



TiC KAPLAMALI TAKIMLA İŞLENEN AISI 303 VE AISI 410 PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(AN EVALUATION ON MACHINABILITY OF AISI 303 AND AISI 410
STAINLESS STEELS MACHINED BY TiC COATED TIPS)

Ersin BAHÇECİ*, Alpay ÖZER**

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, östenitik (AISI 303) ve martensitik (AISI 410) olmak üzere iki farklı mikro yapıya ve kimyasal bileşime sahip paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirlik özellikleri araştırılmıştır. İşlenebilirlik deneyleri kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 1.2 mm talaş derinliği sabit tutulmuş, kesici uç olarak TiC kaplı sementit karbür takım kullanılmıştır. İşlenebilirlik özelliklerinden tornalama kuvvetleri, talaş formu ve yüzey pürüzlüğü incelenmiştir. Kesme hızına bağlı olarak farklı kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. Her iki malzeme için artan kesme hızı ile birlikte tornalama kuvvetleri azalmıştır. Kimyasal bileşiminde yüksek orandaki sülfür içeren östenitik paslanmaz çelik (AISI 303), martensitik paslanmaz çelik (AISI 410) malzemeye göre daha düşük tornalama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri vermiştir.

In this study, machinability properties of stainless steel materials having two different microstructures and chemical compositions, namely austenitic (AISI 303) and martensitic (AISI 410), were investigated. Machinability studies were carried out in dry turning conditions. In experiments, cemented carbide tool coated with TiC was used and, feed rate and depth of cut were kept constant at 0.12 mm/rev and 1.2 mm consequently. Turning forces, chip forms and surface roughness were examined as machinability properties. Different cutting forces and surface roughness were obtained depending on cutting speeds. Turning forces decreased with increasing cutting speed for both materials. Because of the high ratio of the sulphur in austenitic stainless steel (AISI 303) lower turning forces and surface roughness were obtained for this steel than the martensitic stainless steel (AISI 410).

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

İşlenebilirlik, Paslanmaz çelik, Tornalama kuvvetleri, Yüzey pürüzlülüğü
Machinability, Stainless steel, Turning forces, Surface roughness

* Kastamonu Ün., Cide Rifat Ilgaz MYO, Cide/KASTAMONU

**Gazi Ün., Gazi MYO Çubuk/ANKARA

1. GİRİŞ

Paslanmaz çelikler demir ve en az % 11 krom (Cr) içeren yüksek korozyon ve oksidasyona dirençli malzemelerdir. Kimyasal bileşimine göre ferritik, östenitik, martensitik ve dubleks paslanmaz çelikler olmak üzere dört grupta incelenir (Callister, 1991; Kosa ve Ronald, 1989).

Martenzitik paslanmaz çelikler alaşım olarak % 12-18 krom (Cr) ve % 1.2 ye kadar karbon (C) içeriğine sahiptirler (Lula ve Bernstein, 1977). Genel olarak yüksek sertlik değeri ve mikro yapılarında bulunan karbürler nedeniyle takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından işlenebilirliği iyi olmayan malzemelerdir. Temperlenmiş, düşük karbonlu ve kolay işlenebilen martenzitik alaşımlar en kolay işlenen paslanmaz çelik ailesidir (Callister, 1991; Kosa ve Ronald, 1989).

Östenitik paslanmaz çelikler, bileşimlerinde % 12-25 Cr ve % 8-25 Ni içerirler. Paslanmaz çelik ailesi içerisinde en yaygın kullanım alanına sahip olan çeliklerdir. Östenitik paslanmaz çeliklerin düşük deformasyon oranlarında yüksek deformasyon sertleşmesine ve düşük ısıl iletkenliğe sahip oldukları bilinmektedir. Bu iki karakteristik özellik onların işlenebilirliğini karbonlu çeliklere, düşük alaşımlı karbonlu çeliklere ve östenitik olmayan paslanmaz çeliklere göre zorlaştırır. Yüksek tokluk ve yüksek süneklik östenitik paslanmaz çeliklerde sürekli uzun talaşa, iş parçasından kesici takımın yüzeyine yoğun yapışmaya ve kesici takımda artan adheziv aşınmaya neden olur. Ayrıca takım/talaş ara yüzeyindeki yüksek sıcaklık, difüzyonun ve kimyasal aşınmanın artmasına da neden olur. Bu nedenlerle östenitik paslanmaz çelikler başta olmak üzere, tüm paslanmaz çelik aileleri kötü işlenebilirliğe sahip malzemelerdir (Lula ve Bernstein, 1977; Feirer, 1983; Higgins, 1987).

Paslanmaz çelikler genel olarak kötü işlenebilirliğe sahip olmalarına rağmen kendi içerisinde kolay işlenebilen ve kolay işlenemeyen olmak üzere ikiye ayrılır. Kolay işlenebilen paslanmaz çelikler ferritik, martenzitik ve östenitik paslanmaz çeliklere alaşım elementi olarak yüksek oranda sülfür (% 0.30-0.50), selenyum (% 0.15-0.25) ve kurşun ilavesi ile elde edilir (Agrawal, 1983; Çiftçi, 2005; Sarwar vd., 1997).

Paslanmaz çeliklerin işlenebilirliklerinde kaplamalı veya kaplamasız sementit karbür kesici takımlar kullanılmaktadır. Sementit karbür kesici takımların yüzeyleri aşınmaya dirençli, sert ve işleme esnasında iş parçası ile kesici takım etkileşimini engellemek için kimyasal olarak kararlıdır. Bu tür kesici takımların sahip oldukları özelliklerin daha da iyileştirilmesi amacıyla yüzeyleri bir veya birden fazla aşınmaya dirençli ince bir katmanla kaplanabilir (Zimmerman vd., 1989; Lula ve Bernstein, 1977; Sarwar vd., 1997). Özer ve Bahçeci, AISI 410 martensitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile ilgili yapmış oldukları çalışmada TiC kaplamalı takımda talaşın takıma yapışma eğiliminin çok düşük olması ve takım/talaş temas uzunluğunun diğer takımlara göre daha kısa olmasının düşük kesme kuvvetlerine neden olduğunu belirtmişlerdir (Özer ve Bahçeci, 2009). Bu nedenle bu çalışmada TiC kaplamalı sementit karbür takım kesici uç olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada, kolay işlenemeyen AISI 410 temperlenmiş martenzitik paslanmaz çelik ile içerdiği sülfür (S) miktarının artırılmasıyla kolay işlenebilen AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin, TiC kaplı sert metal kesici ile kuru tornalanması sürecindeki işlenebilirlik özellikleri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

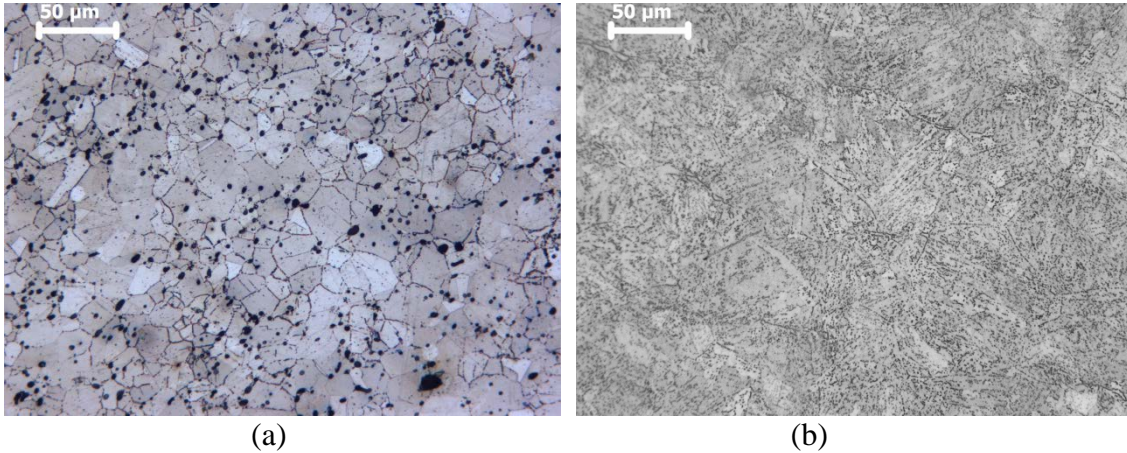
2.1. Malzeme

İşlenebilirlik deneylerinde, Çizelge 1’de kimyasal bileşimi verilen ve makine imalatında yaygın olarak kullanılan, 60 mm çapında, 300 mm boyunda AISI 303 kolay işlenebilen östenitik ve AISI 410 martenzitik paslanmaz çelik numuneler kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneysel malzemelerin kimyasal kompozisyonu

% element (Ağırlıkça)	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Fe
AISI 303	0.097	2.620	0.383	0.048	0.308	16.922	8.00	Kalan
AISI 410	0.145	0.436	0.564	0.036	0.011	12.411	0.15	Kalan

Şekil 1’de deneysel malzemelerine ait mikro yapı fotoğrafları görülmektedir. Mikro yapı görüntülenmesinde Leica DFC 320 dijital kamera bağlantılı Leica DM 4000 M marka optik mikroskop kullanılmıştır. AISI 303 östenitik paslanmaz çelik malzemenin kimyasal bileşiminde bulunan sülfür, mangan ve demir ile birleşerek MnS ve FeS olarak mikroyapı da bulunurlar (Şekil 1.a). AISI 410 martenzitik paslanmaz çelik malzemede ise matris yapıyı temperlenmiş martensit oluşturmaktadır (Şekil 1b). Malzemelerin sertlik ölçümleri, Brinell sertlik ölçme yöntemi ile (187.5 kgf, Ø2.5 mm’ lik çelik bilye uç), Instron-Wolpert marka Diatestor 7551 model sertlik ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Aynı numune için 10 değişik noktadan ölçülen sertlik değerlerinin ortalaması alınmıştır. AISI 303 östenitik paslanmaz çelik 182 HB, AISI 410 temperlenmiş martenzitik paslanmaz çelik ise 170 HB sertlik değerindedir. Martenzitik paslanmaz çelik, temperleme işleminden dolayı, östenitik paslanmaz çelikten daha düşük sertlik değeri vermiştir.



Şekil 1. (a) AISI 303 ve (b) AISI 410 malzemelerine ait mikro yapı fotoğrafları

2.2. Tornalama Testleri

Talaş kaldırma deneyleri 7 kw gücünde universal bir torna tezgâhında kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde Toshiba Tungalloy firması tarafından SPMN 120304 geometrisinde üretilen TiC kaplı kesici uç kullanılmıştır. Numuneler Çizelge 2’de belirtilen işleme şartlarında tormalanmıştır. Deneysel parametreleri ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde üç boyutlu ölçme yapabilen Kistler

9257A tipi piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Tornalama işlemleri sonrasında yüzey pürüzlülük ölçümü Mahr Perthometer masa tipi pürüzlülük ölçüm cihazında yapılmıştır.

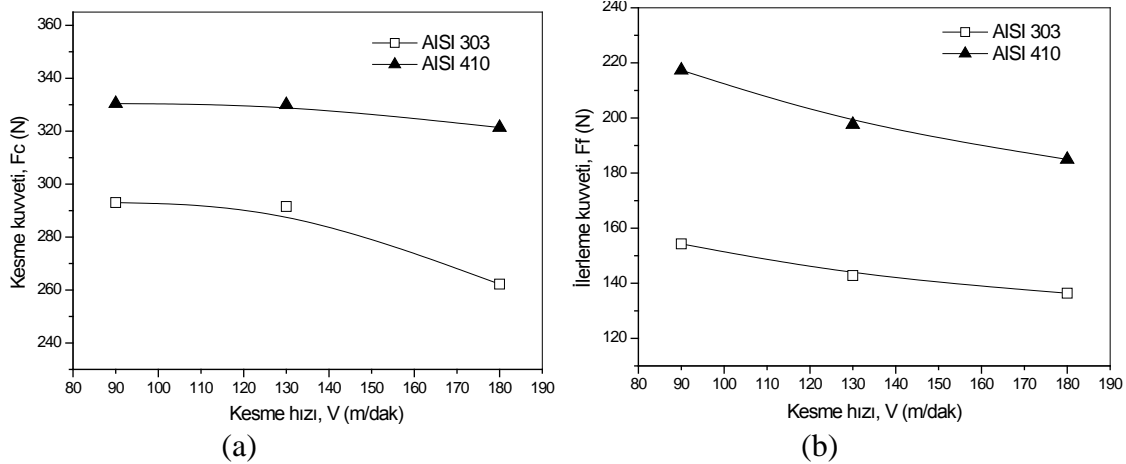
Çizelge 2. Tornalama parametreleri ve kesme geometrileri

Talaş parametreleri		Kesme geometrisi	
Talaş derinliği	1.2 mm	Kesici takım	SPMN 120304
		Talaş açısı	6°
İlerleme (f)	0.12 mm/dev	Yan boşluk açısı	5°
		Yanaşma açısı	75°
Kesme hızı (V)	90, 130, 180 m/dak	Geriye eğim açısı	0
		Uç açısı	90°
		Uç yarıçapı	0.4 mm

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Tornalama Kuvvetleri

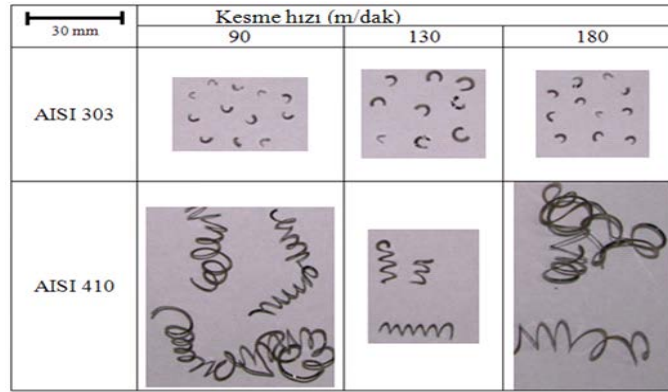
AISI 303 östenitik ve AISI 410 martenzitik paslanmaz çeliklerin tornalanması sırasında kesme (F_c) ve ilerleme kuvvetlerinin (F_f) kesme hızı ile değişimi Şekil 2'deki grafiklerde verilmiştir. Her iki malzeme için artan kesme hızı ile birlikte kesme ve ilerleme kuvvetleri azalmaktadır. Kesme hızının tornalama kuvvetlerine olan bu etkisi, artan kesme hızı ile birlikte yükselen talaş kaldırma sıcaklığına bağlanır. Birincil ve ikincil plastik deformasyon bölgelerinde kesme hızı ile birlikte artan sıcaklık, işlenen malzemenin akma mukavemetini düşürerek kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olur (Özçatalbaş vd., 2006; Trent, 1984). Ayrıca, artan kesme hızıyla birlikte takım/talaş temas alanındaki azalmanın ikincil deformasyon bölgesindeki sürtünme kuvvetlerini düşürmesi, kesme ve ilerleme kuvvetlerinin düşmesinde etkilidir (Çiftçi, 2005; Özçatalbaş ve Ercan, 2006).



Şekil 2. Kesme hızına bağlı tornalama kuvvetlerindeki değişim

AISI 303 kolay işlenebilen östenitik paslanmaz çelik malzemenin, AISI 410 martenzitik paslanmaz çelik malzemeye göre tornalama kuvvetlerinin daha düşük olduğu Şekil 2'deki grafiklerden görülmektedir. Östenitik paslanmaz çeliklerin mikro yapısına bağlı olarak sünek davranış göstermeleri ve buna bağlı daha yüksek tornalama kuvvetleri vermesi beklenebilir. Ancak AISI 303 kolay işlenebilen östenitik paslanmaz çelik malzemenin kimyasal

bileşiminde bulunan yüksek oranda sülfür (%0.308), mikro yapıda inklüzyonların oluşmasına sebep olur. Oluşan bu inklüzyonlar düşük sıcaklıklarda kesme düzlemi içinde çatlak oluşturarak kırılğan talaş oluşturur (Şekil 3), yığıntı talaş (YT) oluşumunu engeller, plastik akışı bozmadığı ve takım/talaş ara yüzeyinde yağlayıcı görevi görür (Lula ve Bernstein, 1977; Feirer, 1983; Higgins, 1987; Zimmerman vd., 1989). Sülfürün bu etkisinin, AISI 303 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde, tornalama kuvvetlerinin düşmesine sebep olduğu söylenebilir.



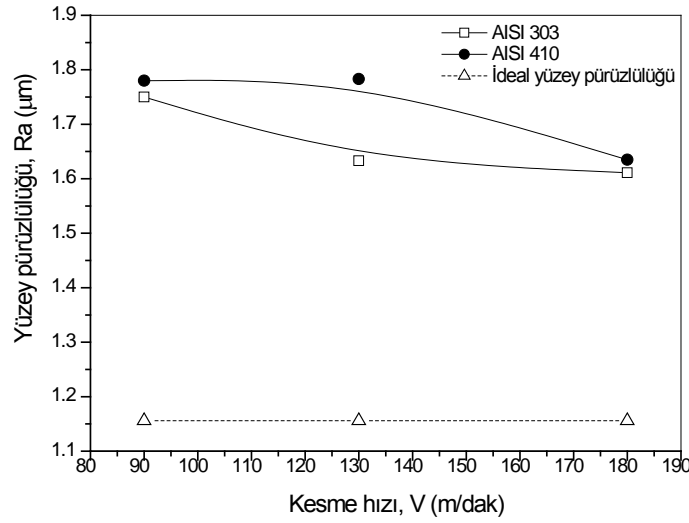
Şekil 3. Kesme hızına ve malzemeye bağlı oluşan talaş formları

Şekil 3'de malzemelerin farklı kesme hızlarında işlenmesine bağlı oluşan talaş formları görülmektedir. AISI 303 östenitik paslanmaz çelik malzemenin mikro yapısında bulunan ve inklüzyonların oluşmasını sağlayan sülfür nedeniyle, bütün kesme hızlarında kırılğan talaş oluşmuştur. AISI 410 martensitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesi sırasında ise, temperleme ısıl işlemi sebebiyle oluşan sünekliliğe ve düşük sertliğe bağlı olarak, tüm kesme hızlarında, işlenebilirlik açısından olumsuz olarak yorumlanan sürekli veya dolaşık talaşlar oluşmuştur.

3.2. Yüzey Pürüzlülüğü

Şekil 4 AISI 303 östenitik ve AISI 410 martensitik paslanmaz çeliklere ait yüzey pürüzlülük değerleri ile ideal yüzey pürüzlülük değerini göstermektedir. Deney numunelerine ait yüzey pürüzlülük değerleri yapılan üç ölçmenin ortalamasıdır.

AISI 303 östenitik paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimindeki sülfür nedeniyle, bu çeliğin yüzey pürüzlülük değerleri AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin değerlerinden daha düşüktür (Şekil 4). Çünkü östenitik paslanmaz çeliğe yapılan sülfür ilavesi, soğuk şekillendirilebilirliği ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirir. Sülfürün oluşturduğu inklüzyonlar düşük sıcaklıklarda kesme düzlemi içinde çatlak oluşturarak kırılğan talaş oluşturur, yüzey pürüzlülüğünü arttıran YT oluşma eğilimini azaltır (Lula ve Bernstein, 1977; Feirer, 1983; Higgins, 1987; Zimmerman vd., 1989).



Şekil 4. Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğündeki değişim

AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin yüzey pürüzlülük değerlerinin AISI 303'den daha yüksek olduğu Şekil 4'de görülmektedir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin AISI 410'da yüksek olmasının muhtemel sebebi olarak, temperleme ısıl işlemine sonucunda düşen sertlik ve artan sünekliğe bağlı, bu çeliğin tornalanması sürecinde kesici uçta YT oluşma eğiliminin yüksek olması söylenebilir.

Ancak her iki malzeme için artan kesme hızı ile birlikte yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır (Şekil 4). Yüzey pürüzlülük değerlerindeki azalmanın nedeni artan kesme hızı ile takım/talaş temas alanındaki yüksek sıcaklık artışı ve buna bağlı YT boyutlarındaki küçülmedir. Çünkü sıcaklıktaki artış ile kesici uçta oluşan YT'nin sertliği ve dayanımı azalır. Böylelikle takıma yapışan YT kesme sürecinde maruz kaldığı gerilmeleri karşılayamaz ve talaşla birlikte akar ve takımdan ayrılır. Dolayısıyla kesme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkileyen YT boyutu azalır, yüzey pürüzlülüğü iyileşir (Özçatalbaş ve Baş, 2003; Oishi, 1996; Gökkaya ve Nalbant, 2007; Demir vd., 2009). Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerden bir diğeri ise takım/talaş temas uzunluğudur. Çünkü artan kesme hızı takım/talaş temas uzunluğunun kısalmasına neden olur. Azalan temas uzunluğunun etkisiyle kesme kuvvetleri azalır, birinci ve ikinci deformasyon bölgelerinin etki alanları küçülür ve malzemenin yüzey pürüzlülüğü iyileşir (Sai vd., 2001).

Uç yarıçapı (r_c) 0.4 mm ve ilerleme (f) 0.12 mm/dev sabit kalmak şartıyla, ideal yüzey pürüzlülük değeri teorik olarak hesaplandığında $R_a = 1,156 \mu\text{m}$ bulunur (Boothroyd, 1991). Sabit uç yarıçapı ve ilerleme hızında, her iki deney numunesi için artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerlerinde ideal yüzey pürüzlülük değerlerine yaklaşma eğilimi gözlenmiştir (Şekil 4).

4. SONUÇLAR

TiC kaplı sementit karbür kesici uç ve farklı kesme hızları kullanılarak tornalama ile yapılan AISI 303 östenitik ve AISI 410 martensitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik deneylerinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Artan kesme hızı ile birlikte, her iki malzemedeki kesme (F_c) ve ilerleme (F_f) kuvvetleri azalmıştır.
- AISI 303 östenitik paslanmaz çelik malzemenin mikroyapısında MnS ve FeS inklüzyonlarından dolayı (malzemenin otomat çeliği özelliği göstermesi ile) tornalama kuvvetleri, AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğe göre daha düşüktür.

- AISI 303 malzemenin yüzey pürüzlülük değerleri, kimyasal bileşiminde bulunan sülfürün etkisiyle YT'nin oluşma eğiliminin az olmasından dolayı, AISI 410 malzemenin yüzey pürüzlülük değerlerinden daha düşük çıkmıştır.
- Tüm kesme hızlarında AISI 303 östenitik paslanmaz çelikteki inklüzyonların etkisiyle, kırık talaş oluşurken, AISI 410 temperlenmiş martensitik paslanmaz çelik malzemede ise sürekli veya dolaşık talaş oluşmuştur.
- Her iki malzeme için düşük tormalama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri için 130 m/dak'dan büyük kesme hızları önerilir. Fakat yüksek kesme hızlarında takım ömründeki azalma dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Agrawal B. K. (1983): "Introduction to Engineering Materials", New Delhi, Mc Graw-Hill Publishing Co.
- Boothroyd G. (1991): "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools", Singapore.
- Callister W. D. (1991): "Materials Science And Engineering An Introduction", New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Çiftçi İ. (2005): "The Influence of Cutting Tool Coating and Cutting Speed on Cutting Forces and Surface Roughness in Machining of Austenitic Stainless Steel", J. Fac. Eng. Arch. Gazi. Univ., Cilt 20, Sayı 2, s.205-209.
- Demir H., Ulaş H. B., Zeyveli M. (2009): "Stavax ESR Çeliğinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Açısından Değerlendirilmesi", Karabük, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09).
- Feirer J. L. (1983): "Materials: Machinability of Steels" Machine Tool Metalworking Principles and Practice, 2nd Edition, McGraw Hill Book Co.
- Gökkaya H., Nalbant M. (2007): "Kesme Hızının Yığıntı Katmanı ve Yığıntı Talaş Oluşumu Üzerindeki Etkilerinin Sem İle İncelenmesi", J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., Cilt 22, Sayı 3, s.481-488.
- Higgins R. A. (1987): "Materials: For The Engineering Technician", New York, Chapman and Hall Inc.
- Kosa T., Ronald P. (1989): "Machining of Stainless Steel", Ohio, Metals Handbook: Machining, vol 16, 9th Edition, Ed: J. R. Davis, Metals Park.
- Lula R. A., Bernstein I. M. (1977): "Residual and Minor Elements in Stainless Steel", Handbook of Stainless steel, Editör: D. Peckner, McGraw Hill Book Co.
- Oishi K. (1996): "Mirror Cutting of Aluminum with Sapphire Tool", Journal of Materials Processing Technology, Cilt 62, s.331-334.
- Özcatalbas Y., Ercan F. (2003): "The Effects of Heat Treatment on The Machinability of Mild Steels", Journal of Materials Processing Technology, Cilt 136, s.227-238.
- Y. Özcatalbas, A. Baş (2006): "Effect of Cooling by Air Spraying on Cutting Forces and Tool Life in Turning", J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., 21(3), 451-455.
- Özer A., Bahçeci E. (2009): "AISI 410 Martensitik Paslanmaz Çeliklerin Kesici Takım ve Kaplamasına Bağlı İşlenebilirliği", J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., Cilt 24, Sayı 4, s.693-698.
- Sai W. B., Salah N. B., Lebrun J. L. (2001) "Influence of Machining By Finishing Milling on Surface Characteristics", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Cilt 41, s.443-450.
- Sarwar M., Zhang X., Gillibrand D. (1997): "Performance of Titanium Nitride-Coated Carbide Tipped Circular Saws When Cutting Stainless Steel and Mild Steel", Surface and Coatings Technology, Cilt 94, Sayı 95, s.617-621.

Trent E. M. (1984): "Metal Cutting", London, Tanner Ltd.

Zimmerman C., Boppana S.P., Katbi K. (1989): "Machinability Test Methods", Ohio, Metals Handbook: Machining, Cilt 16, 9th Edition, Editör: J. R. Davis, Metals Park.