

**AISI 304 OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİĞİN KAPLANMIŞ SEMENTİT KARBÜR KESİCİ TAKIMLA İŞLENMESİ ESNASINDA OLUŞAN TAKIM AŞINMASI**

**İbrahim ÇİFTÇİ**

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, 78100, Karabük, Türkiye

**ÖZET**

Bu deneysel çalışmada, AISI 304 kalite ostenitik paslanmaz çelik malzeme üzerinde tornalama yöntemiyle işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Kesici takım olarak, çok katlı kaplanmış sementit karbür bir takım kullanılmıştır. Deneyler, soğutma sıvısı kullanılmadan dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dk) ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutularak yapılmıştır. Deneyler esnasında kesme kuvvetleri ve işlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ( $R_a$ ) ölçülmüştür. Aşınmış kesici takımlar tarama elektron mikroskopunda (SEM) incelenerek aşınma biçimleri ve mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Artan kesme hızı ile belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti azalmıştır ancak bu belirli değerden sonra artış görülmüştür. SEM incelemelerinden aşınmanın kesici takım üzerinde genellikle üç bölgede küçük kırılmalar şeklinde (chipping) olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; a) kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge b) kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve c) burun bölgesidir. Gerçekleşen aşınmaların kesici takım üzerinde oluşan yığıntı talaş (BUE) ile ilişkili olduğu tahmin edilmiştir ve 180 m/dk'ya kadar artan kesme hızıyla azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Takım Aşınması, Paslanmaz Çelik, Sementit Karbür, Yüzey Pürüzlülüğü

**TOOL WEAR DURING MACHINING OF AISI 304 AUSTENITIC STAINLESS STEEL USING A COATED CEMENTED CARBIDE TOOL**

**ABSTRACT**

In this experimental study, machining tests through turning method were performed on AISI 304 grade austenitic stainless steel. The cutting tool used was a multilayer coated cemented carbide. The tests were carried out dry at four different cutting speeds (120, 150, 180 and 210 m/min) while feed rate and depth of cut were kept constant. Cutting force measurements were performed during the tests and the machined surface roughness values ( $R_a$ ) were determined on the machined surfaces. The worn cutting edges were examined under a scanning electron microscope (SEM) in order to determine the wear modes and mechanisms. With increasing cutting speed, the surface roughness and cutting force decreased until a minimum value is reached beyond which they increased. SEM examinations revealed that wear mainly took place in three regions on the cutting edges. These regions are; a) depth of cut line on the tool flank face, b) edge of tool in end cutting edge and c) tool nose. It was considered that tool wear was associated with built-up edge (BUE) formed on the cutting tool and tool wear decreased up to 180 m/min with increasing cutting speed.

**Key Words:** Tool Wear, Stainless Steel, Cemented Carbide, Surface Roughness

**1. GİRİŞ**

Ostenitik paslanmaz çelikler, yüksek korozyon direncine sahip yüksek alaşım malzemelerdir. Ana alaşım elementi krom olup çoğunlukla % 15'in üzerinde bir oranda paslanmaz çeliklerde bulunur. Alaşımdaki bu krom, oksit oluşturucu atmosferde dayanıklı ince bir oksit tabakası oluşturarak malzeme yüzeyini korozyondan korur. Ostenitik paslanmaz çeliklerdeki diğer önemli alaşım elementi de nikelidir. Nikel de bu

malzemenin korozyon direncini artırır. Korozyon direncine ilaveten, normal karbonlu çeliklerle karşılaştırıldıklarında ostenitik paslanmaz çelikler yüksek dayanım ve yüksek süneklik özelliklerine sahiptirler ve yüksek deformasyon sertleşme eğilimi sergilerler [1,2].

Yüksek dayanım ve yüksek süneklik özellikleri bir çok endüstriyel uygulamada malzeme yönünden cazip olmakla birlikte işlenebilirliği olumsuz yönde etkilerler. Bu nedenle, ostenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesi karbonlu veya düşük alaşımlı çeliklerden daha zordur [3-5]. Yüksek süneklikleri nedeniyle, işleme esnasında kesici takıma kuvvetli bir şekilde yapışarak / kaynaklanarak kesici takım geometrisini değiştirirler ve kesici takımla birleşen malzemenin de işleme esnasında kırılması sonucu kaba yüzey pürüzlülüğüne ve hızlı takım aşınmasına neden olurlar [5,6]. Aynı zamanda, ostenitik paslanmaz çeliklerin yüksek deformasyon sertleşme eğilimleri de işlenebilirliklerini olumsuz yönde etkileyen faktörlerden birisidir [7].

Bu araştırmanın amacı, kimya ve gıda endüstrisinde ve korozyon direnci gerektiren makina parçalarının imalatında kullanılan [8] ve deformasyon sertleşme hızı ve tokluğu yüksek ve ısı iletkenliği düşük olan [9] AISI 304 kalite ostenitik paslanmaz çelik malzemeler üzerinde tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yaparak kesici takım aşınma biçimleri ve mekanizmalarını belirlemektir. Aynı zamanda, iki önemli işlenebilirlik kriteri olan kesme kuvvetleri ve iş parçası yüzey pürüzlülüğüne kesme hızının etkisini incelemektir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İşlenebilirlik deneyleri, AISI 304 kalite ostenitik paslanmaz çelik malzemeyi tornalamak suretiyle yapılmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir. Silindirik iş parçası malzemesi üzerindeki işlenebilirlik deneyleri TC35 CNC torna tezgahı kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan torna tezgahının iş mili, değişken kademesiz hıza sahip olup 4000 dev/dk'ya kadar çıkabilmektedir ve gücü de 10 kW'tır. İş parçası malzemeleri 150 mm uzunluğunda ve 40 mm çapındadır. Deneyler esnasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Kesici takım olarak, ticari kalite CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış sementit karbür kesici takım kullanılmıştır. Kullanılan kesici takım Kennametal firması tarafından CNMG120408 formunda imal edilmiştir. Bu kesici takım kalitesi üretici firma tarafından paslanmaz çeliklerin işlenmesi için tavsiye edilmiştir ve KC 935 şeklinde üretici firma tarafından kodlanmıştır. Bu kesici takımda en üst kaplama  $Al_2O_3$  ve onun altındakiler de sırasıyla TiCN ve TiC'dür. Bu kesici takımlar uygun bir takım tutucuya yanaşma açısı  $75^\circ$  olacak şekilde rijit bir şekilde mekanik olarak bağlanmıştır. Kullanılan kesme hızları 120, 150, 180 ve 210 m/dk olarak seçilmiştir. İlerleme hızı 0.16 mm/dev ve talaş derinliği de 1.6 mm olarak seçilmiştir. Deney parametreleri, mümkün olduğunca ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. İş Parçası Malzemelerinin Kimyasal Bileşimleri

	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe
AISI 304	0.06161	0.35118	0.02446	0.02141	1.76596	8.24958	18.26023	0.07376	0.23861	70.9562

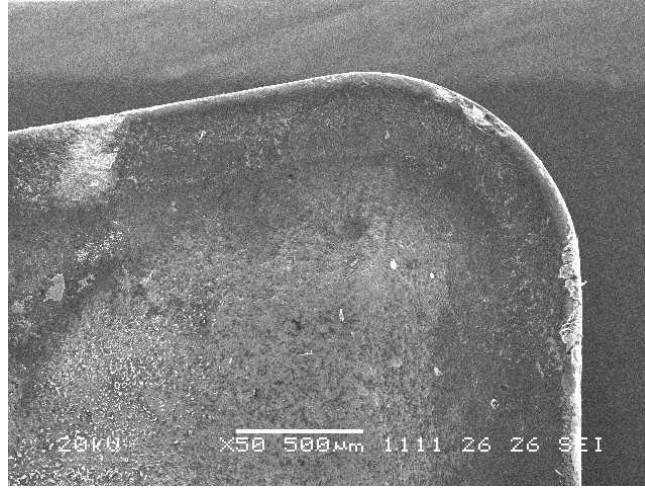
Mitutoyo SurfTest 211 model bir yüzey pürüzlülük cihazı ile işlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. Her bir yüzey üzerinde ölçmeler üç defa tekrarlanmıştır. Kesme kuvvetlerinin ölçümünde Kistler 9257A tipi üç kuvvet bileşeni de ölçebilen bir piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Bu dinamometreye 5019 B130 tipi bir sinyal yükseltici (charge amplifier) bağlanmış ve kesme kuvvetlerinin bilgisayara aktarılması için gerekli donanım ve Kistler Dynoware kuvvet ölçme programı kullanılmıştır. Kuvvet ölçmeleri, 40 mm'lik çapta 25 mm'lik uzunluğun işlenmesi esnasında gerçekleştirilmiştir. Aşınmış kesici uçlar JEOL JSM 6360 LV tipi bir tarama elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir.

## 3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

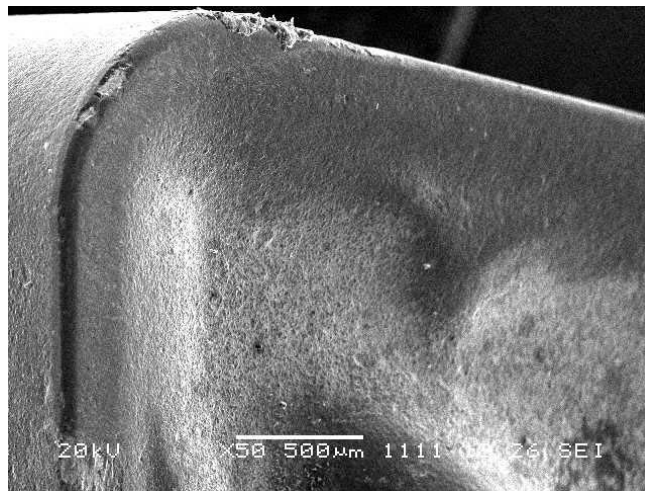
### 3.1. Takım aşınması

Şekil 1'de AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde kullanılan kesici takımın talaş yüzeyinden çekilmiş bir SEM fotoğrafından gerçekleşen aşınmalar görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi aşınma esas olarak üç bölgede gerçekleşmiştir. Bu bölgeler; a) kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge (yan yüzeyde çentik aşınmasının olduğu bölge), b) kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve c) burun bölgesidir. Şekil 1'deki SEM fotoğrafından aşınmaların küçük kırılmalar (chipping) şeklinde olduğu görülmektedir. Kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması

kestiği bölgeden daha büyük bir büyütme ile çekilen SEM fotoğrafından kırılmalar daha iyi görülebilmektedir, Şekil 2. Burada gerçekleşen kırılmaların adhesiv aşınma mekanizması sonucu gerçekleştiği tahmin edilmektedir. İşleme esnasında kesici uçtaki yüksek bölgesel sıcaklıklar ve aşırı basınç iş parçası malzemesinin kesici uca yapışmasına / kaynaklanmasına neden olur. Yapışan / kaynaklanan bu malzemeler devam eden işleme sürecinde büyür ve belirli bir süre sonra maruz kaldığı gerilmelere dayanamayarak kesici takımdan koparak ayrılır. Talaşlı imalat işleminde yığıntı talaş (BUE) olarak bilinen bu olay çoğunlukla sünek malzemelerin işlenmesinde sıkça görülür. Bu kopma ile kesici takımdan da bir parça kopar ve dolayısıyla adhesiv aşınma mekanizması vasıtasıyla kırılmalar gerçekleşir. Bu işlem, işleme esnasında periyodik olarak tekrarlandığı için kesici uç tedrici olarak aşınır. Ostenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında iş parçası malzemesi ile kesici takım arasında çok güçlü bir birleşme olduğu Trent [5] tarafından rapor edilmiştir. Şekil 3'deki SEM fotoğrafından işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temas eden bölgede yapışan / kaynaklanan iş parçası malzemesi görülmektedir.



Şekil 1. AISI 304 Malzemenin Ticn/Tic/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla 120 M/Dk Kesme Hızında İşlenmesi Sonucu Gerçekleşen Kesici Takım Aşınmaları



Şekil 2. Şekil 1'deki Aşınan Bölgelerden Daha Büyük Bir Büyütmede Elde Edilen SEM Fotoğrafı



Şekil 3. AISI 304 Malzemenin Ticn/Tic/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla 210 M/Dk Kesme Hızında İşlenmesi Sonucu Kesici Takıma Yapışan İş Parçası Malzemesini Gösteren SEM Fotoğrafi

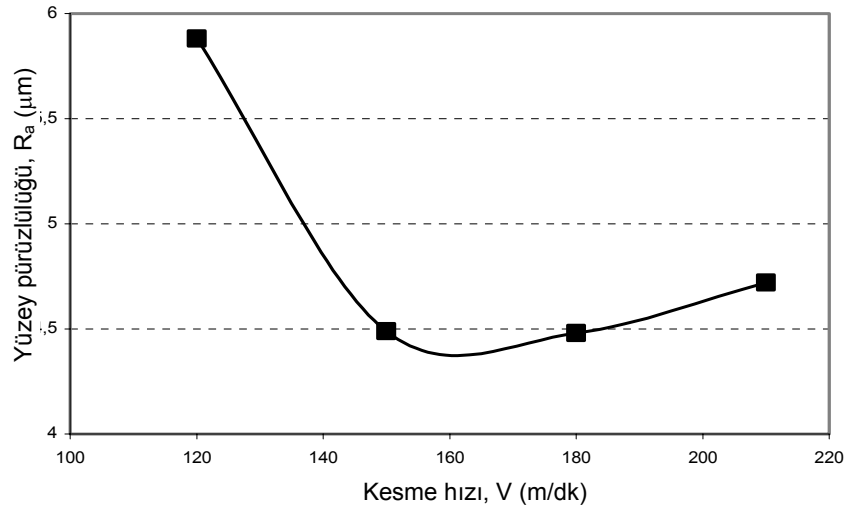
### 3.2. İş Parçası Yüzey Pürüzlülüğü

Şekil 4, dört farklı kesme hızında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini ( $R_a$ ) göstermektedir. Bu değerler, her bir kesme hızı için yapılan üç ölçmenin ortalamalarıdır. Şekilden görüldüğü gibi yapılan bütün deneylerde yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu yüksek değerler ostenitik paslanmaz çeliklerin oldukça yüksek olan sünek yapıları ile açıklanabilir, çünkü süneklik büyük ve kararsız yığıntı talaş (BUE) oluşma eğilimini artırır [10]. Yığıntı talaş normalde yüzey pürüzlülüğünü artırır ve dolayısıyla yığıntı talaşın büyük ve kararsız olması durumunda yüzey pürüzlülük değeri daha da artar ve kötü bir yüzey oluşur.

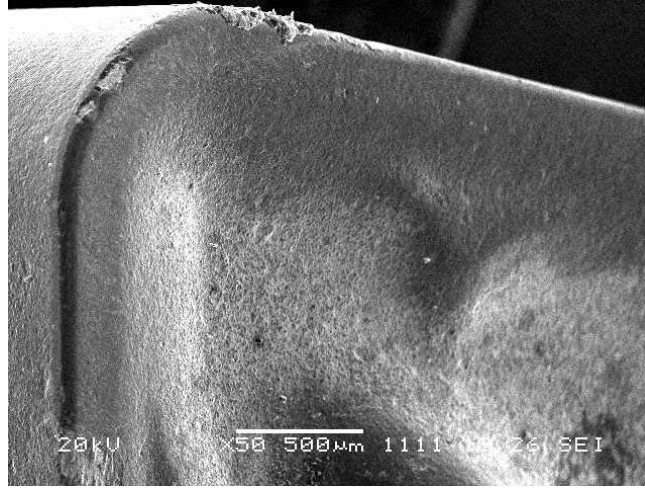
Şekil 4'ten görüldüğü gibi, artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar azalmakta ve bu değerden sonra da tekrar artış göstermektedir. Kullanılan en düşük kesme hızı 120 m/dk'da en yüksek yüzey pürüzlülük değeri elde edilirken 180 m/dk kesme hızında da en düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerinin 180 m/dk kesme hızına kadar azalması kesici uçta BUE oluşma eğiliminin azalması ile açıklanabilir. Artan kesme hızı ile kesme bölgesinde sıcaklık artar ve bu sıcaklık artışı ile BUE'nin dayanımı azalır. Dolayısıyla, BUE daha kararsız hale gelir ve kesici takımdan daha sık bir periyotta ayrılır. BUE oluşma ve kesici takımdan ayrılma süresi kısaldığı için büyüklüğü de azalır ve dolayısıyla daha az pürüzlü bir yüzeye neden olur. Aynı zamanda, artan sıcaklık nedeni ile BUE'nin kesici takıma uyguladığı adhesiv kuvvet de azalır. Şekil 5'te 120 ve 180 m/dk kesme hızlarında kullanılan kesici uçların SEM fotoğrafları görülmektedir. Bu fotoğraflar, artan kesme hızı ile kesici uçta kırılmaların azaldığını göstermektedir. Bu azalma, yüksek kesme hızlarında artan kesme bölgesi sıcaklığı nedeniyle BUE'nin hem oluşumunun azaldığını hem de dayanımının azalması ile kesici takıma daha az bir adhesiv kuvvet iletilmesi ile açıklanabilir.

210 m/dk kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinin tekrar artmaya başlaması ise kesme bölgesinde sıcaklığın hızlı artışı nedeniyle kesici takımın dayanımının azalması ve dolayısıyla aşınmasının artması ile açıklanabilir. Normal olarak, kesici takım burun bölgesindeki ve kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölgedeki düzenli bir aşınma yüzey pürüzlülük değerini azaltır ancak ostenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde takım aşınması adahasiv aşınma mekanizması vasıtasıyla düzensiz bir yapıda (Şekil 2) olduğu için yüzey pürüzlülük değeri artar.

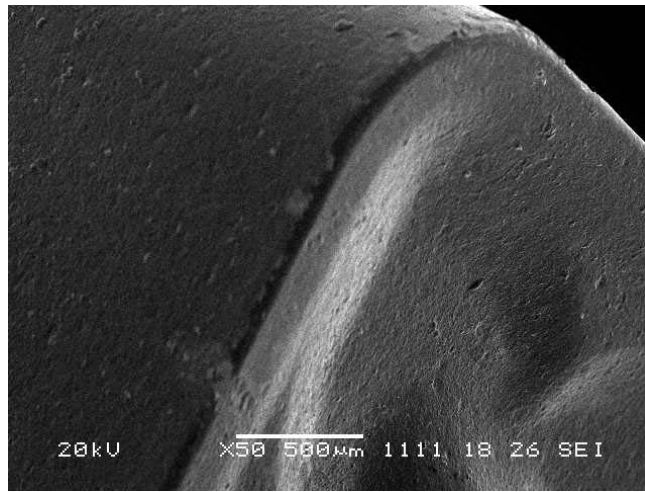




Şekil 4. AISI 304 Malzemenin Ticn/Tic/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla Farklı Kesme Hızlarında İşlenmesi Sonucu Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri



a)

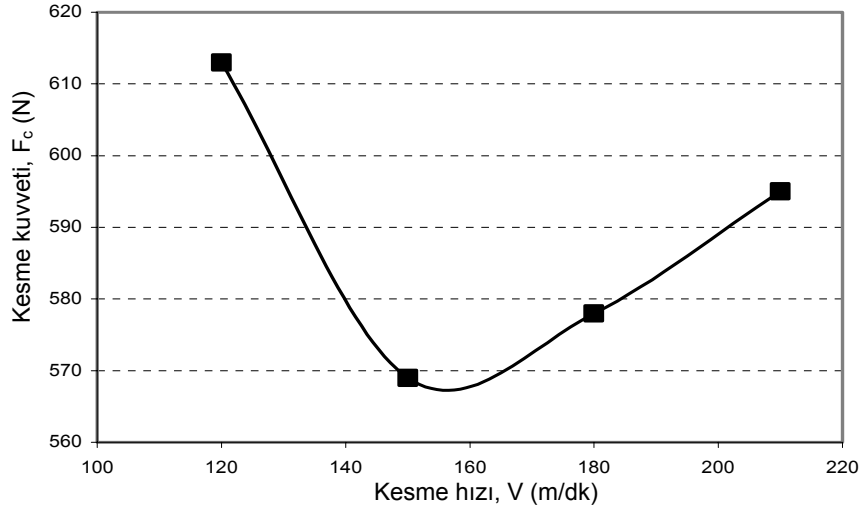


b)

Şekil 5. AISI 304 Malzemenin Ticn/Tic/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla A) 120 M/Dk Ve B) 180 M/Dk Kesme Hızlarında İşlenmesi Sonucu Kesici Takımda Gerçekleşen Aşınmalar

### 3.3. Kesme kuvvetleri

Genel olarak, kesme hızının artması ile kesme kuvvetleri düşer. Artan kesme hızıyla kesme kuvvetlerindeki bu düşüş, kısmen kesici takım talaş yüzeyindeki temas alanının azalması ve kısmen de talaş yüzeyinde oluşan akma bölgesi dayanımının ( $k_r$ ) azalmasıyla açıklanabilir [5]. Şekil 6, deneylerde kullanılan dört farklı kesme hızında elde edilen kesme kuvvetleri değerlerini göstermektedir. Kesme hızının 120 m/dk'dan 150 m/dk'ya çıkarılmasıyla kesme kuvvetlerinde nispeten fazla bir azalma görülmektedir. Ancak, 150 m/dk kesme hızından sonra, kesme kuvvetleri tekrar artmaya başlamıştır. Bu durum, 150 m/dak'dan sonra muhtemelen kesme hızının artması ile kesici takım aşınmasının artması ve dolayısıyla aşınmış bir kesici takımın kesme kuvvetlerinde artışı neden olması ile açıklanabilir.



Şekil 6. T1cN/T1c/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Kaplanmış Kesici Takımlarla AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğin 0.16 Mm/Dev İlerleme Hızı Ve 1.6 Mm Talaş Derinliğinde İşlenmesi Sonucu Elde Edilen Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimleri

## 4. SONUÇLAR

Sementit karbür kesici takımlar kullanılarak AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik üzerinde tornalama deneyleri yapılan bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- TiCN/TiC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış sementit karbür kesici takımda aşınmalar esas olarak üç bölgede gerçekleşmiştir. Kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge, kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve burun bölgesi esas olarak aşınmanın gerçekleştiği bölgelerdir.
- Gerçekleşen aşınmalar küçük kırılmalar (chipping) şeklindedir. Bu kırılmalar, kesici takımda BUE oluşumu ve oluşan BUE'nin de işleme esnasında kopmasıyla ilişkilendirilmiştir. Kesme hızının artmasıyla belirli bir kesme hızı değerine kadar gerçekleşen aşınmalar azalmıştır.
- Artan kesme hızıyla kesici takım aşınmasının azalması, yüksek kesme hızlarında artan sıcaklık nedeniyle daha az BUE oluşma eğilimi ve kesici takıma daha az adhesiv kuvvet iletilmesi ile açıklanmıştır.
- İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin ( $R_a$ ) ve kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi de aşınmaya benzer bir davranış sergilemiştir. Artan kesme hızı ile her iki değer de belirli bir kesme hızına kadar azalmış ancak daha sonra kesme hızının artması ile artmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Groover, M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing – Materials, Processes and Systems, Prentice-Hall Inc., New Jersey, A.B.D., 1996.
2. DeGarmo, E.P., Black, J.T. ve Kohser, R.A., Materials and Processes in Manufacturing, Prentice-Hall Inc., New Jersey, A.B.D., 1997.
3. O'Sullivan, D., Cotterell, M., "Machinability of austenitic stainless steel SS303", Journal of Materials Processing Technology, Cilt 124, 153-159, 2002.

4. Paro, J., Hanninen, H. ve Kauppinen, V., “Tool Wear and Machinability of X5 CrMnN 18 18 Stainless Steels”, **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 119, No 1–3, 14–20, 2001.
5. Trent E.M., Metal Cutting, **Butterworths Pres**, London, 1989.
6. Selinder, T.I., Sjostrand, M.E., Nordin, M., Larsson, M., Ostlund, A., Hogmark, S., “Performance of PVD TiN/TaN and TiN/TiNbN superlattice coated cemented carbide tools in stainless steel machining”, **Surface and Coating Technology**, Cilt 105, 51-55, 1998.
7. Jiang L, Roos A, Liu P., “The influence of austenite grain size and its distribution on chip formation and tool life during machining of AISI 304L” **Metallurgical and Materials Transactions**, Cilt 28A, 2415-2422, 1997.
8. Kasap, M., Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001.
9. Sandvik-Coromant Co. Inc., **Modern Metal Cutting – A Practical Handbook**, İsveç, 1997.
10. Ezugwu, E.O. ve Kim, S.K., “The Performance of Cermet Cutting Tools when Machining an Ni-Cr-Mo (En 24) Steel”, **Lubrication Engineering**, Cilt 51, No 2, 139-145, 1995.