

**PVD VE CVD KAPLAMALI SEMENTİT KARBÜR KESİCİ TAKIMLARIN İŞLEME
PARAMETERLERİNE BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

Hasan GÖKKAYA Gökhan SUR Hakan DİLİPAK

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, kesici takım kaplama malzemeleri ve işleme parametrelerinden kesme hızı ile ilerleme hızının iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, AISI 1030 çeliği farklı kaplama malzemesine sahip kesici takımlarla, bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Deneyle, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı), PVD yöntemiyle AlTiN ve TiAlN kaplanmış üç farklı sementit karbür takımla, kesme derinliği sabit tutularak (2 mm) üç farklı kesme hızı (100, 200, 300 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 mm/dev) değerlerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilerek, bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kaplama malzemesi, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde farklı etkilere sahip parametreler olduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen deneylerde en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü, en üstte TiN kaplı kesici takımla elde edilmiştir. İlerleme miktarının % 80 azaltılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde % 176 iyileşme sağlanmış, kesme hızının % 200 artırılması ile de yüzey pürüzlülüğünde % 13 iyileşme elde edilmiştir.

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

**EXPERIMENTAL INVESTIGATING OF THE EFFECT OF CEMENTED CARBIDE CUTTING
TOOLS COATED BY PVD AND CVD ON SURFACE ROUGHNESS ACCORDING TO
MACHINING PARAMETERS**

ABSTRACT

In this study, steel AISI 1030 was machined with a cutting tool coated by different elements on a CNC lathe without using cooling liquid. These experimental studies were executed with three different cemented carbide coated with three layers (top layer is TiN) using CVD method and coated with AlTiN and TiAlN using PVD method. The cutting processes were performed with three different cutting speed values (100,200,300 m/min) and five different feed rate values (0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 mm/rev) keeping depth of cut (2 mm) constant and the effects of these parameters on surface roughness were investigated. It was observed that the coating types, feed rate and cutting speed are the parameters having different effects on surface roughness. From the result of these experimental studies it was observed that the minimum average surface roughness value was obtained using coated TiN on top. With reducing of feed rate about 80 percent the improving was provided about 176 percent and with increasing of cutting speed about 200 percent the improving was obtained about 13 percent in surface roughness.

Key Words: Machining, Coated Cutting Tools, Cutting Parameters, Surface Roughness

1. GİRİŞ

Farklı talaşlı imal usulleri kullanılarak yapılan yüzey işlemleri, seçilen kesici takımın geometrisi, kaplama malzeme çeşiti ve işleme parametrelerinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. İyi seçilmeyen

kesici takım kaplama malzeme çeşiti ve işleme parametreleri, kesici takımların hızlı aşınması ve kırılması gibi kayıpların yanı sıra, iş parçasının bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır [1-4].

Kopac ve Bahor, sanayide sık kullanılan temperlenmiş AISI 1060 ve AISI 4140 çeliklerinin işleme koşullarına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün değişimi üzerine çalışmalarında, işleme parametrelerinin rasgele seçimi neticesinde ne tür sonuçlar ile karşılaşılacağı üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında, her iki çelik için büyük uç yarıçaplı kesici takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşıldığını bildirmişlerdir [5]. Benzer çalışmalar Yuan ve arkadaşları, Erikson ve Özses tarafından da yapılmıştır [6-8].

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 (cryogenic cooling) elde ettiği sonuçlarda ön ve yan kenar aşınmasının azaldığı, operasyon sırasında parçalarda ölçüsel sapmalarının azaldığı ve yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği bildirilmiştir [9,10].

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 [11]. Lin'in çalışmasına benzer çalışmalar Risbood, Ghani, Petropulos ile Torrance, Feng, Sekulic ve Gadelmawla tarafından yapılmıştır [12-17].

Bu çalışmada, en üstte CVD (kimyasal buhar çökeltmesi) yöntemiyle sürtünme katsayısı düşük TiN kaplanmış üç katlı kaplamaya sahip kesici takım, PVD (fiziksel buhar çökeltmesi) yöntemiyle AlTiN ve TiAlN kaplanmış kesici takımlarla, işleme parametresi olarak üç farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme kullanılarak, AISI 1030 çeliğinden talaş kaldırılmıştır. Aynı alt katmana sahip kesici takımlarda, kaplama malzemesinin ve işleme parametrelerinin talaş kaldırma sırasında iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deney Numuneleri

Deneysel çalışmalar için, AISI 1030 çelik malzemeden $\text{Ø}150 \times 450$ mm boyutlarında hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin spektral analiz ile elde edilen kimyasal bileşimi Çizelge 1' de ve mekanik özellikleri ise Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney Numunelerinin Kimyasal Kompozisyonu (% Ağırlık)

C	Si	Mn	P	S
0.276	0.110	0.610	0.040	0.050

Çizelge 2. Deney Numunelerinin Mekanik Özellikleri

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

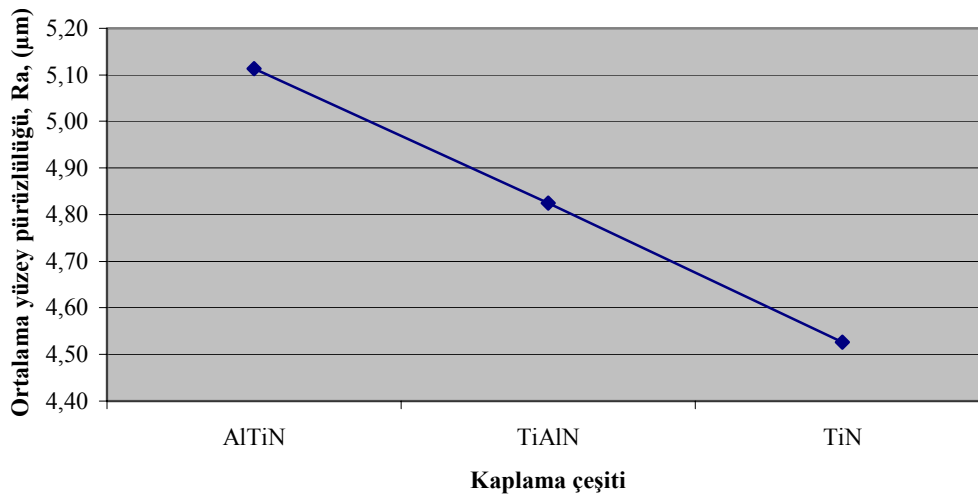
2.2. Kesici Takım, Tezgah ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Aleti

Kesici takım kaplama malzemeleri ve kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne etkisini değerlendirmeyi hedefleyen bu çalışmada, düşük karbonlu çelik malzeme için ISO P10-P20 kalitesine (grade) karşılık gelecek şekilde, Mitsubishi firmasına ait PVD AlTiN, TiAlN kaplı sementit karbür ve en üstte CVD TiN kaplı üç katlı kaplamaya sahip (TiN, Al_2O_3 , TiC) sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde "SNMA 120408" değiştirilebilir uçlar ve bu uçlara uygun PSBNR 2525 M12 takım tutucu kullanılmıştır. Talaş kaldırma işlemleri için JOHNFORDD T35 CNC torna tezgahı kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer M1 ölçü aleti kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının güvenilirliği açısından pürüzlülük 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. ISO 3685' de önerildiği gibi imalatçı firmaların kesici takım kaliteleri için önerdiği kesme hızı aralıkları dikkate alınarak 100, 200, 300 m/dak olacak şekilde üç farklı kesme hızı belirlenmiştir. 0.8 mm uç radyüsüne bağlı olarak ISO 3685' de tavsiye edilen aralıkta 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 mm/dev ilerleme hızı değerleri ve 2 mm talaş derinliği seçilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

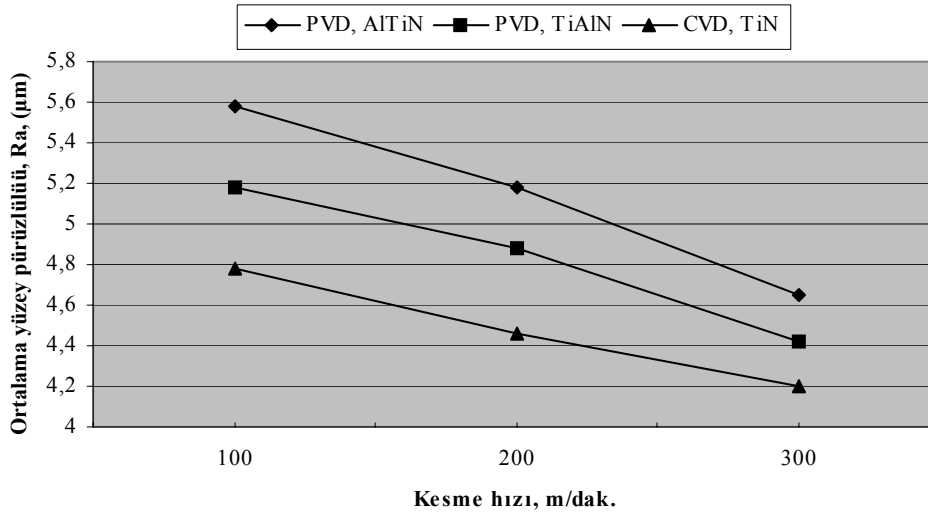
Deney numuneleri CNC torna tezgahında işlenerek yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Kaplama çeşitlerine göre elde edilen aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait grafik Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. AISI 1030 Çeliğinin Üç Farklı Kaplama Çeşiti İle İşlenmesinde Elde Edilen Aritmetik Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri, (Ra)

Kaplamalı kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işlemi sonrasında elde edilen en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü TiN kaplamalı kesici takımla ($2.155 \mu\text{m}$) elde edilmiştir. Daha sonra sırasıyla TiAlN kaplamalı takımla $2.3 \mu\text{m}$ ve AlTiN kaplamalı takımla $2.46 \mu\text{m}$ değerleri elde edilmiştir. Talaş kaldırma sırasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü; AlTiN kaplı kesici takımla işlemede $5.113 \mu\text{m}$ iken TiN kaplamalı takımla işlemede % 13 iyileşerek $4.526 \mu\text{m}$ olmuştur. En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğün CVD yöntemiyle TiN kaplanmış çok katlı kesici takımla elde edilmesinin sebebi, TiN kaplı kesici takımın PVD kaplı TiAlN ve AlTiN kaplı kesici takımlardan daha düşük sürtünme katsayısına ve çok katlı olması nedeniyle kesme kenarının her iki kesici takımdan daha yuvarlak olmasına bağlanabilir.

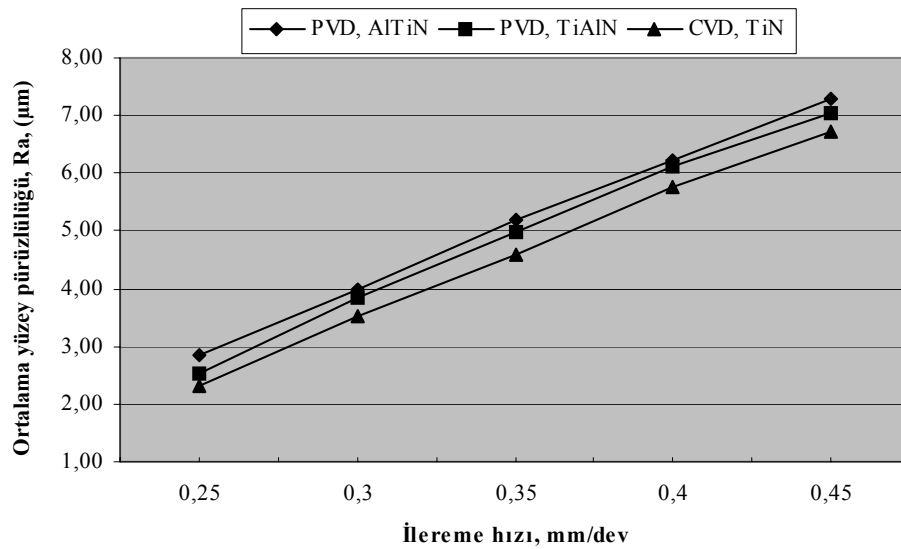
Seçilen kesme hızlarında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri, en küçükten en büyüğe doğru sırasıyla en yüksek kesme hızı olan 300 m/dak'da ($4.526 \mu\text{m}$), 200 m/dak'da ($4.825 \mu\text{m}$) ve 100 m/dak'da ($5.113 \mu\text{m}$) bulunmuştur. Elde edilen pürüzlülük değerleri yüksek değerlerde bulunmuştur. Bu yüksek pürüzlülük değerleri, AISI 1030 malzemesinin kimyasal yapısına bağlı olarak düşük C oranı sebebiyle daha sünek olmasına atfedilebilir. 100, 200 ve 300 m/dak'lık kesme hızı değerlerinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde, kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür (Şekil 2). Kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğündeki iyileşme, beklenen bir özellik olup yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için kesme hızının artırılması, literatürdeki en yaygın yöntemdir [2-3,18].



Şekil 2. AISI 1030 Çeliğinin Üç Farklı Kesici Takım Ve Beş Farklı İlerleme İle 100, 200 Ve 300 M/Dak Kesme Hızlarında İşlenmesinde Elde Edilen Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri, (R_a)

Kesme hızının artması ile iyileşen yüzey pürüzlülüğü, yüksek hızlarda artan sıcaklığa bağlı olarak, deformasyon işleminin kolaylaşması, iş parçası malzemesinin, kesici kenar ve burun radyüsü çevresinde rahat bir şekilde deforme edilmesi ve bu yüksek sıcaklıklarda oluşan akma bölgesine bağlı olarak açıklanabilir. Kolay deforme edilen malzeme, herhangi bir yırtılma olmadan şekillendirilebilmektedir. Düşük hızlarda çalışırken, kesme hızında sağlanan % 200' lük artış ile yüzey pürüzlülüğünde iyileşme (% 13), kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini göstermektedir.

0,25, 0,30, 0,35, 0,40 ve 0,45 mm/dev ilerleme hızı değerlerinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde ilerleme artıkça yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için, ilerleme değerlerinin düşürülmesi diğer yaygın bir uygulamadır [2-4,18]. Ortalama yüzey pürüzlülüğü ilerlemenin (0,45 mm/dev) % 80 civarında düşürülmesi ile (0,25 mm/dev) yüzey pürüzlülüğünde % 176 iyileşme gözlenmiştir. 0,45 mm/dev ilerleme hızında (7,077 µm), 0,40 mm/dev ilerleme hızında (6,048 µm), 0,35 mm/dev ilerleme hızında (4,927 µm), 0,30 mm/dev ilerleme hızında (3,784 µm) ve 0,25 mm/dev ilerleme hızında (2,566 µm) bulunmuştur. İlerlemenin düşürülmesi ile yüzey pürüzlülüğündeki bu iyileşme Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. AISI 1030 Çeliğinin 0,25, 0,30, 0,35, 0,40 Ve 0,45 Mm/Dev İlerleme Hızında Farklı Kesici Ve Farklı Kesme Hızlarıyla İşlenmesinde Elde Edilen Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri, (R_a)

Şekil 1, Şekil 2' ve Şekil 3' deki grafikler, kesici takım kaplama malzemesini, kesme hızının ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. TiN kaplanmış takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri AlTiN, TiAlN kaplanmış takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine göre daha düşüktür. Yine, özellikle yüksek kesme hızlarında bu fark daha fazla önem kazanmaktadır. TiN kaplamalı takımlardaki daha iyi yüzey özellikleri, bu kaplama malzemesinin diğerlerine göre daha düşük olan sürtünme katsayısına ve oluşan sıcaklığa atfedilebilir. 100 m/dak'lık kesme hızında bu durum açık olarak görülmekte ve TiN kaplı takımla edilen yüzey kalitesi, TiAlN kaplı takımla elde edilen yüzeye göre % 5, AlTiN kaplı takımla elde edilen yüzeye göre % 17'lere varan bir iyileşme sergilemektedir. Yüksek hızlarda her üç takım için de artan sıcaklıklar, akma bölgesi oluşmasını, dolayısıyla talaş akışını kolaylaştırmakta, bunun sonucu olarak da her üç takım için elde edilen yüzey pürüzlülükler değerleri arasındaki fark azalmaktadır.

4. SONUÇ

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

- İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. İlerlemenin artmasıyla, yüzey pürüzlülüğüde artmıştır .
- Kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Kesme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır.
- İlerleme miktarının (0.45 mm/dev) % 80 azaltılmasıyla (0.25 mm/dev) yüzey pürüzlülüğünde % 176 iyileşme sağlanmış, kesme hızının (100 m/dak) % 200 artırılmasıyla (300 m/dak) ise yüzey pürüzlülüğünde % 13 iyileşme elde edilmiştir.
- İlerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi kesme hızından daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Kesici takımlara uygulanan kaplama katman sayısı ile yüzey pürüzlülüğü arasında azalan bir ilişki vardır. Kaplama katman sayısının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktadır.
- Kaplama malzemesi çeşidine göre en iyi yüzey pürüzlülüğü CVD ile TiN kaplanmış kesici takımla (2.155 µm) elde edilmiştir. Bunu sırasıyla PVD ile kaplanmış TiAlN (2.3 µm) ve AlTiN (2.46 µm) kesici takımlar takip etmiştir.

KAYNAKLAR

1. Thomas, T.R., 1982, **Rough Surface, Longman**, New York.
2. Shaw, M.C., 1984, "Metal Cutting Principles", **Oxford University Press**, London, ISBN 0-19-859002-4.
3. Trent, E.M., 1984, "Metal Cutting, 2nd ed"., Butterwoths , **London ISBN 0-408-10856**,
4. Boothroyd, G., 1981, Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, **International Student ed. 5th Printing**, McGraw-Hill, ISBN 0-07-085057-7, New York.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Özses, B., 2002, "Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi**, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

12. Risbood, K.A., and Dixit, U. S., 2003, "Prediction of surface roughnes and dimensional deviation by measuring cutting forces and vibration in turning process", **Journal of Material Processing Technology**, 132: 203-214.
13. 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.
14. 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.
15. Feng, C., Wang, X., 2002, "Development of emprical models for surface roughness prediction in finish turning", **Internatianal Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 20: 1-8.
16. Sekuliç, S., 2002, "Correlation beetween 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.
17. Gadelmavla, E.S., Koura, M.M., 2002, "Roughness Parameter", **Journal of Material Processing Technology**, 123: 133-145.
18. Modern Metal Cutting, 1994, **Practical Handbook**, Sandvik.