

# Kesici Takım Kaplama Malzemesi ve Kesme Parametrelerinin AISI 1040 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Kasım HABALI\*, Hasan GÖKKAYA \*\*, Hasan SERT\*

\*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar , ANKARA

\*\*Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksekokulu  
78600, KARABÜK

## ÖZET

Bu çalışmada, farklı kesici takım kaplama malzemesinin farklı işleme parametrelerine bağlı olarak iş parçasının yüzey kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, AISI 1040 çeliği; PVD yöntemiyle  $Al_2O_3$  kaplanmış, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı) iki farklı sementit karbür takımla torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Kesme parametrelerinden kesme derinliği sabit tutularak (2.5 mm) beş farklı kesme hızı (58, 83, 116, 163, 225 m/min) ve iki farklı ilerleme (0.24, 0.32 mm/rev) değerlerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilerek bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan deneylerde en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü en üstte TiN kaplı üç katlı kaplamaya sahip takımla elde edilmiştir. İlerleme miktarının %33 artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünde %14 artış gözlenmiş, kesme hızının %388 artırılması ise yüzey pürüzlülüğünde %114 iyileşme elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : İşleme, Yüzey Pürüzlülüğü, Kaplamalı Kesici Takımlar, Kesme Parametreleri

## Experimental Investigation of the Effects of Cutting Tool Coating Materials on Surface Roughness in Machining of AISI 1040 Steel

### ABSTRACT

In this study, the effects of different cutting tool coating materials on surface roughness of work piece were investigated as well as the cutting parameters. For this purpose, AISI 1040 steel was machined by two different cemented carbide cutting tools coated with  $Al_2O_3$  by PVD (Physical Vapour Deposition) and triple coated (TiN on uppermost) by CVD (Chemical Vapour Deposition) and no coolant was used in turning operations. In these tests, five different cutting speed values (58, 83, 116, 163, 225 m/min) and two different feed rate values (0.24, 0.32 mm/rev) were used with constant depth of cut (2.5mm). According to test results the minimum average surface roughness was obtained with the cutting tool having triple coating on uppermost TiN. 14% improvement was observed in average surface roughness by increasing the feed rate 33% and 114% improvement was obtained by increasing the cutting speed 388%.

**Key Words**: Machining, Surface Roughness, Coating Cutting Tools, Cutting Parameters

### 1. GİRİŞ

Farklı talaşlı imal usulleri kullanılarak işlenen yüzeyler doğrudan veya dolaylı olarak işleme parametrelerinden etkilenmektedir. İyi seçilmeyen işleme parametreleri kesici takımların hızlı aşınması, kırılması gibi kayıpların yanı sıra iş parçasının bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (1,2).

Gökkaya ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada kesici takım kaplama malzemeleri ve işleme parametrelerinden kesme hızı ile ilerleme hızının iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştır-

mışlardır. Kaplama malzemesi, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde farklı etkilere sahip parametreler olduğunu belirtmektedirler. Yapmış oldukları çalışmada, en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğünü, en üstte TiN kaplı kesici takımla elde etmişlerdir. İlerleme miktarının %80 azaltılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde %176 iyileşme sağlamışlar, kesme hızının %200 artırılması ile de yüzey pürüzlülüğünde %13 iyileşme elde etmişlerdir (3).

Özses, AISI 5140, AISI 4140, St37 malzemeleri kullanarak yaptığı deneysel çalışmalarda, malzemenin karbon miktarına bağlı olarak değişen sertlik ve mekanik özelliklerin yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini bil-

dirmiştir. İşleme parametreleri olarak kesme hızının artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, fakat kesme hızının artırılması durumunda takım aşınmasının hızlandığı, dolayısı ile takım ömrünün de azaldığını belirtmektedir. İlerleme miktarındaki artış ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden parametre olduğu tespit etmiştir (4). Benzer çalışmalar Yuan ve arkadaşları ve Eriksin ile Kopac ve Bahor tarafından da yapılmıştır (5-7).

Dhar, AISI 1060 ve AISI 4140 çeliklerinden talaş kaldırılması sırasında soğutma faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve ölçüsel sapmalar üzerinde belirli bir tesirinin olduğunu tespit etmiştir. Talaş kırıcı ve kırıcısız iki tip takım kullanmış ve sıvı azotun  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de takım yüzeyine püskürtülmesiyle elde ettiği sonuçlarda ön ve yan kenar aşınmasının azaldığı, operasyon sırasında parçalarda ölçüsel sapmalarının azaldığı ve yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini bildirmiştir (8,9).

Bu çalışmada, PVD (fiziksel buhar çökeltmesi) yöntemiyle  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kaplanmış, en üstte CVD (kimyasal buhar çökeltmesi) yöntemiyle sürtünme katsayısı düşük TiN kaplanmış üç katlı kaplamaya sahip kesici takımlarla, işleme parametresi olarak beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme kullanılarak, AISI 1040 çeliğinden talaş kaldırılmıştır. Aynı alt katmana sahip kesici takımlarda, kaplama malzemesinin ve işleme parametrelerinin talaş kaldırma sırasında iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Deneysel Numuneleri

Deneysel çalışmalar için, AISI 1040 çelik malzemeden  $\text{Ø}65 \times 650$  mm boyutlarında hazırlanmış numuneler kullanılmıştır. Deneysel numunelerinin spektral analiz ile elde edilen kimyasal bileşimi Çizelge 1'de ve mekanik özellikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneysel numunelerinin kimyasal bileşimi (% Ağırlık)

C	Mn	Si	P	S
0.365	0.799	0.247	.0166	0.0422

Çizelge 2. Mekanik özellikleri

Sertlik	Kopma Dayanımı	Akma Sınırı	Kopma Uzaması
BSD 30	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	% (5do)
149	515	450	10

### 2.2. Kesici Takım, Tezgah ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Aleti

Kesici takım kaplama malzemeleri ve kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmeyi hedefleyen bu çalışmada, adi karbonlu çelik malzeme için ISO P-K15 kalitesinde Sandvik firmasına ait GC3015 kalitesinde PVD  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kaplı sementit karbür ile GC415 kalitesinde, en üstte CVD TiN kaplı üç katlı kaplamaya sahip (TiN,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , TiC) sementit kar-

bür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneysel "SNMM 120412" formunda değiştirilebilir uçlar ve bu uçlara uygun PSBNR 2525 M12 takım tutucu kullanılmıştır. Talaş kaldırma işlemleri için SN50 tipi Tezsan klasik torna tezgahı kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için SurfTest-211 (MITUTOYO) marka elmas uçlu yüzey pürüzlülük 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 0.25 mm ve örnekleme uzunluğu 1.25 mm olarak alınmıştır. Ortam sıcaklığı  $20 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.

ISO 3685'de önerildiği gibi imalatçı firmaların kesici takım kaliteleri için önerdiği kesme hızı aralıkları dikkate alınarak 58, 83, 116, 163 ve 225 m/min olacak şekilde beş farklı kesme hızı belirlenmiştir. 1.2 mm uç radyüsüne bağlı olarak ISO 3685'de tavsiye edilen aralıkta 0.24 mm/rev ile 0.32 mm/rev ilerleme değerleri ve 2.5 mm kesme derinliği seçilmiştir.

Bu çalışmada, kaplamalı sementit kesici takımlarla, işleme parametresi olarak beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme hızı kullanılarak, AISI 1040 çeliği üzerinde 2.5 mm kesme derinliğinde talaş kaldırılmıştır. İşleme parametrelerinden kesme ve ilerleme hızı ile kesici takım kaplama malzemesinin iş parçası ortalama yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkileri araştırılmıştır.

### 2.3. İstatistiksel Analiz

AISI 1040 çeliğini işlemede kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme hızı) ve kesici takım kaplama malzemelerinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkilerini belirlemek için verilere çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Analiz neticesinde aralarında fark bulunan verilere, farkın hangi düzeyde önemli olduğunu saptamak için Duncan testi uygulanmıştır.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Kesme ve İlerleme Hızı ile Kesici Takım Kaplama Malzemesine Bağlı Olarak Ortalama Yüzey Pürüzlülüğündeki Değişim

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri en yüksek 58 m/min kesme hızı ve 0.32 mm/rev ilerlemede elde edilmiştir. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kaplama çeşitinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi Çizelge 3'de verilmiştir.

Verilere uygulanan çoklu varyans analizi sonucunda kesme hızı, ilerleme hızı ve kaplama çeşidinin ortalama yüzey pürüzlülüğüne etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Varyans analizi sonucuna göre, tüm faktörler arasında %95 güven düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları aşağıdaki Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin esas kesme kuvvetine etkisi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Faktör A	6.213	1	6.213	1566255.252	.000
Faktör B	1.633	1	1.633	411586.008	.000
Faktör C	25.186	4	6.297	1587360,315	.000
A*B	1.805E-04	1	1.805E-04	45.504	.000
A* C	5.349	4	1.337	337117.752	.000
B* C	.514	4	.128	32366.155	.000
A * B * C	.431	4	.108	27143.508	.000
Hata	7.140E-04	180	3.967E-06		
Toplam	405.420	200			
Düzeltilen Toplam	39.326	199			

Faktör A; Kesici Takım ( $Al_2O_3$ , TiN)

Faktör B; İlerleme Hızı (0.24 mm/rev, 0.32 mm/rev)

Faktör C; Kesme Hızı (58, 83, 116, 163, 225 m/min)

Çizelge 4. Duncan testi sonuçları, (Ra)

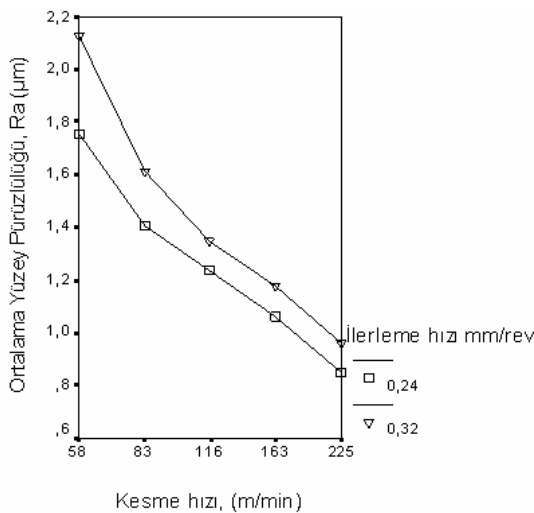
Varyans Kaynağı	Ortalama	Homojenlik Grubu	Varyans Kaynağı	Ortalama	Homojenlik Grubu
A-1-V	.80	A	T-2-III	1.22	J
T-1-V	.89	B	T-1-I	1.36	K
T-1-IV	.92	C	A-1-III	1.40	L
T-2-V	.95	D	T-2-II	1.46	M
A-2-V	.97	E	A-2-III	1.47	N
T-1-III	1.07	F	T-2-I	1.58	O
T-2-IV	1.13	G	A-1-II	1.64	P
T-1-II	1.17	H	A-2-II	1.76	R
A-1-IV	1.20	I	A-1-I	2.15	S
A-2-IV	1.22	J	A-2-I	2.67	T

Kesici Takım; A:  $Al_2O_3$ , T: TiN

İlerleme Hızı; I= 0.24 mm/rev, 2= 0.32 mm/rev

Kesme Hızı; I: 58, II: 83, III: 116, IV: IV, V: 225

Yapılan duncan testi sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü PVD  $Al_2O_3$  kaplı kesici takım ile 0.32 mm/rev ilerleme ve 58 m/min kesme hızında ( $2.67 \mu m$ ) elde edilmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri ise yine  $Al_2O_3$  kaplı kesici takım ile 0.24 mm/rev ilerleme ve 225 m/min kesme hızında ( $0.80 \mu m$ ) elde edilmiştir. Kesme hızına ve ilerlemeye bağlı olarak elde edilen (aritmetik) ortalama yüzey pürüzlülüğünü ayrıntılı olarak belirten grafik Şekil 1'de gösterilmiştir.

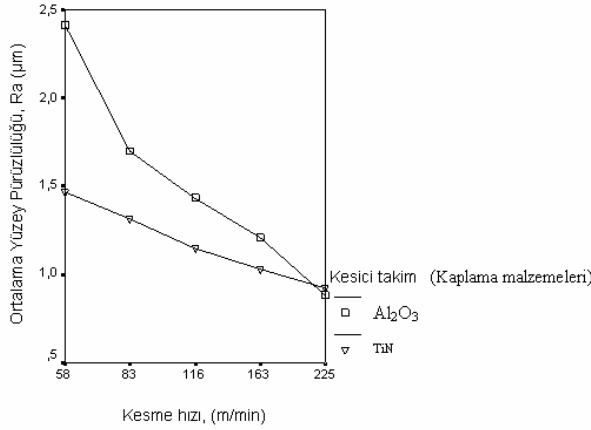


Şekil 1. AISI 1040 çeliğinin kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla işlenmesinde kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri, (Ra)

Şekil 1'de, kesme hızındaki artışla birlikte, ortalama yüzey pürüzlülüğünde düşüş görülmektedir. Ortalama yüzey pürüzlülüğünü düşük değerlerde elde etmek için kesme hızının artırılması, literatürdeki en yaygın yöntemdir (10-16). Kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki düşüş; kesme işlemi sırasında takım talaş ara yüzey yüzeyinde artan sıcaklıklar neticesinde, iş parçası malzemesinin daha kolay deforme edilmesine ve akma bölgesi oluşmasına bağlanabilir. Düşük hızlarda çalışırken (58 m/min), kesme hızında sağlanan % 388'lük artış ile ortalama yüzey pürüzlülüğünde %114 düşüş gözlenmiştir. İlerleme hızındaki artışla birlikte ortalama yüzey pürüzlülüğünde artış görülmüştür. Seçilen ilerleme hızlarında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü 0.24 mm/rev'de  $1.262 \mu m$ , 0.32 mm/rev'de ise  $1.443 \mu m$  elde edilmiştir. İlerlemenin (0.24 mm/rev) %33 artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünde %14 artış görülmüştür.

Kaplama çeşidine göre en düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri CVD yöntemiyle en üstte TiN kaplanmış kesici takım ile  $1,179 \mu m$  elde edilmiştir. PVD kaplı  $Al_2O_3$  kesici takım ile ise  $1.529 \mu m$  elde edilmiştir. En üstte TiN kaplı kesici takım ile düşük değerlerde ortalama yüzey pürüzlülüğü elde edilmesinin nedeni,  $Al_2O_3$  kaplı kesici takıma göre daha düşük sürtünme katsayısına sahip olmasına atfedilebilir (2). TiN kaplı kesici takım ile  $Al_2O_3$  kaplı kesici takım arasında %30 ortalama yüzey pürüzlülük farkı görülmüştür. Kesici takım kaplama çeşidi ve kesme

hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. AISI 1040 çeliğinin kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla işlenmesinde kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri, (Ra)

#### 4. SONUÇ

Kesici takımlara uygulanan kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğe etkisini değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada, deneme bulgularına göre elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa;

- Kaplama malzemesi çeşidine göre en iyi yüzey pürüzlülüğü CVD yöntemiyle TiN kaplanmış kesici takım ile elde edilirken, PVD yöntemiyle Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış kesici takım ikinci sırada iyi sonuç vermiştir.
- Önceki çalışmalarda tespit edilen kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki azalan ilişki yapılan deneyler ile teyit edilmiştir. Kesme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır. En düşük yüzey pürüzlülüğü 225 m/min kesme hızında elde edilmiştir.
- İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında artan bir ilişki vardır. İlerlemenin artmasıyla, yüzey pürüzlülüğünde artmıştır. İlerlemenin (0.24 mm/rev) %33 artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğü de %14 artmıştır.
- Kesme hızı ile ilerleme arasında oluşturulacak iyi bir kombinasyon ile daha yüksek yüzey kaliteleri elde edilebilir.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Can, A., "AISI 5140 Çeliğinin Sermet, PVD İle TiAlN - CVD ile TiN Kaplanmış Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitim Bölümü, Ankara, 2003.
2. Güllü, A., Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitim Bölümü, Ankara, 1995.
3. Gökkaya, H., Sur, G., Dilipak, H., PVD ve CVD Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Teknoloji Dergisi, Sayı 7. Cilt 4, Karabük, 2004.
4. Özses, B., "Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, 2002.
5. Yuan, Z.J., Zhou, M. and Dong, S., Effect of diamond tool sharpness on minimum cutting thickness and cutting surface integrity in ultraprecision machining, Journal of Material Processing Technology, 62, 327-330, 1996.
6. Eriksen, E., Influence from production parameters on the surface roughness of a machined short fibre reinforced thermoplastic, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol 39, pp. 1611-1618, 1998.
7. Kopac, J. and Bahor, M., "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, 1999.
8. Paul, S., and Dhar, N.R., 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: pp. 44-48, 2001.
9. Dhar N.R., and Poul, S., "Machining of AISI 4140 steel under cryogenic cooling – tool wear surface roughness and dimensional deviation", Journal of Material Processing Technology, 123: pp.483-489, 2001.
10. Shaw, M.C., 1984, "Metal Cutting Principles", Oxford University Press, London, ISBN 0-19-859002-4.
11. Trent, E.M., 1984, "Metal Cutting, 2nd ed"., Butterwoths London ISBN 0-408-10856.
12. Boothroyd, G., 1981, Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, International Student ed. 5th Printing, McGraw-Hill, ISBN 0-07-085057-7, New York.
13. Modern Metal Cutting, Practical Handbook, Sandvik, 1994.
14. Şeker, U., Takım Tasarımı Ders Notları, 1997.
15. Paul Degarmo, E., Black, J.T., Ronaldo A.Kohser, Material and Process in Manufacturing, Prentice Hall International Inc., 1997.
16. Habalı, K., "Kesici Takım Kaplama Malzemesinin Takım-Talaş Arayüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması", Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (2003).