



AISI 1040 Çeliğinin Kuru Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

The Investigation of Surface Roughness on AISI 1040 Steel with Dry Turning

Nergizhan Kavak*, Nejdet Üstel

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak

Özet

Bu çalışmada, endüstride çok kullanılan AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme değerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, kesme derinliği sabit tutularak (2 mm), farklı kesme hızı (46.91 ve 128 m/dk) ve ilerleme değerlerinde (0.16, 0.22 ve 0.28 mm/dev) ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlar kullanılarak kuru tornalama ile yapılmıştır. İş parçasının yüzey kalitesinin, ilerleme miktarının artması veya kesme hızının azalması ile kötüleştiği gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, 2 mm kesme derinliği için 128 m/dk kesme hızı, 0.16 mm/dev ilerleme değerinin yüzey kalitesi açısından en uygun kesme şartları olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: İşlenebilirlik, Kesme parametreleri, Yüzey pürüzlülüğü

Abstract

In this study, the effect of cutting speed and feed rate on the surface roughness was investigated experimentally in the machining of AISI 1040 steel being mostly used in industry. Experiments was done by dry turning with uncoated cementite carbide cutting tools at different speeds (46.91 ve 128 m/dk) and feed rates (0.16, 0.22 ve 0.28 mm/dev) while cutting depth stays stable at 2 mm. It was observed that workpiece surface quality get worse with the increase of feed rate or decrease of cutting speed. As a result of this work, it was seen that 128 m/min cutting speed and 0.16 mm/rev feed rate for the 2 mm cutting depth are the optimum cutting conditions from the point of surface quality.

Keywords: Machinability, Cutting parameters, Surface roughness

1. Giriş

Metallerin talaş kaldırma yöntemiyle şekillendirilmesi, imalat sektörünün temelini teşkil eder. Makine endüstrisinde; işlenmiş parçaların yüzey kalitesinin iyi olması, maliyetinin azaltılması ve imalatta kalitenin yükseltilmesine olanak sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü; özellikle piston-silindir mekanizmalarında, yataklar, dişliler gibi birbirine sürtünerek çalışan makine parçaları üzerinde önemli derecede etkilidir. Özellikle bu şekilde birbiriyle temas halindeki bir parça çiftinin en sert olanının yüzeyi çok pürüzlü ise, çok yüksek aşınma oluşacaktır (Polak and Pande 1999). Bu durum, parçaların ömrünü ve verimli çalışma kabiliyetlerini kısıtlar.

Geleneksel ve geleneksel olmayan imalat yöntemlerinde; malzemenin cinsi, kesici takım, kesme hızı ve ilerleme, kesme derinliği, soğutma sıvısı ve tezgahın konstrüksiyonu gibi pek çok faktör, yüzey pürüzlülüğünü etkiler.

Bu faktörlerden birinin değişmesi ile yüzey pürüzlülüğü de değişebilmektedir. Ancak değişmeye neden olan faktörlerin etkileri birbirinden farklı ve bağımsız olabileceği gibi, birbirleri ile alakalı da olabilir (Drozda and Wick 1983).

Literatürde çeliklerin işlenebilirliği ve yüzey pürüzlülüğü konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Günay (2008) makalesinde, AISI 1040 çeliği kullanılarak kesici takım talaş açısının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelemiştir. Pozitif talaş açılarında (10°'ye kadar) yüzey kalitesi artarken, negatif talaş açısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ifade etmiştir.

Habalı vd. (2006), tornalama işleminde farklı kesici takım kaplama malzemelerinin (PVD yöntemiyle Al_2O_3 kaplanmış, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış -en üstte TiN kaplı) işleme parametrelerine bağlı olarak iş parçasının yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

*Sorumlu yazarın e-mail adresi: kavakn@karaelmas.edu.tr

Kaplama malzemesi çeşidine göre işlenmiş yüzeyin, pürüzlülüğünün farklılık gösterdiğini ve kesme hızı ile ilerleme değerlerinin değişiminin yüzey kalitesini doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. Demir vd. (2011), Ç 1040 ve 38MnVS6 çeliklerinde uygun ısıl işlemler sonucunda farklı faz ve faz morfolojisine sahip yapılar oluşturarak bu yapıların sertlik ve işlenebilirliğe etkisini araştırılmışlardır. Farklı ısıl işlemler sonucunda malzemenin sertliğinin, yüzey pürüzlülüğünün ve kesme kuvvetlerinin önemli derecede etkilendiğini açıklamışlardır.

Neşeli ve Yıldız (2007), değişik takım geometrisine sahip takımlarla sabit uç yarıçapı, talaş derinliği ve takım sarkma miktarı kullanılarak yapılan silindirik tornalama işlemlerinde takım geometrisinin turlama (takım-iş parçası arasındaki temas titreşimi) ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Zeyveli ve Demir (2009), kaplanmış sementit karbür kesici takımla, AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin tornalama metoduyla değişik işleme şartlarında (kesme ve ilerleme hızlarında) işlenmesi sonucu oluşan yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. 0.10 mm/dev ve 0.15 mm/dev ilerleme miktarlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin 0.05 mm/dev ilerleme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Çaydaş ve Hasçalık (2005), normalleştirme ve su verme - menevişleme ısıl işlemleri görmüş AISI 4340 çeliğini, değişik işleme koşullarında tornalama ve taşlama deneylerine tabi tutmuşlar ve numunelerin yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Sonuçlar, menevişlenmiş numunelerin yüzey pürüzlülüğünün, normalleştirilmiş numunelere nazaran daha düşük olduğunu ve yüksek devir ile düşük ilerlemelerde yapılan tornalama işlemiyle, taşlama işleminden daha iyi yüzeyler elde edilebileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada, işleme parametresi olarak üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme kullanılarak, AISI 1040 çeliğinden talaş kaldırılmış, farklı işleme parametrelerinin iş parçası yüzey kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda, oluşan talaş çeşitleri ile iş parçası yüzey pürüzlülüğü arasında ilişkiler incelenmiştir.

2. Deneysel Uygulama

Deneylerde tornalanan AISI 1040 karbon çeliği; transmisyon millerinin, rayların ve dişlilerin Yapımında kullanılmaktadır. Tornalama metoduyla işleme deneyleri için, AISI 1040 çeliğinden \varnothing 30 mm çapında ve 100 mm uzunluğunda numuneler hazırlanmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 1’de ve mekanik özellikleri de Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1: AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi

Kimyasal kompozisyon (%)	C	Mn	Si	S	P
	0.36-0.44	0.60-0.90	0.40	0.035	0.030

Çizelge 2: AISI 1040 çeliğinin mekanik özellikleri

Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastik Modülü (GPa)	Uzama %	Sertlik (HB)
353.4	518.8	190-210	30.2	149

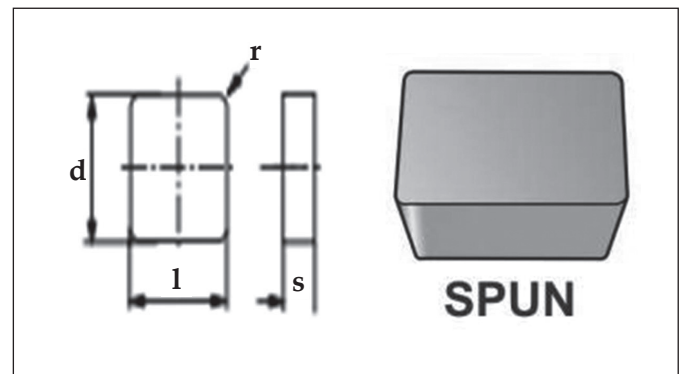
2.1 Takım Tezgahı, Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Talaş kaldırma işlemleri için Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Takım Tezgahları Laboratuvarında bulunan Tezsan marka SN 50C klasik torna tezgahı kullanılmıştır. Tezgahın gücü 7 KW’dir. Deneylerde kullanılan kesici takım kaplamasız sementit karbür kesici takım olup Böhler marka “SPUN 120308” formunda ve P20 kalitesindedir. Şekil 1’de kesici ucun geometrisi ve Çizelge 3’te kimyasal bileşimi verilmiştir. Deneylerde, yanaşma açısı 45° olacak şekilde tasarlanmış Seco Kestak marka CSSPR 2020 12 takım tutucusu tercih edilmiştir. Şekil 2’de takım tutucu görünümü ve ölçüleri görülmektedir. Kesici ucun takım tutucuya montajı mekanik sıkımalık olarak gerçekleştirilmiştir.

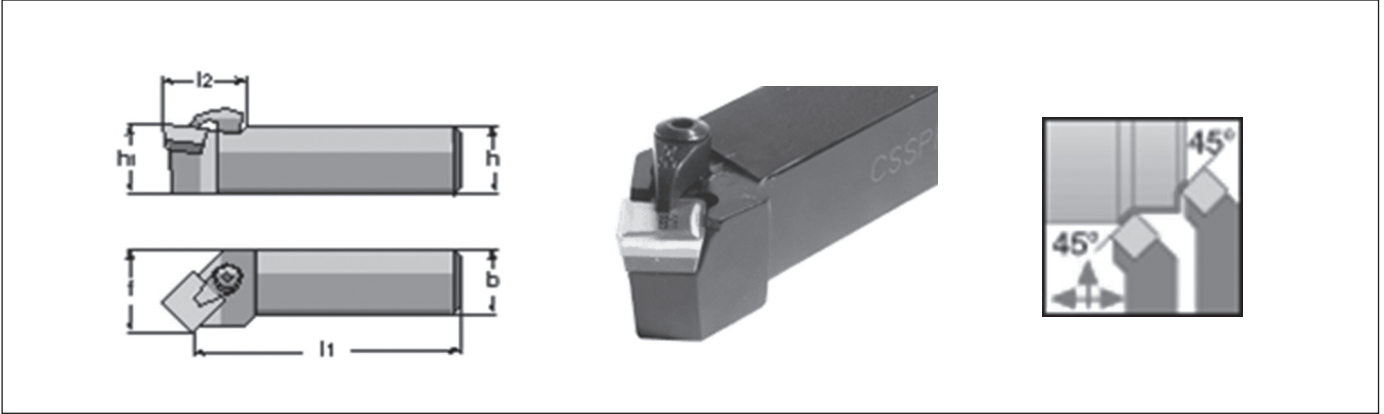
Çizelge 3: Kesici uç malzemesinin kimyasal bileşimi

Sert Metal Cinsi	Kimyasal Bileşimi		
	WC	TiC+TaNbC	Co
P20	69,0	22,0	9,0

AISI 1040 çeliğinin boyuna tornalama metoduyla işleme deneyleri, farklı kesme hızı ve ilerleme hızı değerlerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin araştırılması için yapılmıştır. Bu amaçla kesme hızları 46, 91 ve 128 m/



Şekil 1: Kesici uç geometrisi ve ölçüleri (l=12.7mm, d=12.7mm, s=3.18mm ve r=0.8mm).



Şekil 2: Takım tutucu geometrisi ve ölçüleri ($h=20\text{mm}$, $b=20\text{mm}$, $l_1=125\text{mm}$, $h_1=20\text{mm}$, $f=25\text{mm}$, $l_2=26\text{mm}$).

dk, ilerleme hızları 0.16, 0.22 ve 0.28 mm/dev olarak eşit aralıklı değerlerde seçilmiş ve kesme derinliği 2 mm olarak sabit tutulmuştur. İşleme parametreleri eşit aralıklı seçilerek, deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kolaylık sağlanmıştır. Tornalama işlem şartları, soğutma sıvısı kullanılmadan kuru ortamda gerçekleştirilmiştir.

Kuru tornalama deneylerinde tornalama parametreleri ve takım geometrisi sabit tutulmuştur. İşlenen parçanın yüzey pürüzlülüğünün kesici ucun aşınmasından (takım aşınması) etkilenmesini önlemek amacıyla, her deney için yeni bir kesici uç kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, Şekil 3'de gösterilen Mitutoyo marka SJ-301 tipi dijital göstergeli masaüstü profilometre cihazı kullanılmıştır. Ölçme işlemine başlamadan önce, yüzey pürüzlülük ölçüm aleti standart kalibrasyon numunesi ile kalibre edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, çeliğin 40 mm'lik uzunlukta boyuna tornalanması ile elde edilen yüzeyde gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlülük ölçümleri, TS 971 (1988)'e uygun olarak yapılmıştır. İşlenmiş parça yüzeylerinin (40 mm'lik

uzunluktan) üç farklı yerinden, çevresel olarak beş adet pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalamaları alınarak grafiklere aktarılmıştır.

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

AISI 1040 çeliğinin kaplanmamış sementit karbür takımla, üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı ile işlenmesi neticesinde iş parçasında oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a), Çizelge 4'de verilmiştir.

Talaşlı imalat uygulamalarında işlenebilirliğin önemli bir ölçütü de yüzey kalitesidir. Yüzey pürüzlülüğünün; öncelikli olarak kesme hızına, ilerlemeye ve talaş derinliğine bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir. Kesme hızındaki artışla, yüzey pürüzlülüğündeki iyileşme beklenen bir özellik olup, yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için kesme hızının artırılması, veya ilerleme değerlerinin azaltılması literatürde önerilen en yaygın yöntemlerdir (Habalı vd. 2006, Gökaya ve Nalbant 2009).

Farklı kesme hızlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'deki yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde, 0.16, 0.22 ve 0.28 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin üç kesme hızı değerinde de ilerleme hızı ile orantılı olarak arttığı görülmüştür.

Grafiğe göre en düşük yüzey pürüzlülük değeri 128 m/dk kesme hızı ve 0.16 mm/dev ilerleme hızında, en yüksek yüzey pürüzlülüğü ise 46 m/dk kesme hızı ve 0.28 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.

Belirli işleme şartlarında, akış bölgesindeki malzemeler katmanlar şeklinde birbirinin üzerine birikir ve takım yüzeyinde katılarak yığılma kenar (Şekil 5) dediğimiz tercih edilmeyen bir durumu oluşturur.

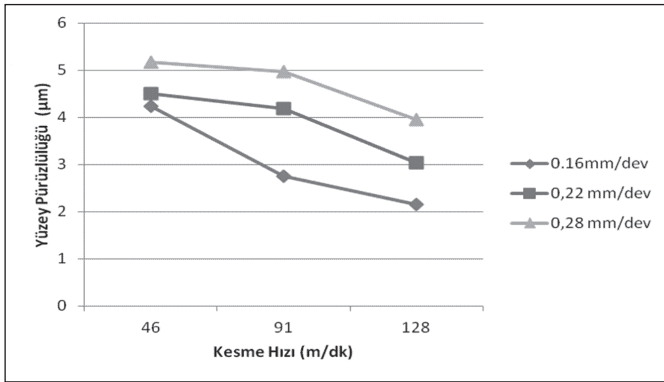
Yüksek kesme hızlarında yığılma kenar (BUE) oluşumunun azalmasıyla, yüzey pürüzlülük değeri azalır. Talaşlı işleme sırasında takım ucunda oluşan ve kesici uç gibi



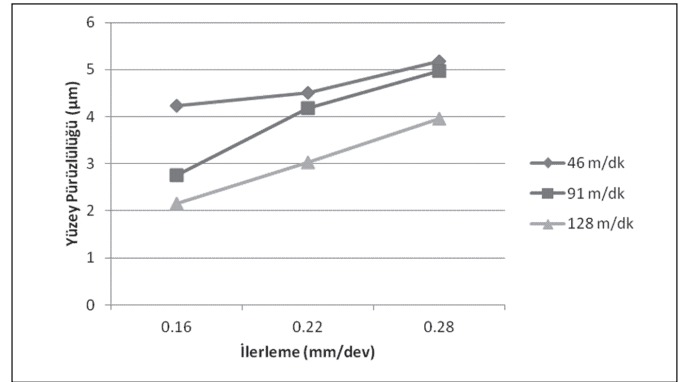
Şekil 3: Mitutoyo Surfes 301 yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı.

Çizelge 4: Kesme hızı ve ilerleme değerine bağlı yüzey pürüzlülüğü

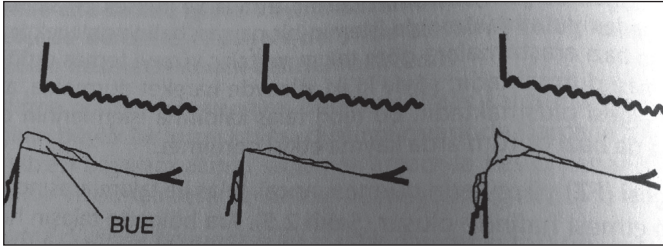
Malzeme	Kesici Takım	Kesme Derinliği a (mm)	İlerleme f (mm/dev)	Kesme Hızı V (m/dk)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (µm)
1040 Çelik	Kaplamasız Sementit Karbür	2	0,16	46	4.23
				91	2.75
				128	2.15
			0,22	46	4.5
				91	4.18
				128	3.03
			0,28	46	5.17
				91	4.97
				128	3.96



Şekil 4: Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü değişimi.



Şekil 6: İlerleme-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.



Şekil 5: Yığılma kenar oluşumu (Çakır 1999).

davranma eğilimi gösteren yığılma kenar, işlenen yüzeyde pürüzlülüğün artmasına sebep olur. Bazı takım-iş parçası malzeme çeşitlerinin BUE oluşumu açısından diğerlerine göre daha az duyarlı olmasına rağmen çoğunlukla düşük kesme hızında yığılma kenar oluşumu fazladır. Artan kesme hızıyla, sıcaklık yükselmekte ve kesici uçtaki BUE yumuşayarak kesme esnasında kesici uçtan uzaklaşmaktadır (Çakır 1999, Demir vd. 2009).

Dolayısıyla yüksek kesme hızları yığıntı talaş oluşma eğilimini azaltarak iş parçası yüzey pürüzlülük değerlerinin düşmesini sağlamaktadır. Ayrıca kesme hızının artmasıyla sıcaklığın yükselmesi nedeniyle iş parçasının işlenmesi kolaylaşmaktadır. İlerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin de arttığı görülmektedir.

İlerleme miktarı 0.16 mm/dev olan deneylerle karşılaştırıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinin, ilerleme miktarı 0.22 mm/dev olan deneylerde yaklaşık %6-52, ilerleme miktarı 0.28 mm/dev olan deneylerde yaklaşık % 22-85 arttığı görülmüştür (Şekil 4).

Yüzey pürüzlülüğünün teorik olarak hesaplanması için kullanılan kısaltılmış formül aşağıda verilmiştir.

$$Ra = \frac{f^2}{32 * re} \quad (1)$$

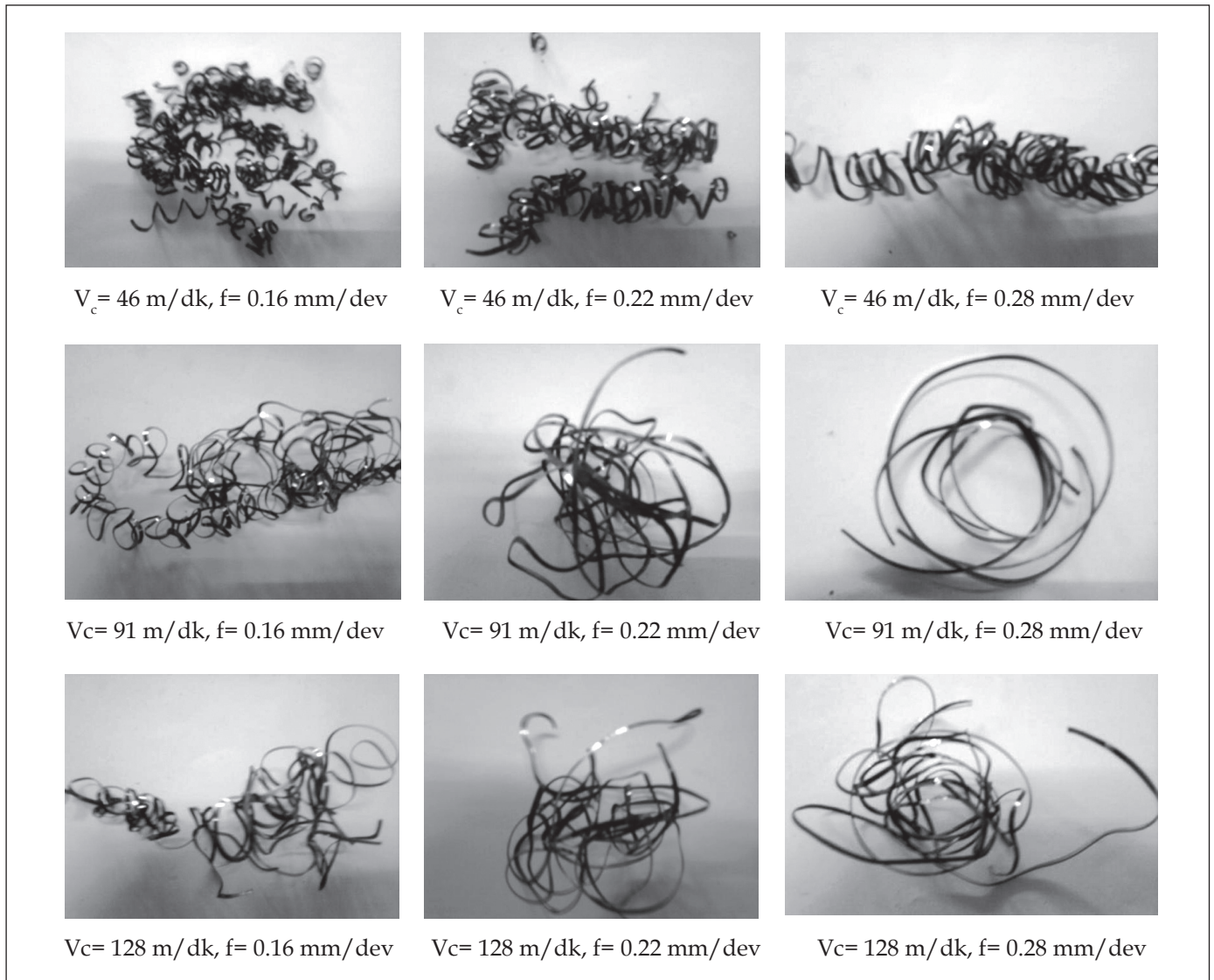
Formül incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için ilerleme değerinin (f) azaltılması veya burun yarıçapı (r_e) değerinin artırılması gerektiği görülmektedir. Deneylerde çıkan sonuçların (Şekil 6), bu formüsel yaklaşıma uygun olduğu görülmüştür. Bununla beraber, modelle ilgili pratik uygulamalarda bazı problemlerle karşılaşılabilir (Özel and Karpat 2005). Yüzey pürüzlülüğünün; işleme parametreleri, kesici takım ve iş parçası özellikleri, kesme işlemi (titreşimler, talaş oluşumu v.b.) gibi faktörlerle etkilenebileceği bilinmektedir (Benardos and Vosniakos 2003).

Ayrıca, işlenen malzeme cinsi, kesici takım geometrisi, kesme sıvısı, takım tezgahının özellikleri ve işleme şartları, talaşın şeklini etkileyen ana faktörlerdir (Aydn

vd. 2010). Yapılan deneylerde ortaya çıkan talaşların resimleri Şekil 6'da verilmiştir. ISO 3685 (1993)'e göre, bulunan talaşların şekilleri incelenmiş ve deneylerde elde edilen talaşlar ile karşılaştırılmıştır. 46 m/dk kesme hızında 0.16 mm/dev ilerleme değerinde “**rondela tipi helisel açılı talaş**” oluşurken, 0.22 mm/dev ilerleme değerinde “**düğümlemiş şerit talaş**” tipi ve 0.28 mm/dev de de “**borusal arapsaçı talaş**” gözlenmiştir. 91 m/dk kesme hızında 0.16 ve 0.22 mm/dev ilerleme değerlerinde düğümlenmiş şerit talaş oluşurken, 0.28 mm/dev ilerleme değerinde “**uzun şerit talaş**” gözlenmektedir. 128 m/dk kesme hızı ile her üç farklı ilerleme değeri için yapılan tornalama deneyleri sırasında ise “**düğümlemiş şerit talaşlar**” ortaya çıkmıştır.

Şekil 4 ve Şekil 6'daki grafikler incelendiğinde, kesme hızı 46 m/dk ilerleme 0.28 mm/dev işleme şartlarında 1040 çeliği için en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerinin

ölçüldüğü görülmektedir. Bu değerlere ait talaş şekli incelendiğinde ise “**borusal arapsaçı**” talaş tipi görülmektedir. Talaş kaldırma işlemlerinde “**akma talaş**” sınıflandırmasına giren bu talaş, işleme esnasında iş parçası üzerine temas ederek veya dolanarak yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmaktadır. 91 m/dk ve 0.28 mm/dev işleme şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerinin, 46 m/dk kesme hızı ve 0.28 mm/dev ilerlemedeki değere yakın çıktığı (Şekil 6) fakat nispeten daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, 91 m/dk kesme hızı, 0.28 mm/dev ilerleme değerinde ortaya çıkan talaş şeklinin “**uzun şerit talaş**” olması ve borusal arapsaçı talaş tipine göre iş parçasına daha az zarar vermesidir. 128 m/dk için üç farklı ilerleme değerindeki talaş şekilleri incelendiğinde; ilerlemenin bu hızda, talaş şekli üzerinde belirleyici olmadığı söylenebilir. Fakat yine de talaş formunun bir miktar farklılaşmasına neden olmaktadır.



Şekil 7: Kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı oluşan talaş tipleri

4. Sonuç

- Bu çalışmada kaplanmamış sementit karbür kesici takım kullanılarak AISI 1040 karbon çeliğinin farklı kesme hızı ve ilerleme miktarlarında işlenmesi ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri ve talaş tipleri araştırılmıştır.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri 2,15 µm olarak 128 m/dak kesme hızı, 0.16 mm/dev ilerleme miktarında yapılan işlem şartlarında elde edilmiştir. En yüksek pürüzlülük değeri ise 5,17 µm olarak 46 m/dak kesme hızı ve 0.28 mm/dev ilerleme miktarında yapılan tornalama işleminde elde edilmiştir.
- Literatürde önceden yapılan çalışmalarda çıkan sonuçlara uygun olarak, yüzey pürüzlülüğü değerinde kesme hızının artmasıyla azalma, ilerlemenin artmasıyla artma eğilimi gözlenmiştir.

AISI 1040 çeliğinin kuru tornalanmasında ortaya çıkan talaşlarda ilerleme hızı ve kesme hızının değişimi ile farklılıklar gözlenmiştir. En kötü yüzey pürüzlülüğünün meydana geldiği deneyde borsal arapsaçı tipindeki talaş oluşurken, en iyi yüzey kalitesi düğümlemiş şerit talaşın çıktığı işlemde bulunmuştur.

5. Kaynaklar

- Polak, T.A., Pande, C. 1999.** Engineering Measurement- Methods and Intrinsic Errors. In: Professional Engineering Publishing, pp.139-140,UK.
- Drozda T. J., Wick, C. 1983.** Tool and manufacturing engineering handbook Vol 1: Machining. *S.M.E.*, 4. Edition, pp. 3-4.
- Günay M. 2008.** Investigation of the interaction between the surface quality and rake angle in machining of AISI 1040 steel. *Sigma Müh. Fen Bil. Derg.*, 26 (2): 105-111.
- Habalı, K., Gökkaya H., Sert H. 2006.** Kesici Takım Kaplama Malzemesi ve Kesme Parametrelerinin AISI 1040 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Politek. Derg.*, 9., Sayfa. 35-38.

- Demir, H., Çiftçi, İ., Türkmen, M., Gündüz, S. 2011.** Orta Karbonlu Alaşım ve Alaşım Çeliklerde Isıl İşlem Şartlarının ve Sertliğin İşlenebilirliğe Etkisi. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Sayfa. 94-97, 16-18 Mayıs, Elazığ.
- Neşeli, S., Yıldız, S. 2007** Tornalamada Yaklaşma Açısı ve Talaş Açısına Bağlı Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri. *Politek. Derg.*, 10(4): 383-389.
- Zeyveli M., Demir, H. 2009.** AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi. *E.Ü. F. B. E. Derg.*, 25 (1-2): 251 - 261.
- Çaydaş, U., Hasçalık, A. 2005. CNC Tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Teknoloji*, 8 (2): 167-172.
- TS 971, 1988.** Yüzey pürüzlülüğü-Parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları, 13 Aralık 1988, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 10.
- Gökkaya, H., Nalbant, M. 2009.** Kaplama çeşidi ve işleme parametrelerine bağlı olarak takım-talaş arayüzey sıcaklığı ve yüzey pürüzlülüğündeki değişim. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, Karabük.
- Çakır, C. 1999.** Modern Talaşlı İmalatın Esasları, *VİPAŞ AŞ.* Bursa, Sayfa. 36-37.
- Demir, H., Ulaş, H.B., Zeyveli, M. 2009.** Stavax ESR çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, Karabük.
- Özel, T., Karpat, Y. 2005. Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. *Int. J. Mach. Tool. Manu.*, (45): 467-479.
- Benardos, PG., Vosniakos, GC. 2003.** Predicting surface roughness in machining: a review. *Int. J. Mach. Tool. Manu.*, 43: 833-844.
- Aydın, M., Uçar, M., Cengiz, A. 2010** AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin kuru tornalanabilmesine kesme parametrelerinin etkisi. *2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Sayfa. 85-94, 11-12 Kasım, Balıkesir.
- ISO 3685, 1993.** Tool-life testing with single-point turning tools, 15 Kasım 1993, International Organization for Standardization, Switzerland, p. 48.