

AISI 316Ti Paslanmaz Çeliğin İşlenebilirlik Karakteristiklerinin İncelenmesi

Investigation of Machinability Characteristics of AISI 316Ti Stainless Steel

Yunus KAYIR^{a*}, Ahmet AYTÜRK^a

^aGazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara

Geliş Tarihi/Received : 08.12.2011, Kabul Tarihi/Accepted : 20.02.2012

ÖZET

Bu çalışmada, üniversal torna tezgahında işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. İş parçasının tornalanması sırasında kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde, standart bir dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin üniversal torna tezgahına uygun bir şekilde bağlanması için, bir bağlama aparatı tasarlanarak imalatı yapılmıştır. Yapılan işlenebilirlik deneylerinde, AISI 316Ti paslanmaz çelik malzeme, TiAlN kaplamalı, farklı kesici takım uç yarıçapına sahip karbür uçlar kullanılarak tornalanmıştır. Takım uç yarıçapının kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri ve işlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülükleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, ilerleme miktarı artıkça, kesme kuvvetlerinin arttığı, takım uç yarıçapının büyümesi ile de yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : AISI 316Ti, Tornalama, Kaplamalı takımlar, Kesme kuvvetleri, Yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

In this study, many experiments of machinability were carried out on universal turning lathe. The cutting forces that occur during machining of workpieces were measured. A standard dynamometer was used to measure cutting forces. The Dynamometer were assembled on the lathe efficiently. An apart were designed and machined to assembly the dynamometer. Moreover, AISI 316Ti stainless steel parts were turned by carbide cutting tools coated with TiAlN components. Effects of cutting tools with different radius on cutting forces and surface roughness were investigated by using different cutting parameters. Moreover, machined parts' surface roughness was controlled. The experimental results showed that cutting forces increased with the increasing federate, but the surface roughness decreased with increasing the radius of cutting edge.

Keywords: AISI 316Ti, Turning, Coated carbide cutting tools, Cutting forces, Surface roughness.

1. GİRİŞ

İmalat sanayisinde kullanılan çelik malzemelerin gelişimi günde güne artmaktadır. Paslanmaz çeliklerin, gıdadan sağlığa ve otomotivden uzay sanayine kadar, birçok alanda kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. Diğer çeliklere oranla daha pahalı olmalarına karşın, yüksek korozyon direnci, çevre dostu ve hijyenik olması gibi özellikleri, paslanmaz çeliklerin kullanımını artırmaktadır (Sarıtas, 2011). Paslanmaz çelikler, bileşimlerinde en az

% 11 krom içeren bir çelik ailesidir. Son yıllarda paslanmaz çelikler üzerinde yapılan çalışmalar artmış ve piyasada, değişik özelliklere sahip paslanmaz çelikler ortaya çıkmıştır. Genel olarak paslanmaz çelikler; Ferritik, Martenzitik, Ostenitik, Ferritik-Ostenitik (Dubleks) ve Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar olmak üzere beş ana grupta toplanmaktadır. Makine ve imalat sanayisinde bu grupların en yaygın olarak kullanılanları, şüphesiz, ostenitik ve ferritik paslanmaz çeliklerdir.

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : ykayir@gazi.edu.tr (Y. Kayır)

Östenitik paslanmaz çelikler, kendi içinde de birbirlerinden ayrılmaktadır. Östenitik paslanmaz çelik gurubunun ilk bilineni AISI 304'tür. Grubun diğer üyeleri, içerdiği etkili alaşım elementine göre ayrılmıştır. Örneğin, AISI 316Ti östenitik paslanmaz çeliğin etkili alaşım elementi titanyum'dur. AISI 316Ti paslanmaz çeliği, kağıt, kimya, ilaç, boya ve vernik imalat tesisleri, sentetik reçine üretim üniteleri, lastik ve motor yakıt endüstrisi, pompa ve kompresör parçaları, et işleme üniteleri, petrol ve doğal gaz üretim üniteleri, nükleer mühendislik ve medikal uygulamalar gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir (Outeiro v.d., 2002).

Gelişen teknoloji ile birlikte, günümüzde ortaya çıkan yeni malzemelerin talaşlı imalat yöntemi ile işlenerek şekillendirilmesi, halen büyük önem arz etmektedir. Çelik malzemelerin işlenebilirliği konularında, deneysel ve teorik olan birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan işlenebilirlik deneylerinin çoğunda tornalama yöntemi kullanılmış, takım ömrü, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri gibi kriterler dikkate alınmıştır. Paslanmaz çeliklere yönelik işlenebilirlik çalışmalarında, genelde östenitik paslanmaz çelikler tercih edilmiş ve AISI 304 ve 303 oldukça yaygın kullanılan paslanmaz çelikler olmuştur. Paslanmaz çelikler, yüksek çekme mukavemetli, korozyon direnci yüksek, düşük ısı iletkenliğe sahiptir. Yüksek miktarda krom-nikel içermesi ve molibden gibi mukavemeti artırıcı elementlerin bulunması, işlenebilirliği olumsuz etkilemektedir. Ayrıca paslanmaz çeliklerin talaşlı imalatı sırasında pekleşme özelliği de işlenebilirliği olumsuz etkileyen faktörler arasındadır (Sandvik, 1997; Bahadır v.d., 2004).

AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde azot oranının takım ömrüne etkisi olduğu belirtilmiştir. % 0.91 azot içeren paslanmaz çelikteki takım ömrünün, % 0.57 oranında azot içeren paslanmaz çelikteki takım ömründen daha uzun olduğu ifade edilmiştir (Sandvik, 1994). Ayrıca, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletkenliğine sahip olması, kesme işleminin gerçekleştiği bölgede yüksek sıcaklıkların meydana gelmesine sebep olduğu, bunun da difüzyon aşınmasını oluşturduğu belirtilmiştir (Paro v.d., 2001). Yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörün ilerleme ve en az etkili

olan parametrenin ise kesme hızı olduğu tespit edilmiştir (Zeyveli ve Demir, 2009). AISI 304 paslanmaz çeliğin sahip olduğu yüksek dayanıklılık, düşük ısı iletkenlik ve yüksek süneklik özelliklerinin, işlenebilirliği zorlaştıran etkenler olduğu belirtilmiştir (Özek ve Taşdemir, 2009). İlerlemenin ve talaş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı, kesme hızının belli bir değere kadar artması ile yüzey pürüzlülüğünün (yavaş da olsa) azalma eğilimine girdiği, kesme kuvvetlerinin düştüğü ifade edilmiştir. Artan ilerleme, talaş derinliği ve kesme hızının takım aşınmasını artırdığı ileri sürülmüştür (Korkut v.d., 2004; Tekaslan v.d., 2008). Takım yanak aşınması ve takım-talaş ara yüzey sıcaklığına etkileri yönünde yapılan incelemelerde, kesme hızının artması ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ve takım yanak aşınmasının azaldığı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin azalmasıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği ifade edilmiştir (Kasap, 2001). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesi sırasında meydana gelen ses ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, ses ile titreşimlerin yakın ilişki içinde olduğu ifade edilmiştir. Artan ses ile kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüklerin de arttığı belirtilmiştir. En uygun seslerin, kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülüklerini azaltan kesme hızı ve ilerleme değerlerine ait olduğu belirlenmiştir (Özek v.d., 2006). Titreşimin artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlemlenmiştir (Tekiner ve Yeşilyurt, 2004; Yeyen, 2006).

Yapılan literatür araştırmalarında, AISI 316 serisine ait östenitik paslanmaz çeliklere yönelik çalışmaların çok yeni olduğu görülmüştür. Kısıtlı sayıdaki bu çalışmalarda ise, titanyum içeren AISI 316Ti malzemesine ait çalışmalar oldukça azdır. AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliğine yönelik yapılan bir çalışmada, CVD ile TiN/TiCN/TiN, TiN/TiCN/Al₂O₃ kaplanmış kesici takımlar ile PVD ile TiAlN kaplanmış kesici takımlardan en dayanıklı kaplamanın TiAlN olduğu ve bunu sırası ile TiN/TiCN/TiN, TiN/TiCN/Al₂O₃ takip ettiği belirtilmiştir. TiAlN kaplı kesici takımların, yüzey pürüzlülüğü açısından, diğer kaplamalara göre daha iyi bir sonuç verirken, kesme hızının artması ile takım ömrünün ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, ilerleme miktarındaki artış ile de yüzey pürüzlülüğünün arttığı ifade edilmiştir (Yeyen v.d., 2009).

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, işlenebilirlik deneyleri için bir üniversal torna tezgahı (Şekil 1) kullanılmıştır. Bilindiği gibi üniversal torna tezgahları, geçmişten günümüze imalat sanayinin bir çok kolunda halen faal olarak kullanılan tezgahlardır. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Temel İşlemler Laboratuvarı'nda

bulunan üniversal torna tezgâhlarından biri, bu deneyler için hazırlanmıştır.

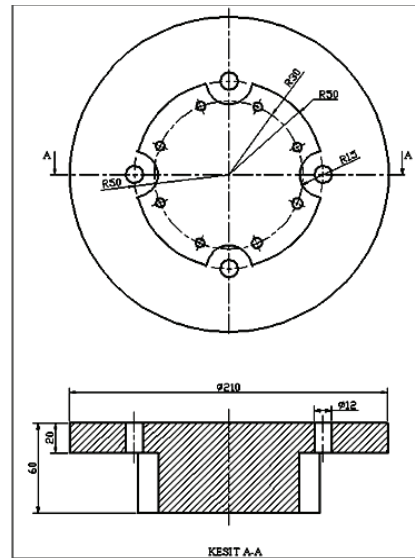
Üniversal torna tezgahında, AISI 316Ti paslanmaz çeliğinin işlenmesi sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri, hazırlanan bir deney düzeneğinde kullanılan bir dinamometre yardımıyla ölçülmüştür.



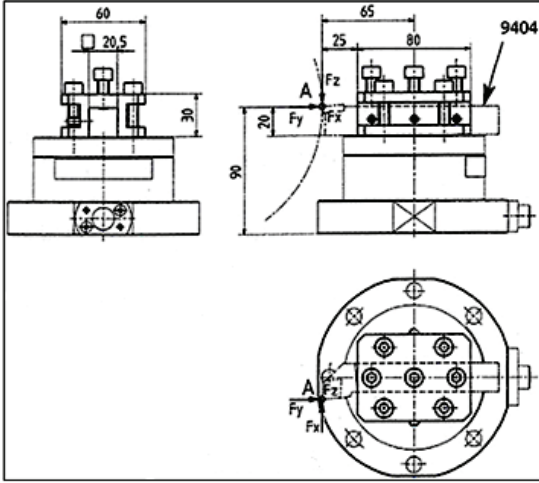
Şekil 1. Üniversal bir torna tezgahı.

Kullanılan dinamometre (Kistler, 2007), 4 bileşende (F_z , F_x , F_y ve M_z) ölçüm yapabilecek kapasitedir. Kesme kuvvetleri için CNC freze tezgahlarında kullanılmış olan dinamometrenin, üniversal torna tezgahlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bunun için Kistler firmasının ürün katalogunda dinamometrelere ait bilgiler incelenmiş ve dinamometrenin, belirli şartlar dahilinde, tornalama işlemleri için de kullanılabilmesi görülmüştür (Kistler, 2007). Dinamometrenin tornalama işlemlerinde kullanılması için Kistler'in ön gördüğü şartlara (Şekil 2a) göre tezgaha montaj edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Üniversal torna tezgahında yapılacak olan işlenebilirlik deneyleri için, dinamometrenin tezgaha ve kesici takımın da dinamometreye bağlanabildiği bir deney düzeneğinin tasarlanması yoluna gidilmiştir. Dinamometrenin, üniversal torna tezgahı kesici takım taşıyıcısının yerine bağlanmasına karar verilmiştir. Bu amaçla da bir bağlama aparatının tasarımı yapılarak imal edilmiştir (Şekil 2a). Bağlama aparatının tasarımında, Kistler'in ön gördüğü şartlar (Şekil 2b) dikkate alınmıştır. Bağlama aparatının imalatında (Şekil 2a), dinamometre üzerine bağlanacak kesici takımın, ayna/punta ekseninde hassas konumlanabilmesine etkili ölçülere dikkat edilmiştir. Kalemlik sökülerek (Şekil 3a ve 3b)

yerine bağlama aparatı bağlanmıştır. Bağlama aparatı üzerine dinamometre ve takım tutucusu da bağlanarak, üniversal torna tezgahı deneyler için hazır hale getirilmiştir (Şekil 4). Dinamometre üzerinde kullanılan takım tutucu (Şekil 4), dinamometrenin tornalama deneylerinde kullanılabilmesi için, üretici firma tarafından özel üretilmiş bir aparatır (Kistler, 2007).

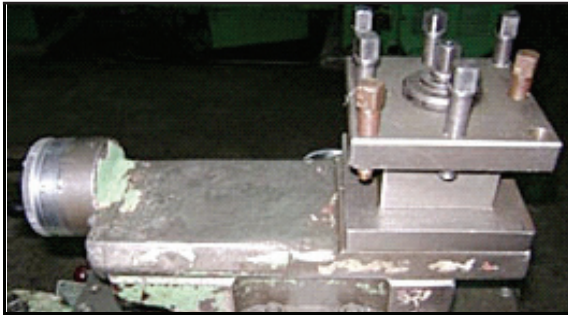


(a) İmalatı yapılan aparatının ölçüleri.

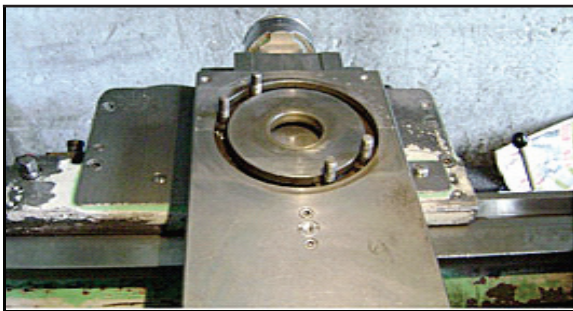


b) Dinamometrenin tavsiye edilen bağlama ölçüleri.

Şekil 2. Dinamometrenin torna tezgahına bağlanması.

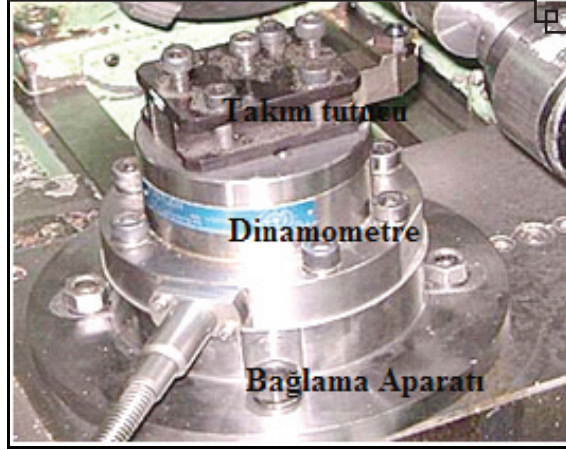


a) Üniversal torna tezgahı kalemliği.



b) Üniversal torna tezgahı kalemliğinin sökülmesi.

Şekil 3. Üniversal torna tezgahı kalemliği ve sökülmesi.



Şekil 4. Dinamometrenin torna tezgahına aparat ile bağlanması.

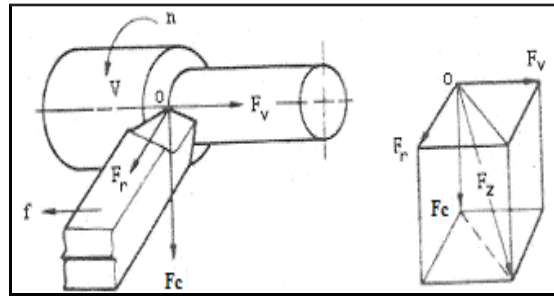
Bir tormalama işleminde, kullanılan ilerleme (f) ve kesme hızı (v) ile talaş kaldırma kuvvetinin temel üç bileşen kuvvete ayrıldığı kabul edilmektedir (Usta, 2010). Bunlar; ilerleme (F_v) kuvveti, kesme (F_c) kuvveti, radyal (F_r) kuvvettir (Şekil 5).

Yapılan talaş kaldırma deneylerinde; F_x , F_y , F_z kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçülen kuvvetlerin; Şekil 5'te verilen kuvvetlere olan karşılıkları aşağıda verilmiştir.

$$F_c = F_z,$$

$$F_v = F_x,$$

$$F_r = F_y$$

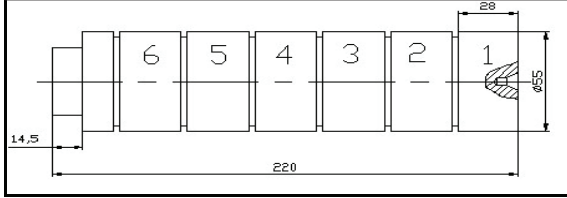


Şekil 5. Tormalama da talaş kaldırma kuvvetinin bileşenleri (Usta, 2010).

Deneysel olarak kullanılan AISI 316Ti östenitik paslanmaz çelik malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan deney numuneleri, piyasadan belirli çapta ve boyda alınan silindirik çubuklardan elde edilmiştir. $\varnothing 60$ mm çapta olan silindirik çubuklar, Şekil 6'da verilen ölçülerde kesilmiş ve tormalanmıştır. Numune

boyu, 6 farklı parametre ile deney yapılmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Deney numunelerinin sertlikleri, parçaların (Şekil 6) dış çapından ve farklı yerlerinden alınan ölçümlerin (3 adet) ortalaması ile bulunmuştur (230 HB).



Şekil 6. Deney numunesinin ölçüleri.

Hazırlanan deney numuneleri, torna tezgahında 4 ayaklı ayna ve punta arasına rijit şekilde bağlanmıştır (Şekil 7).

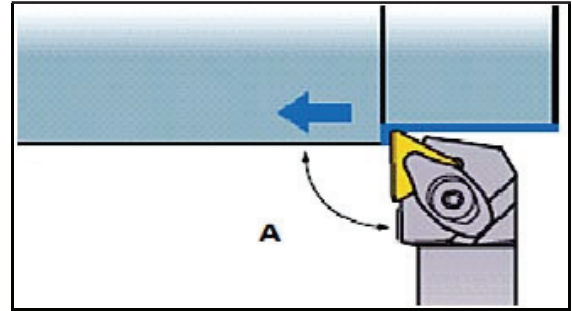


Şekil 7. Deney numunelerinin üniversal torna tezgahına bağlanması.

Tablo 1. AISI 316Ti östenitik paslanmaz çelik malzemenin kimyasal bileşimi (%).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti
0,02	1,778	0,497	0,035	0,019	16,74	10,92	2,150	0,536	0,318

Deneylerde, iki farklı uç yarıçapına sahip kaplamalı karbür uçlar (Tablo 2) kullanılmıştır. Uçların bağlanmasında standart bir tutucu (MTJNR2020K16N) kullanılmıştır. Tutucu, iş parçasına yaklaşma açısı 90° olacak şekilde (Şekil 8) tezgaha bağlanmıştır.



Şekil 8. Takım tutucunun iş parçası ile yaptığı açısı.

Tablo 2. Kesici takım ve özellikleri.

Kod	Form	Uç Yarıçapı R (mm)	Profil	Kalite	Kaplama Tipi
TNMG160404R	MA	0,4		US7020	TiCN-Al ₂ O ₃ -TiN
TNMG160408R		0,8			

Her deney için kesici takımın yeni bir köşesi kullanılarak, takım aşınmasından kaynaklanan etkiler giderilmiştir. Deneylerde değişik kesme parametreleri denenmiştir. Talaş derinliği (a) sabit tutulmuş (1,5 mm), kesme hızları ve ilerleme değerleri için, kesici takımlar için ön görülen en düşük (min) ve en yüksek (max) değerleri ile bunların ortalaması alınmıştır. Deneylerde, üç farklı kesme hızı (v) ve üç farklı ilerleme (f) değeri alınmıştır (Tablo 3). Tezgah üzerinde, arzu edilen her devir ve ilerleme

değerleri bulunmamaktadır. Bu nedenle de belirlenen ilerleme ve kesme hızlarının tezgah üzerinde kullanılabilen değerlere uyarlanması gerekmektedir.

Tablo 3. Deneyde kullanılan kesme parametreleri.

v (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)
85	0,1	1,5
120	0,2	
165	0,4	

En uygun ilerleme değerlerinin belirlenmesinin ardından (Tablo 3), kesme hızlarına karşılık gelen tezgah devirleri hesaplanmıştır. Hesaplanan devir değerleri ile tezgah üzerinde kullanılabilen değerlerin birbirlerine yaklaştırılmasında iş parçası çapları (\emptyset) üzerinde oynamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde, kesme hızları için en uygun devirler ve bu devirlere karşılık gelen deney parçası çapları, Tablo 4'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 4. Kullanılan Kesme hızlarına karşılık hesaplanan devir ve iş parçası çapları.

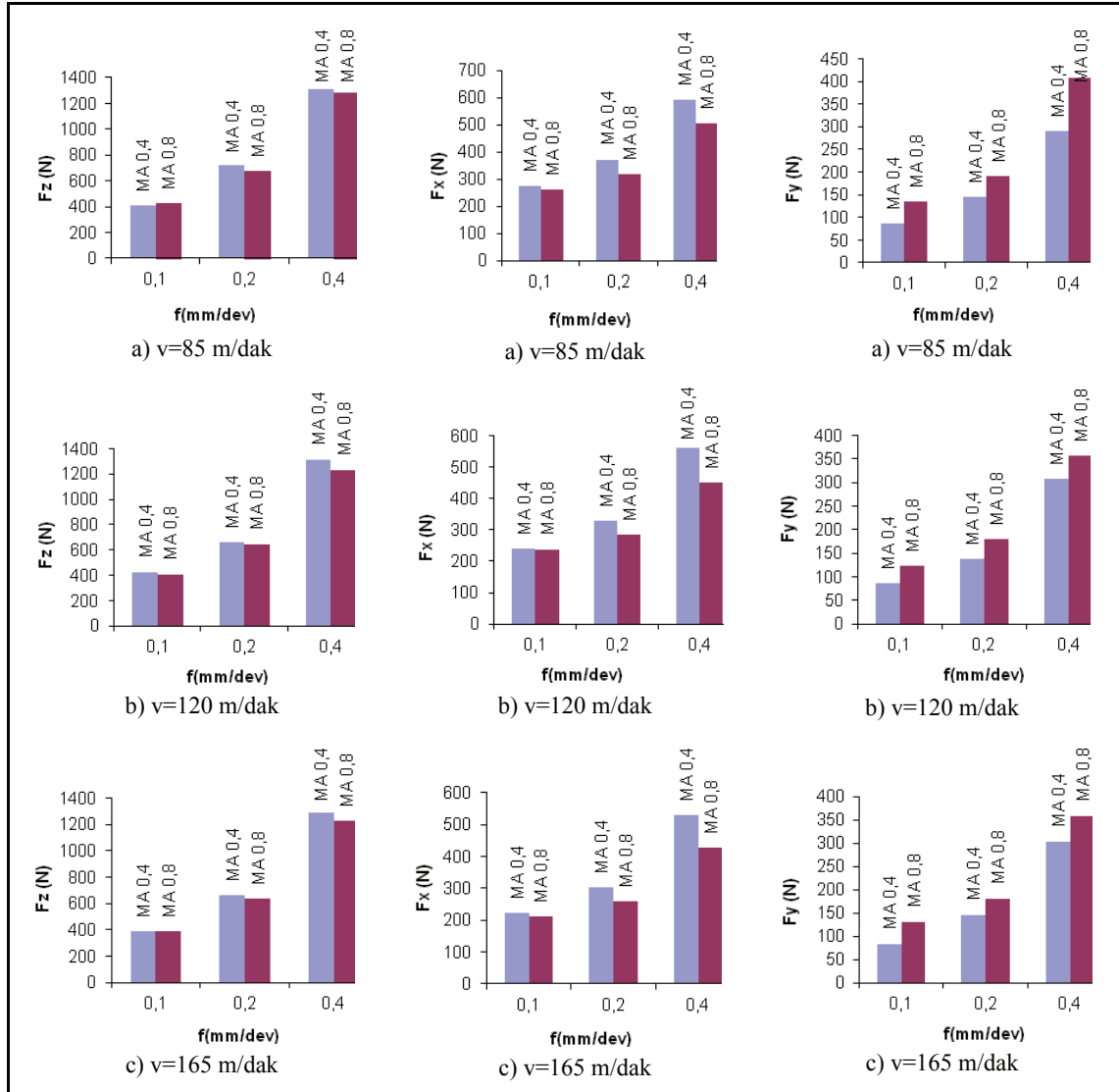
v (m/dak)	n (dev/dak)	\emptyset (mm)
85	500	54,1
120	710	53,8
165	1000	52,5

Bununla birlikte, işlenen her bir yüzey üzerinden pürüzlülük ölçülmüştür. Ölçülen Ra (ortalama) değeri, deney çalışmaları için kullanılmıştır.

3. DENEYLER VE TARTIŞMA

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi için çeşitli grafikler çizilmiştir (Şekil 9, 10 ve 11). Grafiklerin elde edilmesinde iki temel parametre; ilerleme ve kesme hızı esas alınmıştır. Sonuçlar, takım uç yarıçapının, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini ortaya koyacak şekilde yorumlanmaya çalışılmıştır.

Şekil 9'da verilen grafiklerde genel olarak ilerleme arttıkça F_z kuvvetinin yükseldiği görülmektedir. Kesici takım uç yarıçapları açısından (0,4 ve 0,8 mm), F_z kuvvetlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 9. AISI 316Ti paslanmaz çeliğinin tornalanmasında ilerlemeye (f) bağlı oluşan kesme kuvveti (F_z), ilerleme kuvveti (F_x) ve radyal kuvveti (F_y) grafikleri.

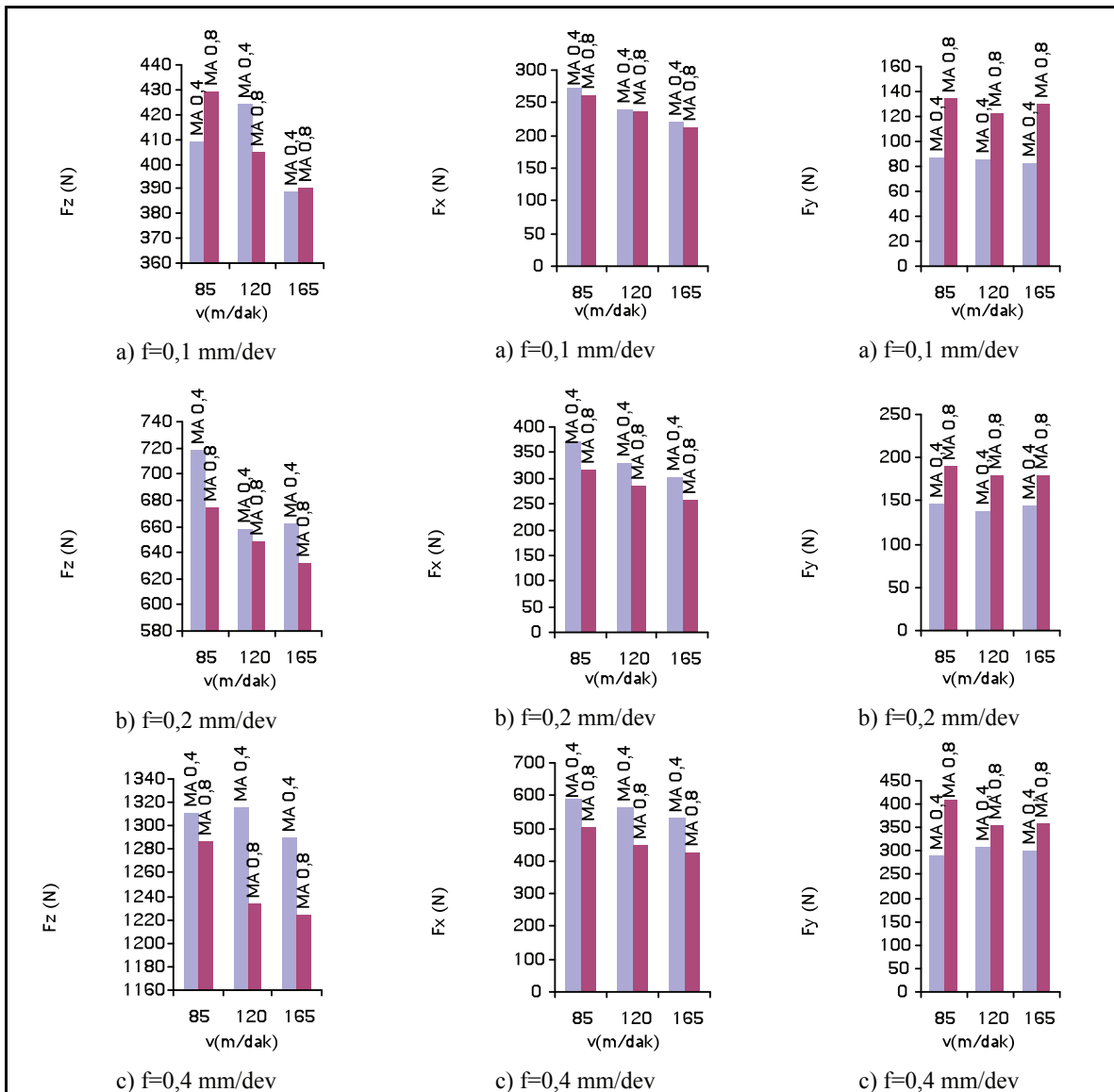
0,8 mm uç yarıçaplı takımlarla elde edilen kuvvetler, diğer takımlara göre (0,4 mm) ok az da olsa düşüktür (yaklaşık 20-30 N). İlerleme miktarı 0,1 mm/dev'den 0,2 mm/dev'e çıkarıldığında, kesme kuvvetlerindeki artış ortalama % 60'dır. İlerleme miktarı 0,2 mm/dev'den 0,4 mm/dev'e çıkarıldığında, kesme kuvvetlerindeki artış ortalama % 200'dr. Dolayısı ile ilerleme miktarı 0,2 mm/dev'den sonra kesme kuvvetleri ciddi bir Şekilde artmaktadır. En yüksek kesme kuvveti değeri 0,4 mm/dev ilerleme ve 0,4 mm uç yarıçaplı takımın kullanıldığı deney Őartlarında elde edilmiştir.

Şekil 9'da verilen Fx grafiklerinde, ilerleme arttıkça Fx kuvvetlerinin yükseldiği

görülmektedir. 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici takımlarda, en küçük Fx kuvvetleri meydana gelmiştir.

Şekil 9'da verilen Fy kuvvetlerinde ise, diğer kuvvetlerde olduğu gibi (Fz ve Fx), ilerlemeye bağlı olarak artış görülmektedir. Fakat, Fz ve Fx kuvvetlerinin aksine, en küçük Fy kuvvetleri, 0,4 mm uç yarıçaplı takımlarla elde edilmiştir.

Şekil 10'da verilen kesme hızına bağlı elde edilen kesme kuvvetlerinde genel olarak, Fy kuvveti hariç Fz ve Fx kuvvetlerinde kesme hızı arttıkça azalma eğilimi görülmektedir. Fy kuvveti, diğer bir deyişle radyal kuvvet, kesme hızı karşısında stabil durumunu korumuştur. Fz, Fx ve Fy kuvvetlerinde takım uç yarıçaplarına

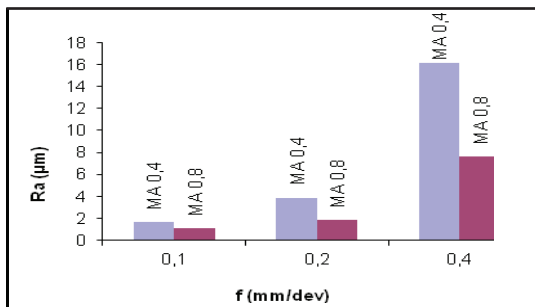


Şekil 10. AISI 316Ti paslanmaz çeliğinin tormalanmasında kesme hızına (v) bağlı oluşan kesme kuvveti (Fz), ilerleme kuvveti (Fx) ve radyal kuvveti (Fy) grafikleri.

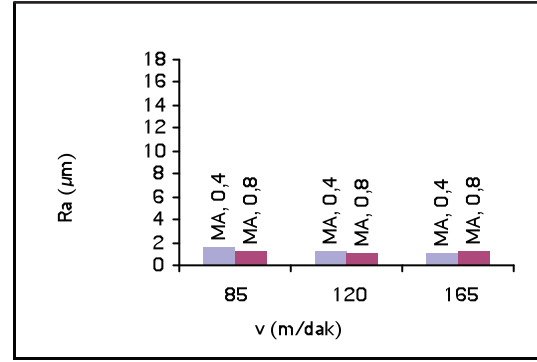
göre farklılıklar bulunmaktadır. Fz ve Fy grafiklerinde (Şekil 10) 0,8 mm uç yarıçaplı takımlarla elde edilen kuvvetler daha düşük seyretmektedir. Fakat, Fy grafiklerinde ise (Şekil 10) 0,4 mm uç yarıçaplı takımlar daha düşük kuvvetler ortaya koymuştur.

İlerleme ve kesme hızına bağlı verilen yüzey pürüzlülük grafiklerinde (Şekil 11), büyük uç yarıçapına (0,8 mm) sahip takımlarla daha düşük yüzey pürüzlülükleri elde edilmiştir. İlerlemeye bağlı verilen grafiklerde; artan ilerleme ile birlikte yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğüne kesme hızının ilerleme kadar etkili olmadığı, kesme hızına bağlı verilen grafiklerden anlaşılmaktadır (Şekil 11). Bununla birlikte artan ilerleme karşısında yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Özellikle ilerleme miktarı 0,2 mm/dev 'den 0,4 mm/dev'e çıkarıldığında, yüzey pürüzlülüğündeki (Ra) artış hızlı olmuştur. İlerleme miktarı 0,1 mm/dev'den 0,2 mm/dev'e çıkarıldığında, yüzey pürüzlülük değeri 0,4 mm uç yarıçaplı kesici takımlarda ortalama 4 kat artarken, ilerleme miktarı 0,4 mm/dev'e çıkarıldığında bu artış yaklaşık 15 kat olmuştur. Görüldüğü gibi, yüzey pürüzlülük değerindeki artış oranı, ilerleme miktarındaki artış orandan çok daha fazladır.

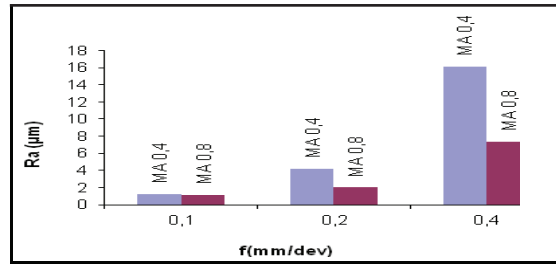
0,4 mm uç yarıçaplı kesici takımlarla işlenen yüzeylerde, 0,8 mm uç yarıçaplı takımlarla işlenen yüzeylere göre, yüzey pürüzlülük değerleri yaklaşık %100 artmıştır. Bu sonuç, takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülük değeri üzerindeki etkisinin çok fazla olduğunu göstermektedir. Şekil 11'de verilen grafiklerde görüldüğü gibi, kesme hızına bağlı verilen yüzey pürüzlülük değişimlerinde, her üç ilerleme için de kesici uç yarı çapının etkisi açıkça görülmektedir.



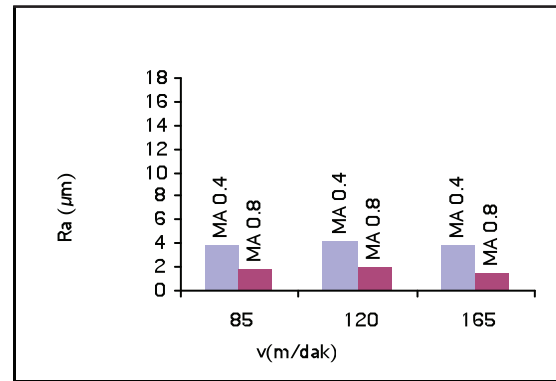
a) v=85 m/dak



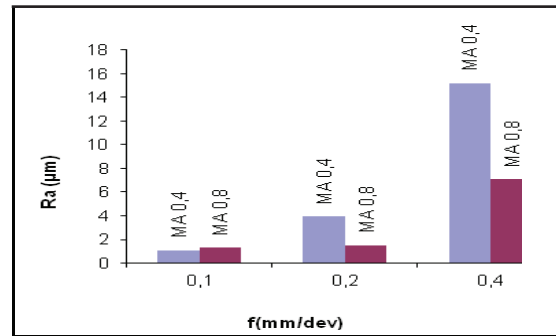
a) f=0,1 mm/dev



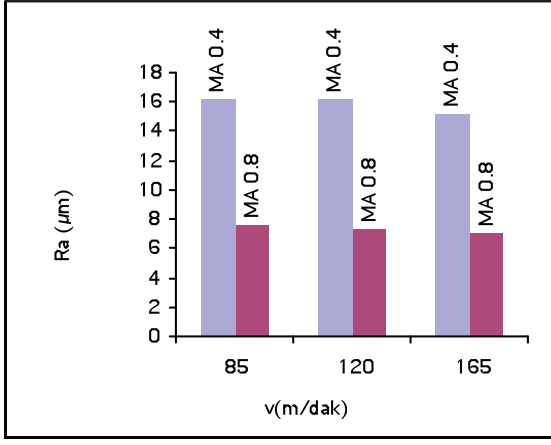
b) v=120 m/dak



b) f=0,2 mm/dev



c) v=165 m/dak

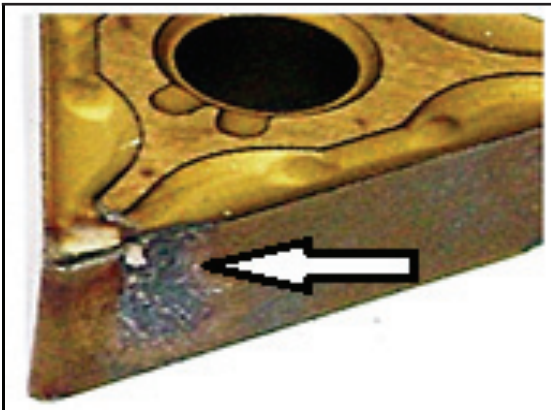


c) $f=0,4$ mm/dev

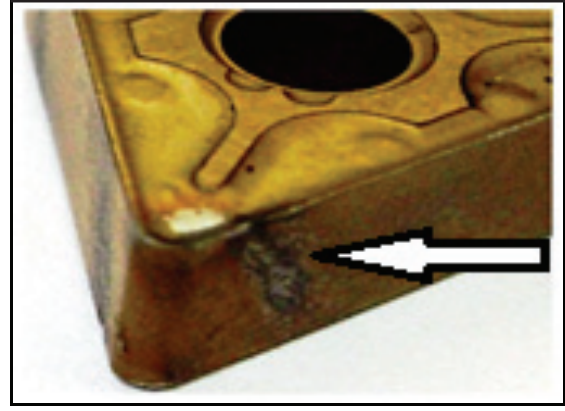
Şekil 11. AISI 316Ti paslanmaz çeliğinin tornalanmasında ilerleme (f) ve kesme hızına (v) bağlı elde edilen yüzey pürüzlülüğü (R_a) grafikleri.

4. KESİCİ TAKIM AŞINMASI

AISI 316Ti paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde kullanılan kesici takım aşınmalarına yönelik bazı resimler, Şekil 12’de verilmiştir. Takımlarda, serbest yüzey aşınması (flank wear) meydana gelmiştir. Aşınmalar, tüm kesici kenar boyunca oluşmayıp belirli bir uzaklıkta meydana gelmiştir. Bu uzaklık yaklaşık talaş derinliği (1,5 mm) kadardır. Yapılan deneylerde en fazla aşınma, uç yarıçapı 0,4 mm olan kesici takımlarda ve en az aşınmalar da 0,8 mm uç yarıçaplı takımlarda ortaya çıkmıştır. 1,5 mm talaş derinliğinde AISI 316Ti malzemesinin işlenmesi sırasında ortaya çıkan ısı, 0,4 mm uç yarıçaplı takımlarda, bir bölgede (yaklaşık takım ucundan 1,5 mm uzaklıkta) yoğunlaşırken, 0,8 mm uç yarıçaplı takımlarda ise kesici uç boyunca dağıtılabilmektedir. Kullanılan takımlara ait verilen resimlerde (Şekil 12) aşınma bölgeleri ok ile işaretlenmiştir.



a) $R=0,4$ mm



b) $R=0,8$ mm

Şekil 12. Deneylerde kullanılan bazı kesici takımlara ait resimler.

5. ÇIKAN TALAŞLAR

Genel olarak ilerleme artıca, çıkan talaşların kırık talaş şeklinde olduğu ve talaşın daha fazla deformasyona uğradığı görülmüştür. Şekil 13’te, AISI 316Ti malzemesinin tornalanmasında çıkan talaşlar için bazı örnekler verilmiştir.



a) $f=0,1$ mm/dev



b) $f=0,2$ mm/dev



c) $f=0,4$ mm/dev

Şekil 13. AISI 316Ti paslanmaz çelik malzemesinin işlenmesinde çıkan örnek talaşlar.

6. SONUÇ

AISI 316Ti paslanmaz çelik malzemenin farklı kesme parametreleri ve farklı uç yarıçapına sahip MA formundaki kesici takımlarla tormalanmasına yönelik yapılan bu çalışmanın sonuçları olarak şunlar söylenebilir.

İlerlemenin artırılması ile Fz, Fx, Fy kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Kesme hızının artırılması durumunda, Fz ve Fx kuvvetlerinin değerlerinde az da olsa bir düşme oluşmuştur. Dolayısı ile kesme hızının, yüzey pürüzlülüğünde ilerleme kadar etkili olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar, literatüre uygun görülmektedir (Zeyveli ve Demir, 2009).

Takım uç yarıçapının değişmesi ile kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü etkilenmiştir. Tormalama işleminde 0,4 ve 0,8 mm uç yarıçaplı kesici takımların kullanılması durumunda, ilerleme ve kesme hızı artışlarında, 0,8 mm uç yarıçaplı takımlar en düşük Fz ve Fx kuvvetleri oluşturmuştur. 0,4 mm uç yarıçaplı kesici takımlarda Fz ve Fx kuvvetlerinin yüksek çıkması, artan takım aşınması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, kullanılan 0,4 mm uç yarıçaplı takımlar, en düşük Fy kuvveti meydana getirmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri, en büyük uç yarıçapına (0,8 mm) sahip takımlarla ortaya çıkmıştır.

AISI 316Ti paslanmaz çeliklerin tormalanmasında, küçük uç yarıçaplı (0,4 mm) takımlar daha fazla aşınmıştır. Aşınmalar, kesici

kenar boyunca değil, takım ucundan belli bir uzaklıkta meydana gelmiştir. Bu çalışmada 0,4 mm uç yarıçaplı kesicilerde meydana gelen aşınmanın kesici uçuna olan uzaklığı yaklaşık talaş derinliği (1,5 mm) kadardır. Literatürde ifade edildiği (Paro v.d., 2001) gibi, paslanmaz çeliklerin işlenmesinde meydana gelen yüksek ısı, 0,4 mm uç yarıçaplı kesicilerde bir noktada yoğunlaşırken (1,5 mm) 0,8 mm uç yarı çaplı kesicilerde ise ısı kesici uç boyunca yayılmaktadır.

7. KAYNAKLAR

Bahadur, A., Kumar, B.R., Chowdhury, G.S. 2004. "Evaluation of Changes in X-Ray Elastic Constants And Residual Stress As A Function Of Cold Rolling Of Austenitic Steels", Materials Science and Technology, 20 (3), 387-392.

Kasap, M. 2001. "AISI 304 Östentik Paslanmaz çeliklerin İşlenebilirliğinde En Uygun Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi ve İşleme Şartlarının Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.

Kistler, 2007. "Ürün Katalogu", İsveç.

Korkut, I., Kasap, M., Ciftci, I. and Seker, U. 2004. "Determination of Optimum Cutting Parameters during Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel", Materials&Design, 25 (4), 303-305.

Outeiro, J.C., Dias, A.M., Lebrun, J.L., Astakhov, V.P. 2002. "Machining residual stresses in AISI 316L steel and their correlation with the cutting parameters", Machining Science and Technology, 6 (2), 251-270.

Özek, C., Hasçalık, A., Çaydaş, U. ve Karaca, F. 2006. "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Tormalanması", Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 117-121.

Özek, C., Taşdemir, V. 2009. "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliğin Tormalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün Varyans Analizi İle Modellenmesi", e-Journal of New World Sciences Academy, Vol 4, 3, 305-313.

- Paro, J., Hanninen, H. and Kauppinen, V. 2001. "Tool Wear and Machinability of HIPed P/M and conventional cast duplex Stainless Steels", *Journal of Materials Processing Technology*, 249: 279-284.
- Sandvik Coromand, 1994. "Modern Metal Cutting-a Pratical Handbook", ISBN, 94-99, Sweden.
- Sandvik Coromant Inc., 1997. "Modern Metal Cutting-A Practical Handbook", Sweden.
- Tekaslan, Ö., Gerger, N. ve Şeker, U. 2008. "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüklerinin Araştırılması", *BAÜ FBE Der.*, Cilt 10, Sayı 2, 3-12.
- Tekiner, Z. and Yeşilyurt, S. 2004. "Investigattion of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless Steel", *Journal of Materials Processing Technology*, (25), 507-513.
- Usta, M. 2010. "Tornalama Takım Tezgahlarında Delik Delme Operasyonları Sırasında Ortaya Çıkan Kesme Kuvvetleri ve Isı Etkisinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yeyen, H. E., Korkut, İ., Turgut, Y. ve Çiftçi, İ. 2009. "AISI 303 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesme Hızı ve İlerlemenin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkileri", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Zonguldak.
- Yeyen, H.E. 2006. "AISI 303 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zeyveli, M. ve Demir, H. 2009. "AISI 01 Soğuk İş Takım Çeliğinin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Araştırılması", *e-Journal of New World Sciences Academy*, Vol 4, (2), 323-331.