

AISI 410 MARTENSİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN KESİCİ TAKIM VE KAPLAMASINA BAĞLI İŞLENEBİLİRLİĞİ

Alpay ÖZER ve Ersin BAHÇECİ*

Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, Ankara

*Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Beşevler, Ankara

aozer@gazi.edu.tr, ersinb81@hotmail.com

(Geliş/Received: 07.11.2009 ; Kabul/Accepted: 28.09.2009)

ÖZET

Bu çalışmada, TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımların AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, talaş kökü morfolojisi, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. İşlenebilirlik deneyleri kuru tornalama ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 60 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev ilerleme hızı ve 1.2 mm talaş derinliği sabit tutulmuştur. TiC+TiN kaplı sementit karbür takım en yüksek kesme kuvveti değerlerini vermiştir. CBN takım en düşük kesme kuvvetlerini vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde takımda kırılmalar meydana gelmiştir. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü bakımından optimum değerler TiC kaplı sementit karbür takım ile talaş kaldırma işleminde elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Paslanmaz çelik, kesici takım, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, talaş kökü.

MACHINABILITY OF AISI 410 MARTENSITIC STAINLESS STEELS DEPENDING ON CUTTING TOOL AND COATING

ABSTRACT

In this study, effects of cemented carbide coated with TiC+TiN, coated with TiC, uncoated and CBN on the machinability of AISI 410 martensitic stainless steel was investigated. In the experiments chip root morphology, cutting forces and surface roughness were determined. Experiments were done in the dry turning conditions. The cutting speed, feed rate and depth of cut were kept constant as, 60 m/min, 0.12 mm/rev and 1.2 mm respectively. Cemented carbide tool coated with TiC+TiN gave maximum cutting forces. Although CBN gave the minimum cutting forces, it was observed that it fractured in a shorter machining length. The optimum values of cutting force and surface roughness were obtained from cemented carbide coated with TiC.

Keywords: Stainless steel, cutting tool, cutting forces, surface roughness, chip root.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Paslanmaz çelikler zor işlenebilirliğe sahip tipik malzemelerdir ve işlenebilirliklerinde genellikle sürünmeye bağlı olarak takımın şiddetli aşınma meydana gelir. Kesme sırasında sürekli talaş oluşumu, yığıntı talaşın (YT) kesici takıma yapışma eğilimi işlenebilirliklerini olumsuz etkiler. 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. Selenyum ve sülfür ilavesi soğuk şekillendirilebilirliği ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirirken, takım ömrünü de artırır. Sülfürün oluşturduğu çökelti düşük sıcaklıklarda kesme düzlemi içinde çatlak oluşturarak kırılabilir talaş oluşturur, yığıntı talaş oluşumunu engeller, plastik akışı bozamaz ve takım-talaş ara yüzeyinde yağlayıcı görevi görür [1-5].

Martenzitik paslanmaz çelikler alaşım olarak %12-18 krom ve %1.2 ye kadar karbon içeriğine sahiptirler [6]. Temperlenmiş, düşük karbonlu ve kolay işlene-

bilen martenzitik alaşımlar en kolay işlenen paslanmaz çelik türüdür. Sülfür içeriği işlenebilirliği artırırken, karbon miktarının artması sertliği arttıracığından takım ömrünü azaltacak ve böylece işlenebilirliği takım ömrü açısından kötüleştirecektir [1]. Genel olarak yüksek sertlik değeri ve mikro yapılarında bulunan karbürler nedeniyle takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından işlenebilirliği iyi olmayan malzemelerdir. Bu nedenle 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. Titanyum karbür (TiC), Titanyum nitrid (TiN) ve Alüminyum oksit (Al_2O_3) yaygın olarak kullanılan kaplama malzemeleridir. Bu kaplamalar takımın aşınmaya karşı direncini artırır [1,3,7,8].

Bu çalışmada, standart AISI 410 martenzitik paslanmaz çeliğin TiC+TiN kaplamalı, TiC kaplamalı, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımlarla, 60 m/dak kesme hızında tormalanmaları sürecinde oluşan talaş kökü morfolojisi, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne göre işlenebilirliği araştırılmıştır.

2. MALZEME VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

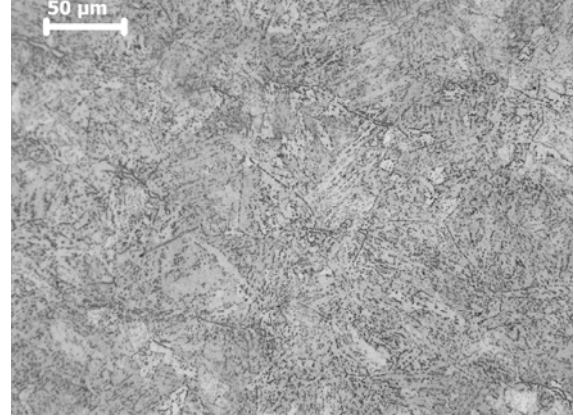
2.1. Malzeme (Material)

İşlenebilirlik deneylerinde makine imalatında yaygın olarak kullanılan ve talaşlı imalatla şekillendirilen 60 mm çapında ve 300 mm boyunda AISI 410 martenzitik paslanmaz çelik deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Şekil 1'de deney malzemesine ait mikro yapı fotoğrafı görülmektedir. Mikro yapıdan görülebileceği üzere matris yapıyı temperlenmiş martenzit oluşturmaktadır. Aynı numune için 10 değişik noktadan ölçülen sertlik değerlerinin ortalaması 170 HB dir.

Mikro yapı görüntülenmesinde Leica DFC 320 dijital kamera bağlantılı Leica DM 4000 M marka optik mikroskop kullanılmıştır. Sertlik ölçümlerinde Instron-Wolpert marka Diatestor 7551 model sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümlerde Brinell sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır (187.5 kgf, 2.5 mm² lik çelik bilye uç). Tablo 1'de deney malzemesinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

2.2 Tormalama Testleri (Turning Tests)

Talaş kaldırma deneyleri için 7 kw gücünde universal bir torna tezgâhı kullanılmıştır. Tormalama işlemleri kuru olarak gerçekleştirilmiştir. Dört farklı tür kesici



Şekil 1. AISI 410'nun mikro yapısı (Microstructure of AISI410 stainless steel)

takım kullanılarak tormalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kesici takımlara ait özellikler Tablo 2'de tormalamadaki kesme geometrisi ise Tablo 3'de verilmiştir.

Numuneler Tablo 3'de belirtilen işleme şartlarında tormalanmıştır. Deney parametreleri ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiş ve bütün kesici uçlar için kesme parametreleri sabit tutulmuştur. Talaş köklerinin morfolojisi ani durdurma aparatı (ADA)[9] kullanılarak belirlenmiştir ve talaş formları görüntülenmesinde Leica DFC 320 dijital kamera bağlantılı Leica DM 4000 M marka optik mikroskop kullanılmıştır. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde üç boyutlu ölçme yapabilen Kistler 9257A tipi piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Tormalama işlemleri sırasında yüzey pürüzlülük değerleri Mahr Perthometer masa tipi pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Tormalama Kuvvetleri (Turning Forces)

Şekil 2, AISI 410 martenzitik paslanmaz çeliğin sabit kesme hızında işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvveti (F_c), ve ilerleme kuvvetinin (F_f) değişimini göstermektedir. En yüksek kesme ve ilerleme kuvveti, TiC+TiN kaplamalı takımda gözlenmiştir. En düşük tormalama kuvvetlerini ise CBN kesici takım vermiştir. CBN takımın takım/talaş ara yüzeyindeki sürtünme katsayısının deneylerde kullanılan diğer bütün kesici takımlara kıyasla düşük olması ve 1200°C sıcaklığa kadar kimyasal kararlılığını koruyabilmesi düşük tormalama kuvvetlerinin nedeni olarak söylenebilir [10,11].

TiC+TiN kaplamalı takım literatürde belirtilen düşük sürtünme katsayısına karşın [10,12,13,14], kısa işleme mesafelerine rağmen (≈ 20 mm) takım kaplamasındaki kırılmalar ve talaşın takıma yapışma eğiliminden (Şekil 3-4) dolayı yüksek kesme ve ilerleme kuvvetleri elde edilmiştir. Şekil 3 ve 4-a'da TiC+TiN kaplamalı takımın kaplamasındaki bölgesel kırılmalar

Tablo 1. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)(Chemical composition of test material (% weight))

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
AISI 410	0.145	0.436	0.564	0.036	0.011	12.411	0.15

Tablo 2. Kesici takımlara ait özellikler (Properties of cutting tools)

Takım No	Üretici firma	Kesici takım türü	Kaplama ve yöntemi	Firma kodu	Kesici uç geometrisi
1	Sandvik Coromat	Sementit karbür	TiC+TiN - PVD	M20	SPUN 120304
2	Mitsubishi	Sementit karbür	Kaplamasız	UTI20T	SPGN 120304
3	Toshiba Tungalloy	Sementit karbür	TiC - CVD	T802	SPMN 120304
4	Mitsubishi	CBN	-	MB730	SPGN120304

Tablo 3. Tornalama parametreleri ve kesme geometrileri (Turning parameters and cutting geometry)

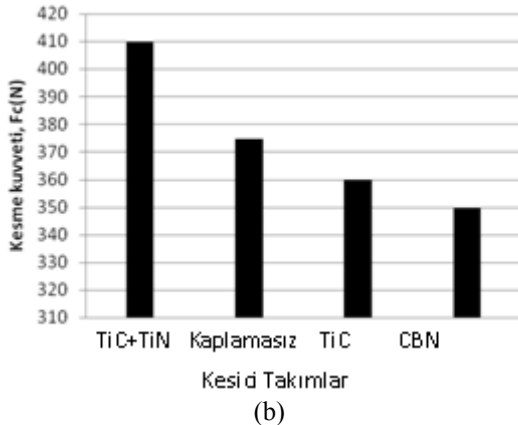
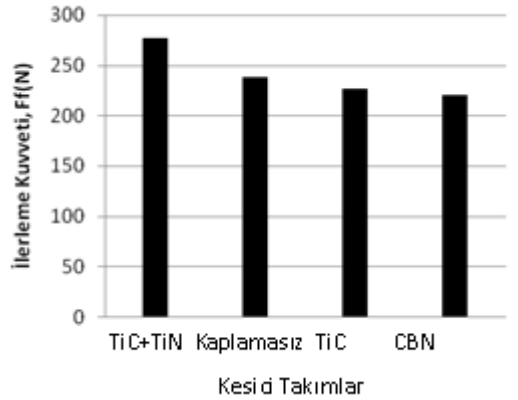
Talaş parametreleri		Kesme geometrisi				
Talaş derinliği	1.2 mm	Kesici takım	M20	UTI20T	T802	MB730
İlerleme (f)	0.12 mm/dev	Talaş açısı	6°	6°	6°	6°
Kesme hızı (V)	60 m/dak	Yan boşluk açısı	5°	5°	5°	5°
		Yanaşma açısı	75°	75°	75°	75°
Kesme hızı (V)	60 m/dak	Geriy eğim açısı	0	0	0	0
		Uç açısı	90°	90°	90°	90°
		Uç yarıçapı	0.4	0.4	0.4	0.4

ve takıma yapışan talaş görülmektedir. Takım kaplamasında oluşan kırılmalar, takımın aşınması ve talaşın takıma yapışma eğiliminin fazla olması tornalama kuvvetlerinin artmasında etkilidir. İşleme sırasında kaplamanın bölgesel olarak kırılması kaplamanın yüksek sertliğine karşın düşük darbe

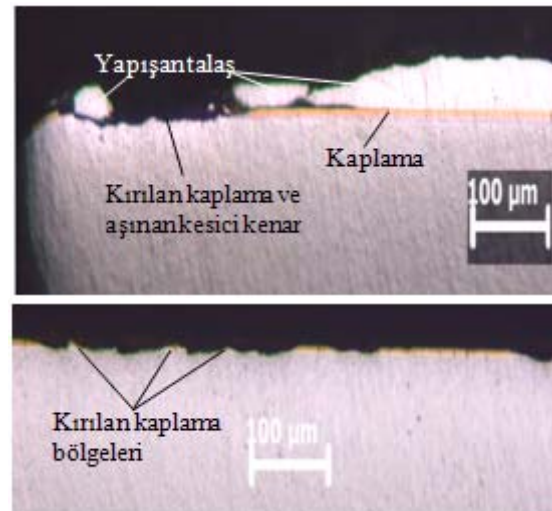
direncine atfedilir [10,15]. Şekil 4-b ve 4-c incelendiğinde, TiC kaplamalı takıma talaşın yapışma eğiliminin olmadığı, kaplamalı takıma ise kısmi talaş sıvanmalarının olduğu görülmektedir.

3.2. Talaş Oluşumu ve Talaş Formu (Chip Formation and Chip Forms)

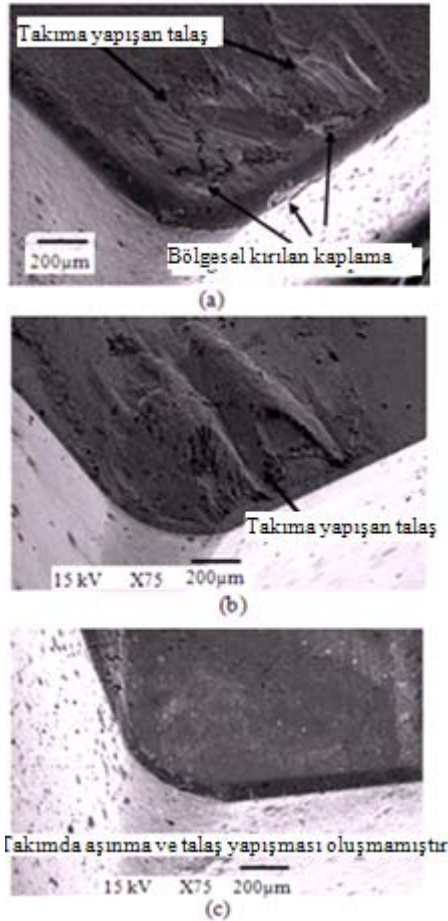
Takım/talaş ara yüzeyindeki temas uzunluğunun artması, sürtünmeyi arttıracığından kesme kuvvetlerini de arttıracaktır. Temas uzunluğu iş parçası malzemesi ve kesici takım malzemesi mekanik özelliklerinin ve kaplama malzemesinin bir fonksiyonudur. Talaş kaldırma sırasında kesici takımın kaplama malzemesi ile işlenen malzemenin kimyasal aktivitesine bağlı oluşan sürtünme kuvvetleri takım/talaş temas uzunluğunu değiştirmektedir [16,17,18]. Kesme açısındaki artış takım/talaş temas uzunluğunu azaltır. Böylece yığılan talaş miktarı ile



Şekil 2. Kesici takım ve kaplamanın (a) kesme kuvvetine, (b) ilerleme kuvvetine etkisi (Effect of cutting tool and coating (a) F_c force (b) F_f force)



Şekil 3. TiC+TiN kaplamalı takımın optik mikroskop fotoğrafı (Picture of optical microscope coated with TiC+TiN)



Şekil 4. Kesici Takımların SEM fotoğrafları, (a) TiC+TiN kaplamalı, (b) Kaplamasız, (c) TiC kaplamalı (Picture of SEM (a) Coated with TiC+TiN, (b) Uncoated, (c) Coated with TiC)

sürtünme kuvvetleri de azalır [19,20]. TiC+TiN kaplamalı takım ile işlemede takım/talaş ara yüzündeki temas uzunluğu, kaplamanın bölgesel olarak kırılmasından dolayı, kaplamasız ve TiC kaplamalı takımlarla işleme de oluşan temas uzunluğundan daha fazladır ($t_1 > t_2 > t_3$) (Şekil 5). Temas uzunluğunun TiC+TiN kaplamalı takımda fazla olması, kesme kuvvetlerini arttırıcı bir etkidir. TiC kaplamalı takımın yapışmanın olmaması (Şekil 4-c) ve temas uzunluğunun diğer takımlara göre daha kısa olması, düşük kesme kuvvetlerinin elde edilmesinde etkili olmuştur.

CBN takım ile talaş kökü çıkarma anında kesici ucun çok sık kırılması sonucu bu takım için talaş kökü hazırlanamamıştır. Ancak, en düşük kesme kuvvetlerini CBN takım vermiştir. Talaşın takıma yapışma eğiliminin olmaması ve takım/talaş ara yüzündeki temas uzunluğunun diğer takımlara göre muhtemelen daha kısa olması bunun nedeni olarak söylenebilir.

Deney malzemesi olan düşük sertliğe sahip temperlenmiş martensitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde, genelde sünek malzemelerin işlenmesinde oluşan sürekli talaş formu çeşitleri oluşmuştur. Şekil 6'da 60 m/dak kesme hızında takım malzemesi ve

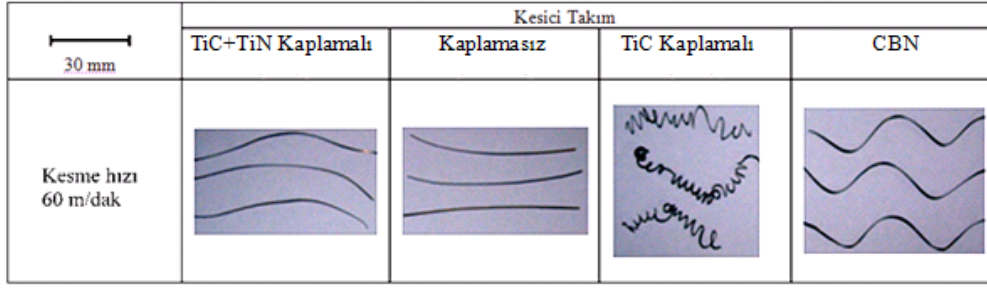


Şekil 5. Talaş kökü resimleri (Pictures of chip root)

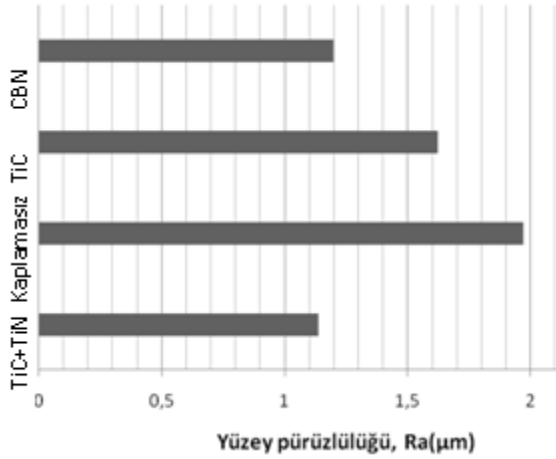
kaplamanın talaş formuna etkisi görülmektedir. TiC+TiN kaplamalı takım ve kaplamasız sementit karbür takımında şerit talaş oluşmuştur. TiC kaplamalı sementit karbür takımında karmaşık sürekli talaş, CBN takımında ise yassı helisel sürekli talaş oluştuğu görülmüştür. Oluşan bütün talaşlar işlenebilirlik açısından ideal olmayan, olumsuz formlara sahiptir.

3.3. Yüzey Pürüzlülüğü (Surface Roughness)

Genel olarak paslanmaz çelikler yüksek yüzey pürüzlülüğü değerlerine sahiptir [21]. Özellikle östenitik paslanmaz çeliklerin yüzey pürüzlülük değeri oldukça yüksektir. Bu yüksek yüzey pürüzlülük değeri östenitik paslanmaz çeliklerin yüksek süneklikleri ile açıklanabilir. Çünkü yüksek süneklik yığıntı talaş (YT) oluşum eğilimini artırır [13,22,23].



Şekil 6. Talaş formuna takım malzemesinin ve kaplama türünün etkisi (Effect of tool material and coated on form of chip)



Şekil 7. Kesici takım ve kaplamanın yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Effect of cutting tool and coated on surface roughness)

Martenzitik paslanmaz çeliklerde sünekliğin ve YT oluşum eğiliminin daha az olması daha iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edilmesini sağlamaktadır [7,22,24].

Şekil 7 AISI 410 martenzitik paslanmaz çelik için farklı kesici takımlara ait yüzey pürüzlülük değerlerini (Ra) göstermektedir. Bu değerler her kesici takım için yapılan üç ölçmenin ortalamasıdır. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri, talaş yapışma eğilimine sahip kaplamasız takımında elde edilmiştir. TiC+TiN kaplamalı takım ve CBN takım ile ideal yüzey pürüzlülük değerine (Ra=1.15 [25]) en yakın yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Kaplamasız ve farklı kaplama türlerine sahip sementit karbür ve CBN kesici takımlar kullanılarak tornalama ile yapılan AISI 410 martenzitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik deneylerinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- TiC+TiN kaplamalı takımın literatürde belirtilen düşük sürtünme katsayısına karşın, kaplamadaki kırılmalardan ve talaşın takıma yapışma eğiliminden dolayı en yüksek kesme ve ilerleme kuvvetleri oluştu. Fakat işlenen yüzeyin pürüzlülüğü bakımından ideal yüzey pürüzlülüğüne en yakın değerler elde edilmiştir.

- CBN takım düşük kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde dahi takımın kırılmaları meydana gelmiştir.
- TiC kaplamalı takımın, talaşın takıma yapışma eğiliminin çok düşük olması ve takım/talaş temas uzunluğunun diğer takımlara göre daha kısa olması, düşük kesme kuvvetlerine neden olmuştur.
- Kaplamasız takım en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerini vermiştir. Tornalama kuvvetleri bakımında, TiC kaplamalı ve CBN takıma göre daha yüksek değerler vermiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Zimmerman, C., Boppana, S.P., Katbi, K., "Machinability Test Methods" **Metals Handbook: Machining**, vol 16, 9th Edition, Editör: J. R. Davis, Metals Park, Ohio, 639-641, 1989.
2. Kosa, T., Ronald, P., "Machining of Stainless Steels", **Handbook: Machining**, vol 16, 9th Edition, Editör: J. R. Davis, Metals Park, Ohio, 684-686, 1989.
3. Lula, R.A., Bernstein, I.M., "Residual and Minor Elements in Stainless Steel" **Handbook of Stainless steel**, Editör: D. Peckner, McGraw Hill Book Co., 14-9/14-11, 1977.
4. Feirer, J.L., "Materials: Machinability of steels" **Machine Tool Metalworking Principles and Practice**, 2nd Edition, McGraw Hill Book Co., 1983.
5. Higgins, R.A., **Materials: For The Engineering Technician**, Chapman and Hall Inc., New York, 284-289, 1987.
6. Agrawal, B.K., **Introduction to Engineering Materials**, Mc Graw-Hill Publishing Co., New Delhi, 1983.
7. Çiftçi, İ., "Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Takım Kaplamasının ve Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi", **Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der.**, Cilt 20, No 2, 205-209, 2005.
8. Sarwar, M., Zhang, X., Gillibrand, D., "Performance of Titanium Nitride-Coated Carbide Tipped Circular Saws When Cutting Stainless Steel and Mild Steel" **Surface and**

- Coatings Technology**, Vol 94-95, 617-621, 1997.
9. Ozcatalbas, Y., Ozdemir, A., "The Development of a New Quick Stop Device for Use Turninig" **J. Inst. Sci. Technol. Gazi Univ.**, Vol 12, No 3, 809-820, 1999.
 10. Yiğın, A., "Talaş Kaldırarak İşleme" **Makine Mühendisliği El Kitabı: Üretim ve Tasarım Cilt: 2**, Ed.Cerit, M.A.,TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: 170, 249-274.
 11. Lima, J.G., Avila, R.F., Abrao, A.M., Faustino, M. Davim, J.P., "Hard Turning: AISI 4340 High Strength Low Alloy Steel and AISI D2 Cold Work Tool Steel" **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 169, 388-395, 2005.
 12. Asil Çelik, "İşlenebilirlik", **Kesici Takım Malzemeleri**, Teknik Yayınlar, 17-25.
 13. Ciftci, İ., "Machining of austenitic Stainless Steels Using CVD Multi-layer Coated cemented Carbide Tools" **Tribology Internetal**, Vol. 39, 565-569, 2006.
 14. Işık, Y., "Investigating the Machinability of Tool Steels in Turning Operations" **Materials and Design**, Vol. 28, 1417-1424, 2007.
 15. Dormer Tools, **Technical Handbook**, Shireoaks Road Workshop, UK.
 16. Sadık, M.I., "The Rool of Tool-Chip Contact Length in Metal Cutting" **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 37, 613-627, 1993
 17. Marinov, V.R., "Hybrid Analytical-numerical Solution for the Shear Angle in Orthogonal Metal Cutting-Part I: Theoretical Foundation", **International Journal of Mechanical Sciences**, Vol. 43, 399-414, 2001.
 18. Toropov, A., Sung-Lim Ko, "Prediction of Shear Angle for Continuous Orthogonal Cutting Using Thermo-mechanical Constants of Work Material and Cutting Conditions" **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 182, 167-173, 2007.
 19. Lee, W.B., To, S., Sze, Y.K., Cheung, C.F., "Effect of Material Anisotropy on Shear Angle Prediction in Metal Cutting-a Mesoplasticity Approach", **International Journal of Mechanical Sciences**, Vol. 45, 1739-1749, 2003.
 20. Seyfi, A., "**Östemperlenmiş GGG60 Sınıfı Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi**", Master Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
 21. Kosa, T., Ronald, P., "Machining of Stainless Steel" **Metals Handbook: Machining**, Vol 16, 9th Edition, Editör: J. R. Davis, Metals Park, Ohio, 681-690, 1989.
 22. Ezugwu, E.O., Kim, S.K., "The Performance of Cermet Cutting Tools When Machining on Ni-Cr-Mo (EN 24) Steel" **Lubrication Engineering**, Vol 51, No 2, 139-145, 1995.
 23. Korkut, I., Kasap, M., Ciftci, İ., Seker, U., "Determination of Optimum Cutting Parameters During Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel" **Materials and Design**, Vol. 25, 303-305, 2004.
 24. Akasawa, T., Sakurai, H., et.all., "Effects of Free Cutting Additives on the Machinability of Austenitic Stainless Steels" **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 143-144, 66-71, 2003.
 25. Boothroyd, G., **Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools**, Singapore, 1987.