



**Makale
(Article)**

Aşırı Temperleme Isıl İşlemi Uygulanmış Orta Karbonlu Çeliğin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından İncelenmesi

Şehmus BADAY*, **Hüdayim BAŞAK****, **Ahmet GÜRAL*****

* Şırnak Üniversitesi Şırnak Meslek Yüksekokulu, 73000, Şırnak/TÜRKİYE

** Gazi Üniversitesi Teknoloji Fak. Endüstriyel Tasarım Müh. Böl. 06500, Ankara/TÜRKİYE

*** Gazi Üniversitesi Teknoloji Fak. Metalürji ve Malzeme Müh. Böl., 06500, Ankara/TÜRKİYE

shmsbdy@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, orta karbonlu çeliğe aşırı temperleme ısıl işlemi uygulanarak elde edilen mikroyapı farklılıklarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla bir grup AISI 1050 malzemesine 850 °C'de 15 dakika östenitleme işleminin ardından su verme işlemi uygulanmış ve daha sonra ayrı ayrı 600 °C'de 15, 60 ve 180 dakika sürede aşırı temperleme ile ferrit matriste sementitler küreselleştirilmiştir. Numunelerin işleme deneyleri kuru kesme şartlarında CNC torna tezgahında SNMG 120408 sementit karbür kesici takım ile buna uygun 75° yanaşma açısına sahip PSBNR 2525M12 takım tutucu kullanılarak yapılmıştır. Numunelerin sertlik değerlerinin azalmasıyla kesme kuvvetleri düşmüştür. Bununla birlikte, küresel sementitlerin ortalama ebatlarının artmasına bağlı olarak da kesme kuvvetleri düşmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri su verme sonrası 600 °C'de 15 dakika küreselleşmiş numunelerde elde edilmiştir. Ancak bu numunede küreselleştirme süresi arttıkça yüzey pürüzlülük değeri de artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Aşırı Temperleme, Kesme Kuvvetleri, Yüzey Pürüzlülüğü, Mikroyapı, Sertlik

Investigating of Over-Tempering Medium Carbon Steel In Terms of Cutting Forces and Surface Roughness

Abstract

In this study, by applying over-tempering on medium carbon steel obtained with microstructure differenties on cutting forces and surface roughness values were investigated. For this purpose a group of AISI 1050 materials were quenched after austenition at 850 °C for 15 minutes and then cementite was spheroidised in ferrite matrix with over-tempering separately at 600 °C for 15, 60 and 180 minutes. Machining of the samples were tested at dry cutting conditions in CNC turning center with SNMG 120408 cementite carbide cutting tool and proper PSBNR 2525M12 tool holder with 75 degree approaching edge angle. Cutting forces decreased with decreasing hardness of the samples. However, their cutting forces decreased due to the increase in the average sizes of spheroidal cementite. Minimum surface roughness value was obtained from the samples which were spheroidised at 600 °C for 15 minutes after quenching. But surface roughness rate of the sample increased as spheroidising time increased.

Keywords: Over-Tempering, Cutting Force, Surface Roughness, Microstructure, Hardness

Bu makaleye atıf yapmak için

Baday Ş., Başak H., Güral A., " Aşırı Temperleme Isıl İşlemi Uygulanmış Orta Karbonlu Çeliğin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından İncelenmesi " Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, (11) 1-9

How to cite this article

Baday Ş., Başak H., Güral A., " Investigating of Over-Tempering Medium Carbon Steel In Terms Of Cutting Force and Surface Roughness " Electronic Journal of Machine Technologies, 2014, (11) 1-9

1. GİRİŐ

Orta karbonlu çeliklerin işlenebilirliği ve şekillendirilebilirlikleri içerdikleri lamelli sementit fazlarından dolayı oldukça zor ve aynı zamanda maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle Ac_1 (ötektoid dönüşüm) sıcaklıkları civarında uzun süreli tavlama yapılarak gerçekleşen küreselleştirme ısıl işlemiyle süneklikleri, darbe toklukları, yorulma özellikleri ve işleme özellikleri önemli oranda geliştirilebilir [1]. Diğer taraftan sementit fazlarının küreselleştirilmesi, östenitten su vermeyle üretilen martensit fazının yüksek sıcaklıkta aşırı temperlenmesiyle de sağlanabilir [2,3]. Bunun sebebi temperleme sıcaklığı artıa, dengesiz martenzit çıta sınırlarında çok sayıda potansiyel çekirdeklenme sağlanarak karbonun hızlı difüzyonuyla kararlı sementit tip karbürlerinin hızla oluşumu sağlanmakta ve yüzey gerilimini düşürmek için küresel biçimde oluşmaktadır. Bu işlem sonucunda çeliğin çekme dayanımı biraz düşer, sünekliği artar ve en önemlisi, çeliğin tokluğu ve işlenebilirliği önemli ölçüde artırılabilir. [4]. Birçok araştırmacı tarafından yüksek sıcaklıklarda aşırı temperlenmiş martenzitin mikroyapısında küreselleşmiş sementitlerin oluştuğu bahsedilmiştir [5-10]. Temperlenmiş elikler imalat sektöründe, çeşitli otomobil parçaları olan dişliler, akslar ve direksiyon kolları üretimden yaygın olarak kullanılmaktadır [11,12].

Çeliğin mikroyapısında bulunan fazlar malzemenin işlenebilirlik özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Küreselleşmiş perlitik yapı, lamelli perlitik yapıya göre daha iyi işlenebilirlik sonuçları vermektedir [13]. AISI 4120 eliğinde ferrit+beynit mikroyapıya sahip haddelenmiş şartlarda talaşın uzaklaştırılması bakımından en iyi işlenebilirliği sergilemiştir. [14]. AISI 4140 eliğinde ise en düşük yüzey pürüzlülüğu daha düşük kesme hızı ve ilerleme miktarlarında su verilmiş ve temperlenmiş şartlarda elde edilmiş ve küreselleştirme işlemi uygulandığında küreselleştirme süresinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğu artmıştır [15]. Bir başka çalışmada AISI 1040 eliklerinde artan küreselleştirme sıcaklığı ve süresi ile yüzey pürüzlülüğu değerleri artmıştır. Aynı zamanda bu çeliklerde ilerleme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğu değerleri de artmıştır [16]. Orta karbonlu çeliklerin işlenmesinde yumuşak ferrit fazının sünek kopma ile ayrılması sonucu yüzey pürüzlülüğünün arttığını tespit edilmiştir [17].

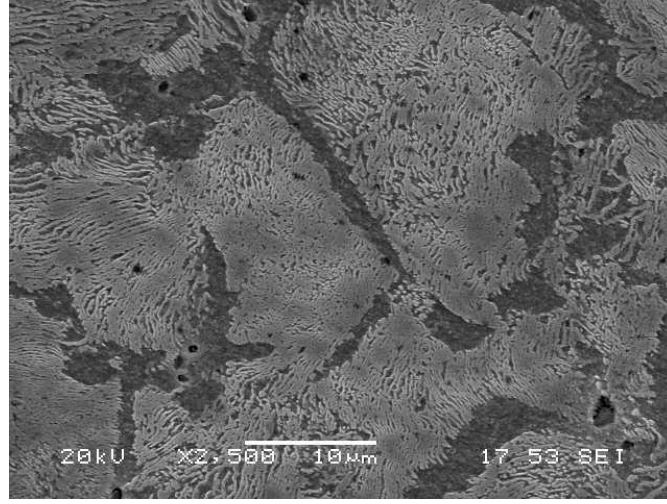
Bu alışmada AISI 1050 eliğinin su verme sonrası aşırı temperleme ısıl işlemi uygulanarak mikroyapı farklılıkları oluşturulmuş ve bu farklılıkların kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğu üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MALZEME ve METOT

Isıl işlem çalışmalarında kullanılmak üzere kimyasal bileşimi Tablo 1’de ve mikroyapısı şekil 1’de verilmiş olan AISI 1050 eliği kullanılmıştır. Bu malzemenin SEM mikroyapısına göre primer ferritik matriste ortalama 20 μ m koloni boyutuna sahip ince lamelli perlitik yapıdan oluşmaktadır (şekil 1). Bu malzemeden işlenebilirlik deneylerinde kullanılabilir ekil \emptyset 30x200 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

Tablo 1. Çalışmalarda kullanılan AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi (ağırlıkça %)

C	Si	Mn	P	S	Cr
0,52	0,28	0,81	0,009	0,022	0,08
Mo	Ni	Al	Cu	Sn	Fe
0,02	0,10	0,020	0,17	0,011	Kalan



Şekil 1. Isıl işlem öncesi AISI 1050 malzemesinin başlangıç mikroyapısı

Bu numuneler önce 850 °C’de 15 dakika östenitlenmiş ardından martensit fazı üretmek için su verilmiş ve daha sonra sırasıyla ayrı ayrı 600 °C’de 15, 60 ve 180 dakika izotermal tavlama yapılarak ferritik matriste farklı ebat ve morfolojilere sahip küresel sementitler üretilmiştir. Numunelere uygulanan ısıl işlemlerin özeti Tablo 2’de numune kodları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Numunelere uygulanan ısıl işlemler

Numune kodları	Isıl işlem parametreleri
600T15	850 °C’de 15 dak östenitleme + su verme + 600 °C’de 15 dak temperleme
600T60	850 °C’de 15 dak östenitleme + su verme + 600 °C’de 60 dak temperleme
600T180	850 °C’de 15 dak östenitleme + su verme + 600 °C’de 180 dak temperleme

Mikroyapı incelemeleri için numuneler, standart metalografik yöntemlerle metalografik incelemeye hazır hale getirilmiştir. Mikroyapının açığa çıkarılmasında dağlayıcı olarak % 2’lik Nital kullanılmıştır. Mikroyapıların görüntülenmesinde Jeol 6060 JSM-LV Tarama Elektron Mikroskopu (SEM) cihazı kullanılmıştır. Numunelerin sertlik ölçümleri Intron-Wolpert sertlik cihazında 30 kg yük uygulanarak Vickers değerinde belirlenmiştir.

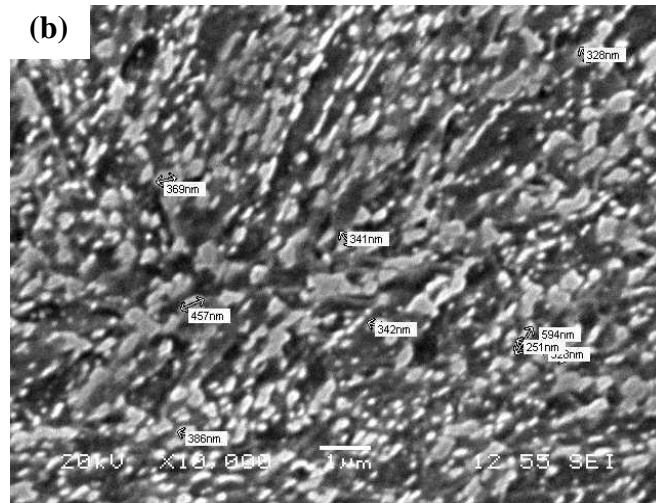
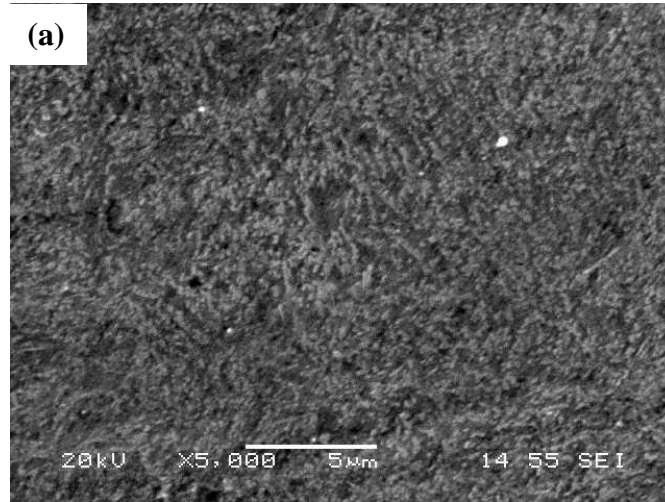
Numunelerin işleme deneylerinde ISO 3685’te belirtilen deney şartlarına uygun olarak SNMG formunda sementit karbür kesici takım ile buna uygun 75° yanaşma açısına sahip PSBNR 2525M12 formunda takım tutucu kullanılmıştır. İşleme malzemesine uygun CVD kaplı GC4215 kalitesinde çift taraflı kesici takımı seçilmiştir. Kesici takım için üretici takım firmasının SNMG 120408 PM formulu talaş kırıcı geometrisi belirlenmiştir. Deneyler kuru kesme şartlarında CNC torna tezgahında gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvveti ölçümü için üç eksenel yönde ölçüm kapasitesine sahip Kistler 9275B tipi dinamometre kullanılmıştır.

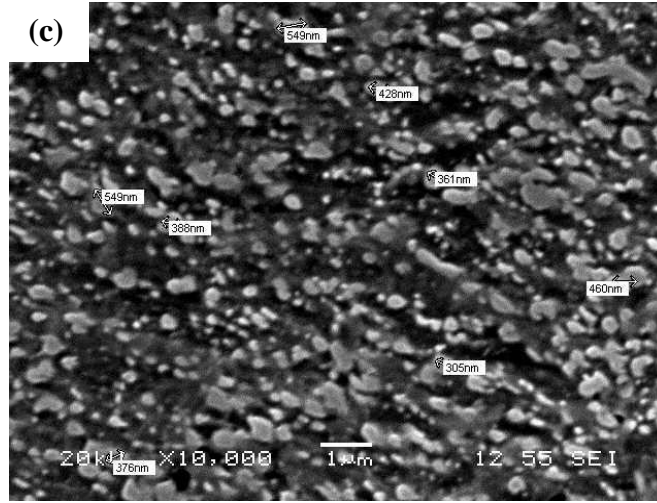
İşleme deneylerinde kullanılan parametreler, takım üretici firması verileri ve ISO 3685’teki öneriler göz önüne alınarak, 150, 175, 200, 225 ve 250 m/dk beş farklı kesme hızı, 0,16 ve 0,25 mm/dev iki farklı ilerleme miktarı ve 1,6 mm sabit talaş derinliği olarak seçilmiştir. Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için, her bir işlem uygulanmasında yeni bir kesici takım kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için Mitutoyo SurfTest SJ-201 taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri her bir numunenin işlenmiş yüzeyinin üç farklı bölgesinden den ölçülmüştür ve ortalama değerleri belirlenmiştir.

3.DENEYSSEL SONUÇLAR VE TARTIşMA

3.1. Mikroyapı

şekil 2’de su verme sonrasında 600 °C sıcaklık ve üç farklı sürede 600T15, 600T60 ve 600T180 aşırı temperlenmiş numunelerin mikroyapıları gösterilmektedir. 600T15 numunesinin mikroyapısında (şekil 2a) martenzit çıta sınırları boyunca uzanan çok küçük boyutlarda çubuksu sementitlerin küreselleşmeye başladığı, ancak küreselleşmenin tamamlanmadığı görölmektedir. şekil 2 (b ve c)’de görölebildiği gibi 600T60 ve 600T180 numunelerinin mikroyapılarında bu küreselleşme etkisinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Su verme işleminden sonra temperleme süresinin artışıyla mikroyapıda sementit fazlarını daha etkin küreselleştirdiği, ayrıca ortalama ebatlarının arttığı açıkça şekil 2’den görölmektedir. Su verme işleminden sonra elde edilen martenzit fazı, daha düşük serbest enerjiye sahip ve daha kararlı sementit fazları oluşturma eğilimindedir. Aynı zamanda sementit fazlarının çekirdeklenmesi için martenzit plaka sınırları yüksek dislokasyon yoğunluğundan ve düşük aktivasyon enerjisinden dolayı oldukça uygun yerlerdir. Bu nedenle 600T15 numunesinde oluşan küresel sementit fazlarının morfolojisi önceki martenzitin çıta sınırlarına benzer ve iğnemsli şeklinindedir (şekil 2a). 600T60 ve 600T180 numunelerinde artan küreselleştirme zamanı ve sıcaklığına bağlı olarak çekirdeklenen iğne biçimli sementit fazları yüzey gerilimini azaltmak için küresel morfoloji biçimini almaya başlamıştır.





Şekil 2. Su verme sonrası küreselleştirme işlemi yapılmış numunelerin SEM mikroyapıları (a) 600T15, (b) 600T60, (c) 600T180

AISI 1050 malzemesinin aşırı temperleme ısıl işlemi sonucunda elde edilen küresel sementitlerin ortalama ebatları karşılaştırıldığında, ortalama sementit parçacık boyutu 600T15 ve 600T60 serisi numunelerde 300-400 nm ve 600T180 serisi numunesinde ise 500 nm aralığında gerçekleşmiştir. Temperleme süresinin artmasıyla mikroyapıda oluşan küresel sementitlerin ebatlarında artış görülmüştür.

3.2. Kesme Kuvvetleri

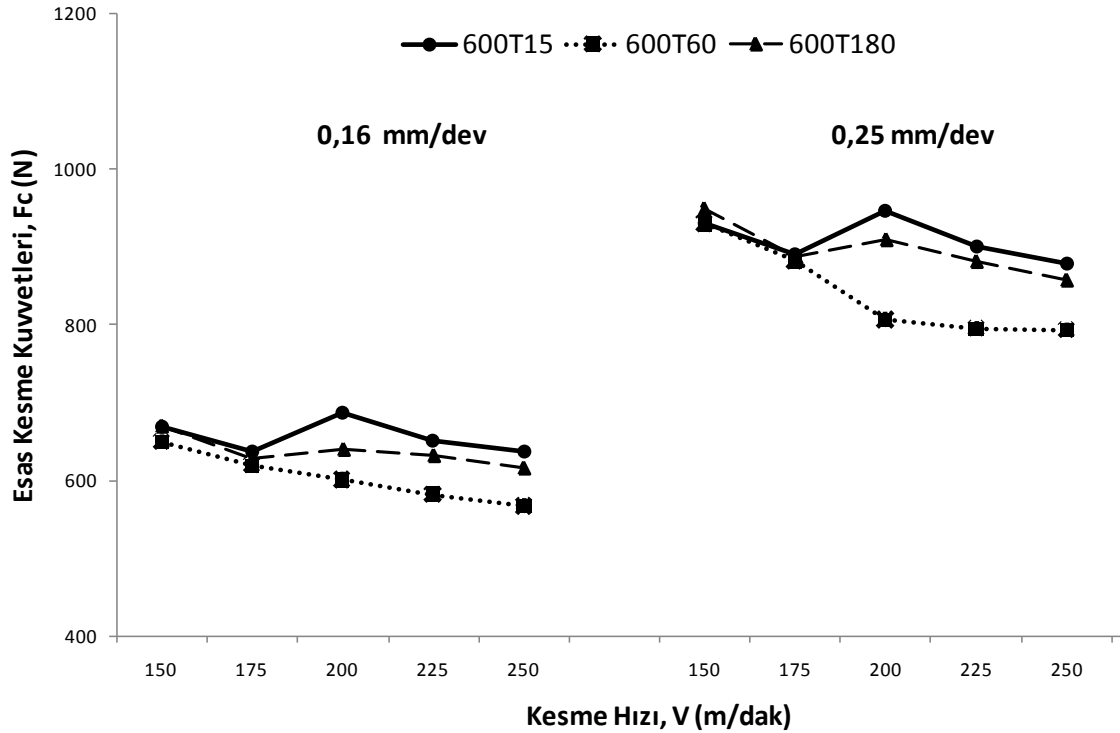
Numunelerin kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak ölçülen esas kesme kuvvetleri değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Kesme hızındaki artışla birlikte genel olarak kesme kuvvetlerinin azaldığı söylenebilir. Artan kesme hızı ile kesme kuvvetlerindeki düşüş sıcaklık artışı nedeniyle kesici takım talaş yüzeyindeki temas alanının azalması ve kısmen de talaşta akma bölgesinde (ikinci deformasyon bölgesi) kayma gerilmesinin azalması ile açıklanmaktadır [18]. Diğer bir neden ise kesici takım/talaş ara yüzeyindeki sıcaklık artışından dolayı kesici takım/talaş ara yüzeyinde sürtünme katsayısı azalmasıdır [19].

İşlenen numuneler arasında en fazla kesme kuvveti 600T15 numunesinde elde edilmiş ve bu değerler sırasıyla 600T180 ve 600T60 numunelerinde azalmıştır. Bu durum numunelerin sahip olduğu sertlik değerleri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Çünkü bu çalışmada 600T15, 600T60 ve 600T180 numunelerinde elde edilen sertlik değerleri sırasıyla; 361 ± 6 , 268 ± 7 ve 278 ± 10 HV30 değerleri bulunmuştur. Bu durum düşük süneklik değerinin kesme kuvvetlerini artırdığını göstermektedir. Diğer taraftan numunelerde elde edilen küresel sementit parçacık ebatlarının da bir etkisi olduğu da düşünülebilir. Sementit parçacık ebadının artışıyla, talaş kaldırma esnasında bu parçacıkların daha kolay kırılmış olabileceği ve bununla talaş kırıcılığına bir katkısı olmuş olabilir. Ayrıca su verilmiş numunelerde küreselleştirme sıcaklığının artması ile sementit parçacıkları sürekli olarak büyümekte ve karbürlerin birleşmesi sonucunda daha geniş ferrit alanların meydana getirmesi de kesme kuvvetlerini düşürmüş olabilir. Ayrıca küreselleşen karbürlerin boyutları artarken Ferrit/Fe₃C arayüzeyi uyumsuzlaşabilir ve malzemeden talaşın kopmasını kolaylaştırabilir.

Şekil 3'deki 600T15 ve 600T180 numunelerinde 175 m/dk kesme hızlarındaki kesme kuvvetleri 200 m/dk kesme hızından daha da düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun açıklanabilen en temel nedeni talaş kaldırma esnasında talaş kökünde oluşan yığıntı talaş (BUE) oluşumundan kaynaklanmaktadır. BUE eğiliminin artması ile etkin talaş açısının artmasına ve aynı zamanda takım talaş temas uzunluğunun azalmasıyla kesme kuvvetlerinin düşmesine sebep olmuştur.

Numunelerin ilerleme miktarının 0,16 mm/dev'den 0,25 mm/dev'e (Şekil 3) artırılmasıyla kesme kuvvetlerinde ortalama % 40'lık bir artış gerçekleşmiştir. İlerleme ve kesme derinliğine bağlı olarak

oluşan ‘‘talaş kesit alanı’’ esas kesme kuvvetini belirleyen en önemli faktördür. Dolayısıyla ilerlemedeki artışla beraber artan talaş kesiti esas kesme kuvvetindeki artışın temel nedenidir.

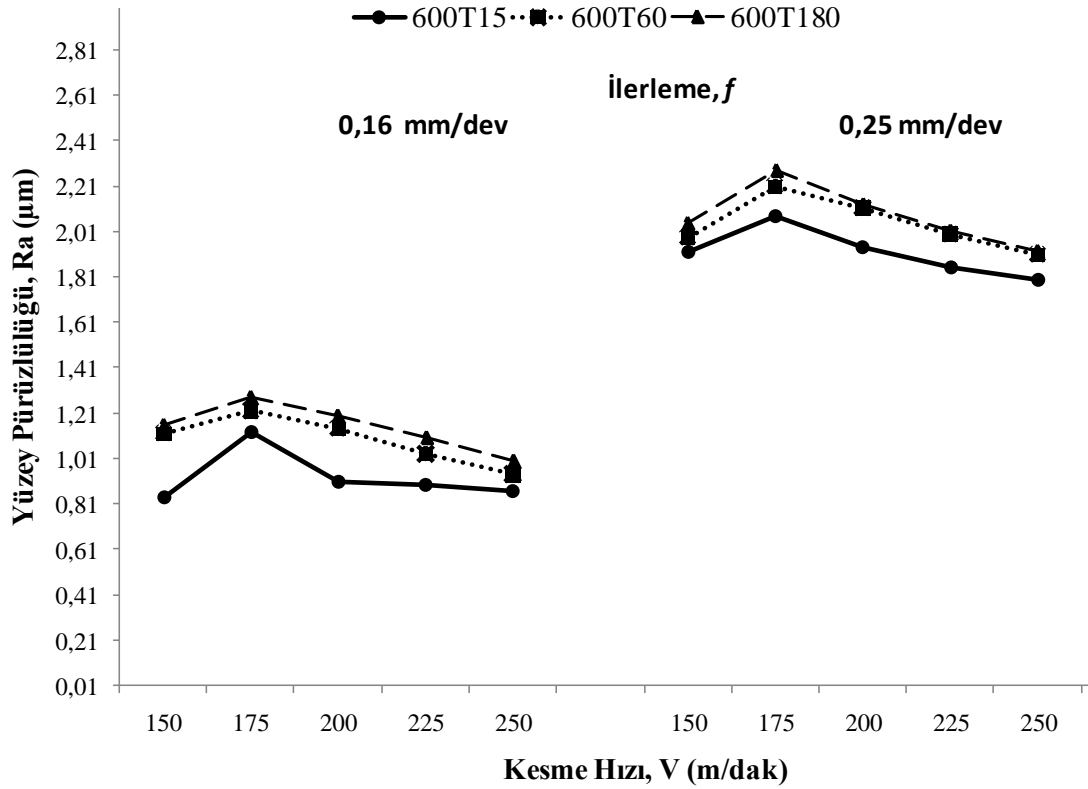


şekil 3. 0,16 ve 0,25 mm/dev ilerleme değerinde kesme hızına bağlı olarak ölçülen esas kesme kuvvetleri

3.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Numunelerin kesme parametrelerine bağlı olarak ölçülen yüzey pürüzlülüğü değişimleri şekil 4’te verilmiştir. Genel olarak tüm numunelerde kesme hızı artıkça yüzey pürüzlülüğü değerinde bir düşüş grlmektedir. Yüzey pürüzlülüğü değerinin iyileştirilmesi için kesme hızının arttırılması, literatürde kullanılan en yaygın yöntemdir [20-23]. Kesme hızının artması ile iyileşen yüzey pürüzlülüğü, yüksek hızlarda artan sıcaklığa bağlı olarak, deformasyon işleminin kolaylaşması, iş parçası malzemesinin, kesici kenar ve burun yarıçapı çevresinde rahat bir şekilde deforme edilmesi ve bu yüksek sıcaklıklarda oluşan akma bölgesine bağlı olarak açıklanabilir. Aynı zamanda kolay deforme edilen malzemede işleme esnasında yırtılma olmadan şekillendirilebilmekte ve dolayısı ile iş parçası yüzey kalitesinde de bir iyileşme olduğu gözlenmektedir [21]. Diğer bir ifadeyle kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerinin azalması, yüksek kesme hızlarında oluşumu azalan BUE oluşumu ile de açıklanabilir. Ancak 175 m/dk’a kesme hızında yüzey pürüzlülüğü değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Bu artışın sebebi sünek malzemelerde düşük ve orta kesme hızlarında BUE oluşumundan kaynaklanmaktadır (şekil 4). İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan BUE kararsız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülüğü değerini artırır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve kararsız olması durumunda yüzey pürüzlülüğü değerini daha da artarak, kötü bir yüzey oluşur.

şekil 4’e göre ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülüğünün tüm numuneler için arttığı grlmektedir. İlerlemenin artışı veya azalışı yüzey pürüzlülüğünün değerini doğrudan etkilemektedir. Bundan dolayı ilerlemenin artıkça, yüzey pürüzlülüğü değerini de artacak dolayısıyla yüzey kalitesi de kötüleşecektir.



Şekil 4. Kesme hızına bağlı olarak ölçülen yüzey pürüzlülükleri

600T15 numunesinin yüzey pürüzlülük değerlerinin daha az olduğu görülmüştür. Düşük sürede temperlenen numunenin mikroyapısının daha homojen olmasının (Şekil 2) buna sebep olduğu düşünülmektedir [24]. Isıl işlem süresinin artması iş parçalarının yüzey pürüzlük değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Söz konusu bu durum temperleme sıcaklığının artmasına bağlı olarak karbonun difüzyon hızının artmasına, karbürlerin hızla büyüyerek birleşmesine ve bunun sonucu olarak da daha geniş ferritik alanlar meydana getirerek yüzey pürüzlülük değerlerini artırması ile açıklanabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI 1050 çeliğine uygulanan aşırı temperleme ısıl işlemleri sonucunda mikroyapıda, işleme esansında kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimler karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Su verme sonrası aşırı temperleme ile elde edilen ferritik matriste küresel sementitlerin oluşumu artan temperleme süresine bağlı olarak daha hızlı meydana gelmiştir.
- Artan temperleme süresine bağlı olarak numunelerin mikroyapısındaki sementit parçacıklarını ebatları artmıştır.
- 600T15 numunesinin 600T60 ve 600T180 numunelerine göre mikroyapısı daha homojen dağılmıştır.
- İşlenen numuneler arasında en fazla kesme kuvveti 600T15 numunesinde elde edilmiş ve bu değerler sırasıyla 600T180 ve 600T60 numunelerinde azalmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Can, A. Ç., 2006 "Tasarımcı mühendisler için malzeme bilgisi", Birsen Yayınevi, İstanbul, 124,128, 136-137, 145-147.

2. Hoseiny, H., Klement, U., Sotkovszki, P. and Andersson, J., 2011, "Comparison of the microstructures in continuous-cooled and quench-tempered pre-hardened mould steels", *Materials and Design*, 32: 21-28.
3. Podder, A. S. And Bhadeshia, H.K.D.H., 2010, "Thermal stability of austenite retained in bainitic steels", *Materials Science and Engineering A*, 527: 2121-2128.
4. Andres, C. G. Caruana G. and Alvarez, L.F., 1998, "Control of $M_{23}C_6$ carbides in 0.45C-13Cr martensitic stainlesssteel by means of three representative heat treatment parameters", *Materials Science and Engineering A*, 241: 211-215.
5. Andrew, J. H., Lee, H., Chang, P. L., Fang, B., Guenot, R., Brookes, P. E., Bourne, L., Wilson, D. V., Bhat, U. V. and Lloyd, H. K., 1950, "The effect of cold work on steel", *Journal of the Iron and Steel Institute*, London, 165: 145-84.
6. Rosen, A. And Taub, A., 1962, "The kinetics of graphitization in steel at subcritical temperatures", *Acta Metallurgica*, 10 (5): 501-509.
7. Sueyoshi, H. And Suenaga, K., 1978, "Effects of pre-treatment on the graphitization behaviour in hypo-eutectoid low alloy steel", *J. Jpn. Inst. Metals*, 42 (7): 676-682.
8. Wells, M. G. H., 1964, "An electron transmission study of the tempering of martensite in an Fe-Ni-C alloy", *Acta Metallurgica*, 12 (4): 389-399.
9. Speich, G. R. And Leslie, W. C., 1972, "Tempering of steel" *Metall. Trans. A*, 3: 1043-1054.
10. Zhang, M. X. And Kelly, P. M., 1998, "Crystallography of spheroidite and tempered martensite" *Acta Mater.*, 46 (11): 408-4091.
11. Gao, W., Dong, L., Hu F. And Tan, B., 2008, "Analysis of quenching cranking and improvement of heat treatment process for steel 40Cr axle vehicle", *Journal of Hunan Institute of Technology*, 18 (4): 33-36.
12. Zheng, Y., Wu, Y., Liu, Y., Huang, X., Zhang, X., Xu, G., Wang, W. And Wu, S., 2004, "Study on technology of forging-remnant-heat hardening of 40Cr automobile turning junction", *Hot Working Technology*, 33 (3): 47-48.
13. Okushima, K., Iwata, K. And Kurimote, T., 1964, "A study of machinability of metals", *The Japon Society of Mechanical Engineers*, 7 (25): 14-17.
14. Araki, T. And Yamamoto, S., 1979, "An evaluation of machinability of low alloy steel materials with or without heat treatment", *Machinability Testing and Utilization of Machining Data*, 117-131.
15. Kılıçlı, V., Motorcu, A.R., Erdoğan, M., Şahin Y., 2004, "Farklı mikroyapılara sahip AISI 4140 eliğinin işlenmesinde yzey pürüzlülüğü ve talaş atılabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi", 11. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, Antalya, 1-16.
16. Kılıçlı, V., Motorcu A.R., Erdoğan M. ve ŞAHİN Y., 2005, "AISI 4140 eliğinin İşlenmesinde Küreselleştirme Sıcaklık ve Süresinin Yzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi", 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Konya, 645-650.

17. Katayama, S. and Toda, M., 1996, "Machinability of medium carbon graphitic steel", *Journal of Materials Processing Technology*, 62: 358-362.
18. Trent, E.M., 1989, "Metal cutting", Butterworths Press, London, 1-171 (1989).
19. Zhao, J., Ai, X., Li, Z., 2006, "Finite element analysis of cutting forces in high speed machining", *Materials Science Forum*, (532-533): 753-756.
20. De Garmo, E.P., Black, J.T., Kohser, R.A., 1997, "Materials and processes in manufacturing", Prentice-Hall Inc., New Jersey, 214-652.
21. Shaw, M.C., 1989, "Metal cutting principles", Oxford University Press, Oxford, 1-29 (1989).
22. Boothroyd, G., 1981, "Fundamentals of metal machining and machine tools", International Student ed. 5th Printing, McGraw-Hill, New York.
23. Hagiwara, M., Chen, S., Jawahir, I.S., 2009, "Contour finish turning operations with coated grooved tools: Optimization of Machining Performance", *Journal of Materials Processing Technology*, 209: 332-342.
24. Başak, H., Güral, A., ve Baday, Ş., 2015, "Orta karbonlu bir çeliğin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne küreselleştirme ısıl işlemlerinin etkisinin incelenmesi", 2. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu (IISS'15), Karabük, Türkiye, 345-349.