürüzlülükteki artış % 8 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. AISI 1030 çeliğinin 300 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesi sonucunda kesici takım üzerinde oluşan yanak ve çentik aşınması görüntüsü, a) kesici takım yanak aşınması, b) kesici takım uç radyüsü üst görünüşü.

200 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızı (0.25-0.45 mm/dev) değerlerinde yapılan talaş kaldırma sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafik olarak Şekil 5'de, kesme işlemi sonrasında kesici takım üzerinde oluşan aşınmalar Şekil 6'da yan üst görünüş olarak verilmiştir.

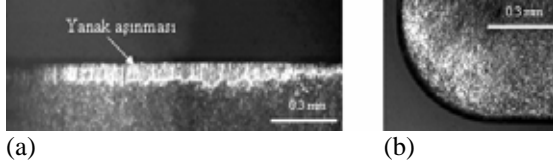


Şekil 5. AISI 1030 çeliğinin beş farklı ilerlemeye hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri, (R_a) (Kesme hızı 200 m/dak kesme derinliği 2 mm)

Şekil 5'de 200 m/dak sabit kesme hızı ve 2 mm sabit kesme derinliği alınarak yapılan kesme işleminde ilerleme hızındaki % 20, 16.6, 14.2 ve 12.5'lik artışlarda yüzey pürüzlülük değerlerinde de % 40, 42, 22 ve 19'luk değişimler olmaktadır. En az yüzey pürüzlülük değişimi ilerleme hızının 0.40 mm/dev den 0.45 mm/dev' e çıkarılmasında (% 12.5 artışla) elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerinin % 19 arttığı tespit edilmiştir.

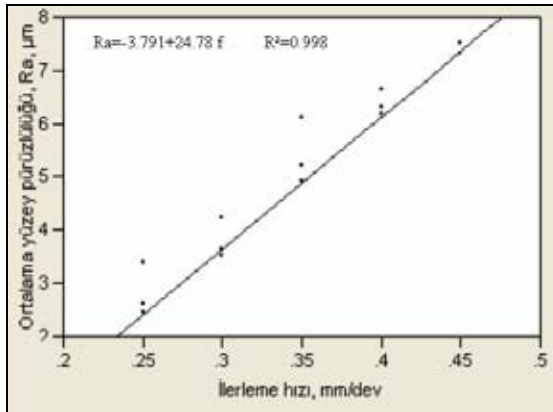
Şekil 6'da görüldüğü gibi kesici takım üzerindeki yanak aşınması, 300 m/dak kesme hızında tespit edilen yanak aşınmasından daha az gerçekleşmiştir.

Ayrıca, 300 m/dak' da görülen çentik aşınması ise görülmemiştir. Kesme hızındaki düşüğe bağlı olarak yanak aşınmasında görülen düşüş literatürle paralellik arz etmektedir (Modern Metal Cutting, 1994).



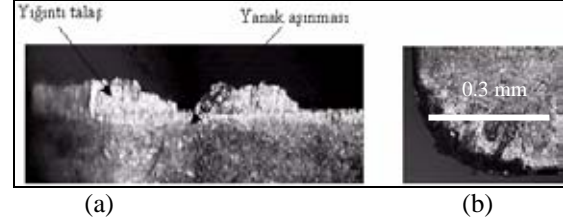
Şekil 6. AISI 1030 çeliğinin 200 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesi sonucunda kesici takım üzerinde oluşan yanak aşınması görüntüsü, a) kesici takım yanak yüzeyi, b) kesici takım uç radyüsü üst görünüşü.

100 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızı (0.25-0.45 mm/dev) değerlerinde yapılan talaş kaldırma sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafik olarak Şekil 7'de, kesme işlemi sonrasında kesici takım üzerinde oluşan aşınmalar Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 7. AISI 1030 çeliğinin beş farklı ilerlemeye hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri, (R_a) (Kesme hızı 100 m/dak kesme derinliği 2 mm)

Şekil 7'de 100 m/dak sabit kesme hızı ve 2 mm sabit kesme derinliği alınarak yapılan kesme işleminde ilerleme hızındaki % 20, 16.6, 14.2 ve 12.5'lik artışlarda yüzey pürüzlülük değerlerinde de % 57, 40, 25 ve 18'lik değişimler olmaktadır. En az yüzey pürüzlülük değişimi ilerleme hızının 0.40 mm/dev den 0.45 mm/dev' e çıkarılmasında (% 12.5 artışla) elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerinin % 18 arttığı tespit edilmiştir. Kesme işlemi sonucunda kesici takım üzerinde görülen yanak ve yığıntı talaş görüntüsü Şekil 8'de yan ve üst görünüş olarak verilmiştir.



Şekil 8. AISI 1030 çeliğinin 100 m/dak kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve beş farklı ilerleme hızına (0.25-0.45 mm/dev) bağlı olarak işlenmesi sonucunda kesici takım üzerinde oluşan yanak aşınması ve yığıntı talaş görüntüsü, a) kesici takım yanak yüzeyi, b) kesici takım uç radyüsü üst görünüşü.

Şekil 8'de görüldüğü gibi 100 m/dak kesme hızında, kesici takım üzerinde yüksek kesme hızlarında görülen yanak aşınmasına göre daha az seviyede yanak aşınması görülmüştür. Yanak aşınmasının az olmasının yanında, kesici takım üzerinde yığıntı talaş oluşmuştur. Bu durum, takım-talaş ara yüzeyinde oluşan düşük sıcaklık ile açıklanabilir (Modern Metal Cutting, 1994).

Kaplamasız sementit karbür kesici takımla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığında, düşük kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek kesme hızında elde edilen değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak, kaplamasız sementit karbür kesici takımla pürüzlülük değerinin düşük kesme hızında elde edilmesiyle, düşük kesme hızlarında elde edilen düşük sıcaklıklara bağlı olarak da kesici takım üzerinde farklı aşınma tipleri oluştuğu görülmüştür. Düşük kesme hızında (100 m/dak), takım-talaş ara yüzeyinde oluşan düşük sıcaklığa bağlı olarak yanak aşınması ve yığıntı talaş görülmüştür. Yüksek kesme hızlarında ise (özellikle 300 m/dak) düşük kesme hızında oluşan yığıntı talaş görülmemiştir. Ancak düşük kesme hızına oranla yüksek oranda yanak aşınması görülmüştür. 200 m/dak' de ise sadece yanak aşınması görülmüştür. Kaplamasız sementit karbür kesici takım üzerinde yüksek sürtünme katsayısına bağlı olarak oluşan aşınmalar, işlenen yüzey üzerinde olumsuz etki yapmaktadır.

4. SONUÇ

Denenen sınırlar içerisinde deneme bulgularına göre elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- İlerleme hızı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasında artan bir ilişki vardır. İlerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.

- İlerleme hızının % 80 artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğü % 215 artmıştır.
- Kesme hızı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü arasında artan bir ilişki vardır. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.
- Kesme hızının % 200 artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğü % 13 artmıştır.
- Kesme hızındaki farklılıklara göre en iyi yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme hızında elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 200 m/dak kesme hızı ve 300 m/dak kesme hızı takip etmiştir.
- Kesici takım üzerinde yığıntı talaş, yanak aşınması ve çentik oluşumu yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir.

5. KAYNAKLAR

- Thomas, T.R. 1982. Rough Surface, Longman, New York.
- Bayrak, M. 2002. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Kopac, J. and Bahor, M. 1999. Interaction of the Technological History of a Workpiece Material and the Machining Parameters on the Desired Quality of The surface Roughness of A Product, Journal of Materials Processing Technology, 92-93.
- Yuan, Z.J. Zhou, M. and Dong, S. 1996. Effect of Diamond Tool Sharpness On minimum Cutting Thickness and Cutting Surface Integrity in Ultraprecision Machining, Journal of Material Processing Technology 62, 327-330.
- Eriksen, E. 1998. Influence From Production Parameters on the Surface Roughness of a Machined Short Fibre Reinforced Thermoplastic, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39, 1611-1618.
- Özsas, B. 2002. Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Paul, S. and Dhar, N.R. 2001. Beneficial Effects of Cryogenic Cooling Over Dry and Wet Machining on Tool Wear and Surface Finish in Turning AISI 1060 Steel, Journal of Material Processing Technology, 116: 44-48.
- Dhar, N.R. and Poul, S. 2001. Machining of AISI 4140 Steel Under Cryogenic Cooling–Tool Wear Surface Roughness and Dimensional Deviation, Journal of Material Processing Technology, 123: 483-489.
- Lin, W.S. and Lee, B.Y. 2001. Modeling the Surface Roughness and Cutting Forces During Turning, Journal of Material Processing Technology, 108: 286-293.
- Risbood, K.A. and Dixit, U. S. 2003. Prediction of Surface Roughness and Dimensional Deviation By Measuring Cutting Forces and Vibration in Turning Process, Journal of Material Processing Technology, 132: 203-214.
- Ghani, A.K. and Choudhury, I.A. 2002. Study of Tool Life Surface Roughness and Vibration in Machining Nodular Cast Iron With Ceramic Tool, Journal of Material Processing Technology, 127: 17-22.
- Petropoulos, G. A., Torrance, A. and Pandazaras, C.N. 2003. “Abbott Curves Characteristics of Turned Surfaces, International Journal of Machine Tool & Manufacture, 43: 237-243.
- Feng, C. Wang, X. 2002. Development of Empirical Models For Surface Roughness Prediction in Finish Turning, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 20: 1-8.
- Sekuliç, S. 2002. Correlation Between the Maximal Roughness Height and Mean Arithmetic Deviation of the Profile From the Mean Line of Machined Surface in Finish Turning, International Conference on Tribology, pp. 29-34, Kayseri.
- Gadelmavla, E. S. Koura, M. M. 2002. “Roughness Parameter”, Journal of Material Processing Technology, 123: 133-145.
- Shaw, M. C. 1984. Metal Cutting Principles, Oxford University Press, London, ISBN 0-19-859002-4. pp. 594.
- Trent, E. M. 1984. Metal Cutting, 2nd ed., Butterworths, London ISBN 0-408-10856.
- Boothroyd, G. 1981. Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, International Student ed. 5th Printing, McGraw-Hill, ISBN 0-07-085057-7, New York.
- Modern Metal Cutting. 1994. Practical Handbook, Sandvik.
- Paul Degarmo, E. Black, J.T. Ronald, A.K. 1997. Material and Process in Manufacturing, Prentice Hall International In.