

AISI 1040 çeliğın tornalamasında kesme parametrelerinin kesme kuvvetine etkisi

Ahmet YARDIMEDEN*, Abdullah TURAN

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliđi Bölümü, 21280, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 08.01.2015

Makale Kabul Tarihi: 18.03.2015

Öz

Teknolojide büyük öneme sahip olan talaşlı imalatta istenilen boyutta ve hassas bitirme yüzeyinde parça elde edebilmek en önemli amaçtır. Şu ana kadar yapılan pek çok çalışma bunun içindir. Bu çalışmada da, kuru şartlar altında imalat sanayisinde genişçe kullanımı olan AISI 1040 çeliğın tornalamasında oluşan kesme kuvvetlerinin, kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği) ile değişimi araştırılmıştır. Deneyler (CNMG 120404-NM KLP 115) formundaki sementit karbür kesme takımı kullanılarak yapılmıştır. İşlemler üç farklı kesme hızında (87 m/dak, 143 m/dak, 238 m/dak), üç farklı ilerlemede (0.052 mm/dev, 0.104 mm/dev, 0.162 mm/dev) ve üç farklı kesme derinliğinde (0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm) gerçekleştirilmiştir. 250 mm uzunluk ve 50 mm çapında AISI 1040 çeliği kullanılarak toplam 27 adet deney yapılmıştır. Farklı kesme şartları altında dinamometre yardımıyla ölçülen kesme kuvvetleri Dynoware programı ile analiz edilmiştir. Analiz edilen bu kesme kuvvetleri ile kesme parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla grafikler oluşturulup yorumlanmaya çalışılmıştır. Bir başka ifadeyle optimum kesme şartları belirlemeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kesme parametrelerinin kesme kuvvetini önemli bir biçimde etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tornalama, kesme kuvvetleri, kesme parametreleri, yüzey pürüzlülüğü

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Ahmet YARDIMEDEN. ayardim@dicle.edu.tr; Tel: (412) 241 10 00 (3503)

Giriş

Malzemenin yapısını oluşturan atomların veya atom kümelerinin arasındaki bağı kopararak yapılan işlem olan talaşlı imalat, günümüz teknolojisinde en çok kullanılan imalat yöntemlerinden biridir. (Çakır, 1999). Talaşlı imalattaki temel amaçlardan biri istenilen yüzey pürüzlülüğünü en iyi seviyeye getirmektir.

Yüzey pürüzlülüğünün en iyi seviyede elde edilmesi için kesme kuvvetlerinin optimum seviyede olması gerekmektedir. Bu da kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği vb.) optimizasyonu ile ilgilidir (Thomas ve vd., 1996; Jang ve Tarn, 1999), (Abouelatta ve Madl, 2001). Bundan dolayı kesme kuvvetlerini belirlemede hangi parametrelerin ne derece etkili olduğunu belirlemek amacı ile çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

CBN takımla AISI 4340 çeliğin tormalanmasında kesme kuvvet bileşenleri ve yüzey pürüzlülük analizi üzerine yapılan çalışmada Aouici ve vd., (2012), en iyi yüzey pürüzlülüğü düşük ilerleme ve yüksek kesme hızında olduğu görülmüştür. Ayrıca, ilerleme kuvvetinin Fa ve kesme kuvvetinin Fc, kesme derinliği tarafından sırasıyla %56.77 ve %31.50 oranlarında etkilendiğini ve buna karşın kesme hızının çok küçük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörün ilerleme olduğu belirtilmektedir. Yine AISI 4340 çeliğinin tormalandığı başka bir çalışmada, minimum kesme kuvveti ile daha iyi yüzey pürüzlülük değeri elde edildiği görülmüştür (Chinchanikar ve Choudhury, 2013). Kaplamasız CBN takımla EN31 çeliği (AISI 52100) işlenerek elde edilebilecek en iyi yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak optimum kesme parametrelerinin araştırıldığı başka bir çalışmada Bartarya ve Choudhury, (2012) ise, kesme derinliğinin

kesme kuvvetini etkileyen en önemli parametre olduğu belirtilmiştir. Kesme hızının artışıyla kesme kuvvetinin artmaya başladığı ancak bir süre sonra azalmaya başladığı görülmektedir. CVD elmas takımla sinterlenmiş sert metalin kuru şartlar altında tormalanmasında kesme kuvvetlerinin değerlendirildiği çalışmada Belmonte (2004), en iyi yüzey 35 N kesme kuvvetinde elde edilmiştir. Bu değer 40 m/dak kesme hızı, 0.03 mm/dev ilerleme ve 0.1 mm kesme derinliğinde elde edilmiştir. Bu değerlerin üstüne çıktığında kesme kuvvetlerinin arttığı ve takımın hasarlara yol açtığı sonucuna varılmıştır. Tormalama operasyonu için cevap yüzey metodu ile kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği) bağlı olarak, kesme kuvvetlerinin modellenmesi amaçlandığı çalışmada Neşeli ve vd. (2012), kuru kesme şartlarında AISI 4140 çeliği, karbit uçlar kullanılarak tormalanmıştır. Sonuçta optimum kuvvet değerlerinin elde edilebilmesi için, gerekli kesme parametre kombinasyonu kesme hızı 211 m/dak, ilerleme 0.13 mm/dev, talaş derinliği 0.25 mm olarak bulunmuştur. Ayrıca analiz sonuçlarına göre kesme derinliğinin tüm kesme kuvvetleri bileşenleri üzerinde en etkin parametre olduğu tespit edilmiştir. Yüksek hızda kesme şartları altında sertleştirilmiş çelik AISI H13 iş parçası ve TiN kaplamalı P10 karbit kesici takımla yapılan tormalama işlemiyle optimum kesme parametrelerinin belirlendiği çalışmada Ghani ve Choudhury (2002), düşük kesme kuvveti ve minimum yüzey pürüzlülüğü yüksek kesme hızı, düşük ilerleme ve düşük kesme derinliğinde sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada AISI 1040 çeliği kullanarak tormalama esnasında oluşan kesme kuvvet değişimleri ölçülerek, bu değişimlerin hangi kesme parametrelerden kaynaklandığı ve hangi kesme parametrelerin nasıl etkili olduğu analiz edilmiştir.

Deneyssel çalışma

Deneylerin gerçekteştirildiği tezgah SMARC LC360B marka torna tezgahıdır. 2.2kW motor gücündeki dijital ölçüm sistemine sahip tezgahın maksimum hızı 2000dev/dak'dır. İşlemler kuru kesme şartları altında gerçekteştirilmiştir. Daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için üç adet iş parçası kullanılarak her 9 deneyde iş parçası değiştirilmiş olup toplam 27 adet deney yapılmıştır. İş parçası üzerinden ortalama 20 saniye talaş kaldırılarak işlem süresi boyunca dinamometre ile kesme kuvvetleri ölçölüp kaydedilmiştir. Bunun için Dynoware programı kullanılmıştır. 27 adet deneyin her biri için yukarıdaki sıra takip edilmiştir. Kullanılan iş parçasının kimyasal bileşenleri Tablo 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere iş parçasına uygun 0,4 uc radüsündeki 115 yanaşma açısına sahip CNMG 120404-NM KLP 115 formunda sementit karbür kesici takım ve buna uygun DCLNR 2020K12 formunda takım tutucu kullanılmıştır. (Tablo 2 ve Tablo 3).

Tablo 4'te kesme parametreleri ve deneyler sonucunda elde edilen kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük deđerleri verilmiştir.

Tablo 1. AIISI 1040 çeliği kimyasal bileřimi

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo |
|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 0.365 | 0.247 | 0.799 | 0.0166 | 0.0422 | 0.0528 | 0.0267 |
| Ni | Al | Co | Cu | Nb | V | W |
| 0.106 | 0.019 | 0.0223 | 0.3 | 0.002 | 0.001 | 0.0868 |
| Pb | Sn | Sb | Fe | | | |
| 0.002 | 0.0188 | 0.00669 | 97.83 | | | |

Tablo 2. Kesici takımın boyutları

| Ürün Adı | d (mm) | l (mm) | s (mm) | r (mm) | d1 (mm) |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| CNMG 120404-NM KLP 115 | 12,7 | 12,9 | 4,76 | 0,4 | 5,16 |

Tablo 3. Takım tutucunun boyutları

| Ürün Adı | H (mm) | W (mm) | L (mm) | S (mm) | h (mm) | l (mm) |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| DCLNR 2020 K12 | 20 | 20 | 125 | 25 | 20 | 30 |

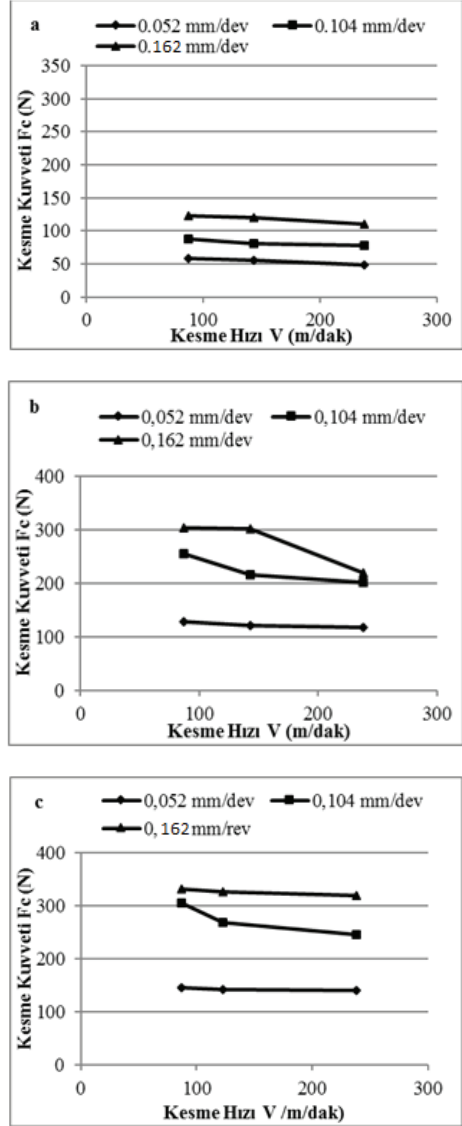
Tablo 4. Kesme parametreleri ve deney sonuçları

| Deney No | Kesme Hızı (m/dak) | İlerleme (mm/dev) | Kesme Derinliği (mm) | Kesme Kuvveti (N) |
|----------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 | 87 | 0.052 | 0.5 | 58.62 |
| 2 | 87 | 0.104 | 0.5 | 87.89 |
| 3 | 87 | 0.162 | 0.5 | 123.2 |
| 4 | 143 | 0.052 | 0.5 | 55.15 |
| 5 | 143 | 0.104 | 0.5 | 80.45 |
| 6 | 143 | 0.162 | 0.5 | 120.4 |
| 7 | 238 | 0.052 | 0.5 | 49.25 |
| 8 | 238 | 0.104 | 0.5 | 78.3 |
| 9 | 238 | 0.162 | 0.5 | 110.8 |
| 10 | 87 | 0.052 | 1.0 | 128.7 |
| 11 | 87 | 0.104 | 1.0 | 225.9 |
| 12 | 87 | 0.162 | 1.0 | 303 |
| 13 | 143 | 0.052 | 1.0 | 121 |
| 14 | 143 | 0.104 | 1.0 | 215 |
| 15 | 143 | 0.162 | 1.0 | 302 |
| 16 | 238 | 0.052 | 1.0 | 117.7 |
| 17 | 238 | 0.104 | 1.0 | 202 |
| 18 | 238 | 0.162 | 1.0 | 220.3 |
| 19 | 87 | 0.052 | 1.5 | 145.6 |
| 20 | 87 | 0.104 | 1.5 | 305.4 |
| 21 | 87 | 0.162 | 1.5 | 332.2 |
| 22 | 143 | 0.052 | 1.5 | 142.3 |
| 23 | 143 | 0.104 | 1.5 | 268.1 |
| 24 | 143 | 0.162 | 1.5 | 326.7 |
| 25 | 238 | 0.052 | 1.5 | 141.8 |
| 26 | 238 | 0.104 | 1.5 | 245 |
| 27 | 238 | 0.162 | 1.5 | 320 |

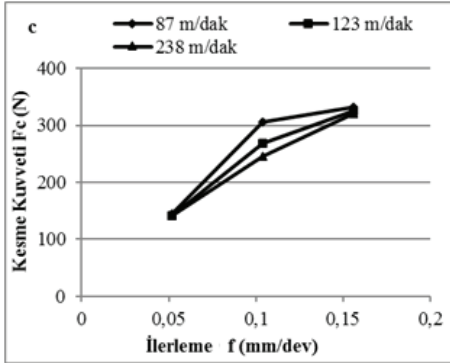
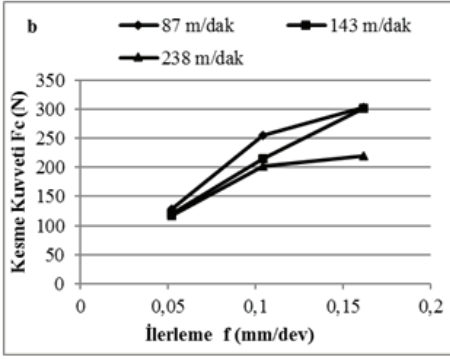
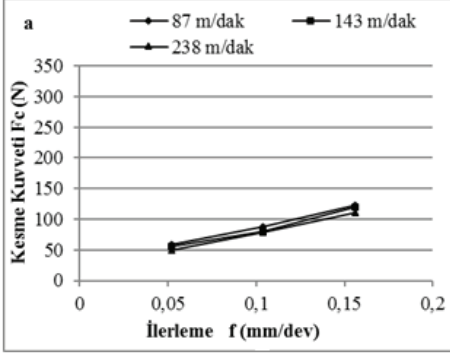
Sonuçlar ve tartışma

Talaş kaldırma esnasında dinamometre ile ölçülüp Dynoware programı ile grafiklere dönüştürülen kesme kuvvetlerinin kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği) bağlı olarak değişimi Şekil 1-Şekil 4.'te grafiklerde gösterilmiştir.

Şekil 1 incelediğinde kesme kuvvetleri üç farklı kesme derinliğinde de kesme hızının artışıyla azaldığı görülmektedir. Yaşanan bu düşüş kesme esnasında harcanan enerjinin hemen hemen tamamının kayma düzleminde, kesici takımın çevresinde ısı enerjisine dönüşümü ile açıklanabilir (Tekaiüt, 2008). Bunun sebebi, kesme hızının artışıyla kayma açısı artar, daha kısa kesme alanında kesme derinliğinin azalmasıyla işlem kuvveti azalır. Bir başka ifadeyle kesme hızının artmasıyla kesme bölgesinde oluşan ısı artacağından dolayı malzemenin plastik şekil değişimi daha az kuvvetle olacaktır. Benzer sonuçlar (Tekaiüt, 2008; Chinchankar ve Ckoudhury, 2013) yaptıkları çalışmalarında da görülmüştür.



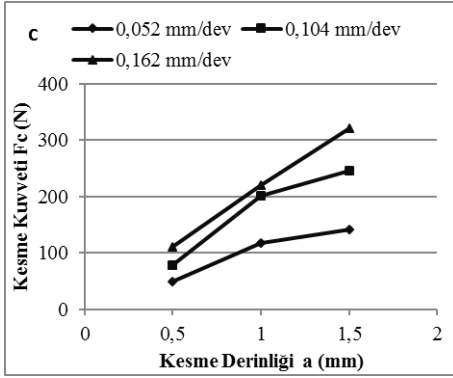
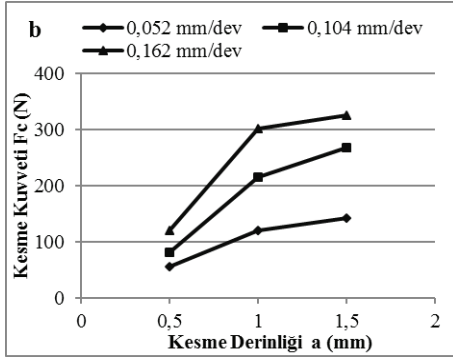
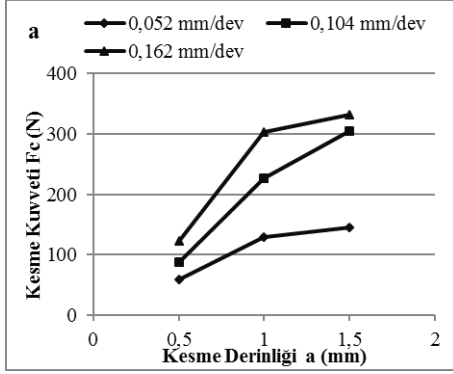
Şekil 1. Farklı talaş kalınlıklarında kesme kuvvetinin kesme hızına bağlı olarak değişimi (a: $a = 0.5$ mm, b: $a = 1$ mm, c: $a = 1.5$ mm)



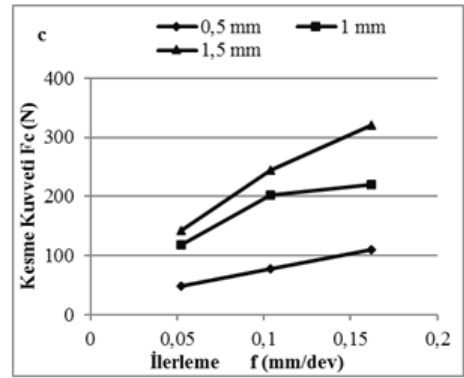
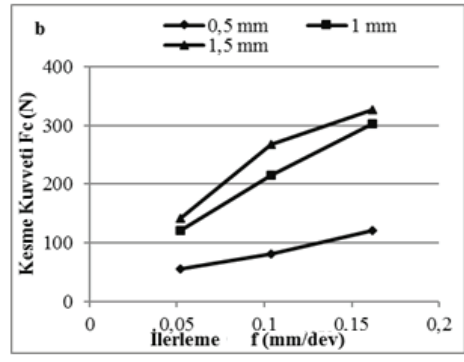
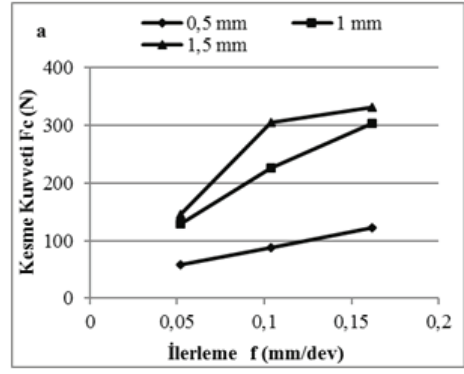
Şekil 2. Farklı talaş kalınlıklarında kesme kuvvetinin ilerlemeye bağlı olarak değişimi (a: a= 0.5 mm, b: a= 1 mm, c: a= 1.5 mm)

Şekil 2 incelendiğinde ise kesme kuvvetinin ilerlemenin artışıyla arttığı görülmektedir. Bu durum kullanılan üç farklı kesme hızı ve üç farklı kesme derinliğinde de aynıdır. İlerlemenin artışı birim zamanda kaldırılan talaş hacminin yükselmesine sebep olur. Bu durum kesme kuvvetlerinde dinamik etki yaratır. Bununla birlikte talaş yüzeyi ve takımdaki talaş bağlantı bölgesi uyumunu yönetir. Bu yüzden kesme kuvvetleri ilerlemenin artışıyla artar (Suresh ve vd., 2012). Bir başka ifadeyle iş parçası ve kesme takımı arasındaki bağlantı alanı arttığından kesme kuvveti de artar (Çakır 1999) ve (Chinchanikar ve Choudhury, 2013).

Şekil 3 incelendiğinde de kesme kuvvetinin kesme derinliğinin artışıyla arttığı görülür. Bu durum deneylerde kullanılan üç farklı ilerlemeye de aynıdır. Benzer sonuçlar (Bartarya ve Choudhury, 2012; Suresh ve vd., 2012; Chinchanikar ve Choudhury, 2013) yaptıkları çalışmalarında da görülmüştür.



Şekil 3. Farklı kesme hızlarında kesme kuvvetinin kesme derinliğine bağlı olarak değişimi (a: $V=87$ m/dak, b: $V=143$ m/dak, c: $V=238$ m/dak)



Şekil 4. Farklı kesme hızlarında kesme kuvvetinin ilerlemeye bağlı olarak değişimi (a: $V=87$ m/dak, b: $V=123$ m/dak, c: $V=238$ m/dak)

Şekil 4'e baktığımızda kesme kuvveti her üç kesme derinliğinde de ilerlemenin artışıyla arttığı görülmektedir. Bu durumun yine üç farklı kesme hızlarında da aynı olduğu görülmektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada AISI 1040 çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği) kesme kuvvetine (Fc) olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler incelendikten sonra kesme parametrelerin kesme kuvvetine olan etkileri görülmüştür.

Üç farklı kesme hızının kullanıldığı deneylerde, kesme hızını arttırdığımızda kesme kuvvetinin düştüğü görülmüştür. Bu durum kesme hızının artışıyla harcanan enerjinin çoğunun kayma düzleminde, kesici takımın çevresinde ısı enerjisine dönüşmesi ve oluşan yüksek ısıdan dolayı malzemeyi oluşturan atomlar arası bağların yumuşaması ve bunun sonucunda da plastik şekil değişimi için gereken kuvvetin azalmasıyla açıklanabilir.

İlerleme ile kesme kuvveti arasındaki ilişkiye baktığımızda, ilerlemenin artışıyla kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. İlerlemenin artışıyla iş parçası ve kesme takımı arasındaki bağlantı alanı artar ve kesme kuvvetinde dinamik etki yaratır. Bu yüzden kesme kuvveti de artar.

Diğer bir parametre kesme derinliğine baktığımızda ise, kesme derinliğinin artışıyla kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. Bu durum üç farklı kesme hızı ve ilerlemede de benzerdir.

Deneysel sonuçlara baktığımızda, en yüksek kesme kuvveti; en düşük kesme hızı (87 m/dak), en yüksek ilerleme (0.162 mm/dev) ve kesme derinliğinde (1.5 mm) elde edilirken en düşük kesme kuvveti; en yüksek kesme hızı (238 m/dak), en düşük ilerleme (0.052 mm/dev) ve kesme derinliğinde (0.5 mm) elde edilmiştir.

Semboller

V: Kesme hızı (m/dak)

f: İlerleme (mm/dev)

a: Kesme derinliği (mm)

F_x: Radyal kuvvet (N)

F_y ya da *F_a*: İlerleme kuvveti (N)

F_z ya da *F_c*: Kesme kuvveti (N)

AISI: Amerikan Demir Çelik Enstitüsü Standartları

TiN: Titanyum nitritür (kaplama)

P10: Karbür kesici takım

HRC: Sertlik değeri

RSM: Cevap yüzey metodu

Kaynaklar

- Abouelatta, O.B. ve Madl, J. 2001. Surface roughness based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations. *Journal of Materials Processing Technology*, **118**, 269-277.
- Aouici, H., Yallase, M.A., Chaoui, K., Mabrouki, T. ve Regal, F. 2012. Analysis of surface roughness and cutting force components in hardturning with CBN tool: Prediction model and cutting conditions optimization. *Measurement*, **45**, 344-353.
- Bartarya, G. ve Choudhury, S.K. 2012. Effect of cutting parameters on cutting force and surface roughness during finish hard turning AISI 52100 grade steel. *Procedia CIRP*, **1**, 651 – 656.
- Belmonte, M., Oliveira, F.J., Sacramento, J., Fernandes, A.J.S. ve Silva, R.F. 2004. Cutting forces evolution with tool wear in sintered hardmetal turning with CVD diamond. *Diamond and Related Materials*, **13**, 843-847.
- Chinchanikar, S. ve Choudhury, S.K. 2013. Effect of work material hardness and cutting parameters on performance of coated carbide tool when turning hardened steel: *An optimization approach. Measurement*, **46**, 1572-1584.
- Çakır, C.M. *Modern Talaşlı İmalatın Esasları*. Ceylan Matbaacılık, Bursa, Türkiye. (1999) 32-36.
- Ghani, A.K. ve Choudhury, I.A. 2002. Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool. *Journal of Materials Processing Technology*, 17-22.
- Jang, J.L. ve Tarng, Y.S. 1999. A study of the active vibration control of a cutting tool. *Journal of Materials Processing Technology*, **95**, 78-82.

- Neşeli, S., Asiltürk, İ., Yıldız, S. ve Sağlam, H. 2012. Tornalama İşleminde Cevap Yüzey Metodu ile Kesme Kuvvetlerinin Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Modellenmesi. 3. *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu*, Ankara.
- Suresh, R., Basavarajappa, S. ve Samuel, G.L. 2012. Machinability investigations on hardened AISI 4340 steel using coated carbide insert. *Measurement*, **45**, 1872–1884.
- Tekaüt, İ. 2008. Takım Tezgâhlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi* Makine Eğitimi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Thomas, M., Beauchamp, Y., Youssef, A.Y. ve Masounave, J. Mechanical Engineering Department. 1996. Effect of tool vibrations on surface roughness during lathe dry turning process. S0360-8352, 00235-5.

The effect of cutting parameters on cutting force at AISI 1040 steel turning

Extended abstract

The main objective of the research is based on machining surface roughness of the desired product as a minimum. We can see researched a lot of parameters that affect the surface roughness in the past studies. Cutting force is the most important of parameters on surface roughness. For this reason, it was researched a lot about cutting force. Especially, it was investigated why cutting force changes. In this study, it was researched connection between cutting force and cutting parameters (cutting speed, feed rate, depth of cut) on turning under dry cutting conditions. If we can find optimum cutting parameters to determined better cutting force, we can obtain the best surface roughness value. This is extreme important. All studies are this reason.

AISI 1040 which is widely used in the manufacturing industry, was used as the workpiece material in experimentes. It is used on vehicle, engine, machinery and apparatus for making medium forced parts, traction hooks, gears, shafts. It is alloyed steels. It is also known as carbon steel because it contains a high ratio carbon contentent. The experiments are performed SMARC LC360B brand lathe. The maximum speed of the machine with a digital measuring system is 2000 rev/min. It has 2.2 kW engine power. The experiments were done with cemented carbur cutting team which is CNMG 120404-NM KLP 115 form. The machining tests were carried out at three different cutting speed (87 m/min, 143 m/min, 238 m/min), at three different feed rate (0.052 mm/rev, 0.104 mm/rev, 0.162 mm/rev) and at different depth of cut. Using 250 mm length and 50 diameter AISI 1040 steel as workpiece were carried out total of 27 machining tests. Three workpiece was used and each piece of work was done on 9 test because the top of the machined surface for failure to perform another operation. Each experiment was carried out for about 20 seconds. Measured cutting force thanks to dinamometer under different cutting conditions were analysed with Dynoware programme on computer.

It was measured average value of cutting force (F_c) on Dynoware programme. To definite relation between analysed the cutting forces and cutting parameters, charts were obtained and tried to explain. In other words, optimum cutting parameters were tried to obtain.

According to obtained results, it was shown that cutting parameters (cutting speed, feed rate and depth of cut) clearly affected cutting force. In other word, cutting force changed because cutting parameter values were changed. Although cutting force decreased when cutting speed increased, it increased when feed rate and depth of cut increased. So, cutting parameters are very important to cutting force.

Keywords: Turning, cutting force, cutting parameters, surface roughness.