



SERTLEŞTİRİLMİŞ 30MnVS6 MİKROALAŞIMLI ÇELİĞİN KESME KUVVETLERİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ AÇISINDAN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil DEMİR^{1,*}, Barış ÖZLÜ²

¹Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK

²Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, KARABÜK

ÖZET

Bu çalışmada, yağda ve suda sertleştirme ısıl işlemine tabi tutulan, yüksek dayanımlı düşük alaşımlı (YDDA) 30MnVS6 mikroalaşımlı çelik iş parçaları üzerinde işleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler tornalama metoduyla dört farklı kesme hızında (90, 120, 150 ve 180 m/dak) ve 0,1 mm/dev ilerleme miktarı ile 1 mm talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanılmadan kuru şartlarda yapılmıştır. Uygulanan ısıl işlemler iş parçalarının mikroyapılarını ve sertliklerini değiştirmiş ve bu mikroyapıların ve sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Suda soğutulan iş parçaları, kesici takımında çok hızlı aşınmaya neden olmuştur. Aynı zamanda, suda sertleştirilen iş parçaları üzerinde yapılan deneylerde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri yağda sertleştirilen malzemeye göre yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikroalaşımlı çelik, Kesme kuvveti, Yüzey pürüzlülüğü.

AN INVESTIGATION INTO THE MACHINABILITY OF 30MnVS6 MICROALLOYED STEELS BASED ON CUTTING FORCES AND SURFACE ROUGHNESS

ABSTRACT

In this study, high strength low alloy 30MnVS6 micro alloyed steel workpieces were subjected to hardening heat treatment in oil and water and then machining tests were carried out on them. The machining tests were carried out at four different cutting speeds (90, 120, 150 and 180 m/min), 0.1 mm/rev feed rate and 1 mm depth of cut in dry conditions fluid. The heat treatments applied to the work pieces changed their microstructures and hardness and the effect of different microstructure and hardness on cutting force and surface roughness was investigated. Specimens hardened in water resulted in rapid tool wear. In addition, the water hardened specimen produced higher cutting forces and surface roughness during machining when compared to the oil hardened one.

Keywords: Microalloyed steel, Cutting force, Surface roughness.

1. GİRİŞ

Son yıllarda çelik metalürjisinde en önemli gelişmelerden bir tanesi mikroalaşımli çeliklerdir. Bu malzemeler aynı zamanda yüksek dayanımlı düşük alaşımli (YDDA) çelikler olarak da bilinirler. Mikroalaşımli çelikler yüksek mukavemet, yüksek tokluk ve iyi kaynak kabiliyeti gibi özellikleri nedeniyle otomotiv sektöründen, bina yapımına kadar çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Mikroalaşım çeliklerinde bulunan vanadyum, niobyum, titanyum, boron ve alüminyum gibi elementlerin oluşturdukları karbonitrürler tane büyümesini, dislokasyonların hareketini ve yeniden kristalleşmeyi engelleyerek çeliğin dayanımını artırmaktadır [1-3]. Bu malzemelerin özelliklerinin iyi olması tasarım yönünden caziptir. Mikroalaşımli çeliklerden imal edilen parçaların çoğu talaşlı imalat işlemlerine maruz kalmaktadır. Ancak bu malzemelerin sertlik ve dayanımlarının yüksek olması, talaşlı imalat metotlarıyla şekillendirme bakımında çoğunlukla problemlere neden olmaktadır [4].

Talaşlı imalat metotlarıyla şekillendirmelerde kesme kuvvetleri, işlem esnasında oluşan bazı değişkenler tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, takım ve talaş geometrisi, iş parçası malzemesi, takım-tezgah çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir [5-9].

Bu çalışmada, YDDA çelikten hazırlanan iş parçaları yağda ve suda soğutularak farklı mikroyapılar ve sertliklerde numuneler elde edilmiştir. Ham malzeme ve farklı ortamlarda sertleştirilmiş malzemeler üzerinde işlenebilirlik deneyleri, tornalama metoduyla farklı kesme hızlarında soğutma sıvısı kullanılmadan yapılarak, değişik mikroyapıların ve farklı sertliklerin kesme kuvvetleri ve işlenmiş parça yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylerde kullanılacak iş parçası malzemesi olarak Ø50X200 mm boyutlarında 30MnVS6 mikroalaşımli çelik kullanılmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimi [Tablo 1](#)'de verilmiştir.

Tablo 1. 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğin kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu	W	Al
0,31	0,49	1,27	0,018	0,037	0,22	0,006	0,129	0,091	0,17	0,02	0,02

Deney parçaları 900 ± 5 °C sıcaklıkta ısıl işlem fırınında bir saat östenitleme ısıl işleme tutulduktan sonra, yağda ve suda soğutulmuştur. Ham malzeme ve farklı soğutma ortamlarında sertleştirilen numunelerin mikroyapı incelemeleri için klasik metalografik yöntemlerle hazırlanan metalografi numuneleri %2'lik nital çözeltisinde dağlama işlemine tabi tutulmuştur. Mikroyapı incelemeleri X10-X1000 büyütme kapasiteli NIKON marka optik mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Deney parçalarının sertlik ölçümü "AFFRI 251 MRSD" marka sertlik ölçüm cihazı ile Rockwell (HRC) türünden yapılmıştır.

İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan kesici takım kalitesi mikroalaşımli çelik malzemeye uygun olarak seçilmiştir. Kesici takımlar Kennametal firması tarafından KC9110 kalite gurubunda üretilmiştir. Kesici takımlar ISO kodlamasına göre CNMG 120404MP geometrisindedir. Kesici takımlar, rijit olarak PCBN R 2525M12 ISO kodlu takım tutucu ile bağlanmıştır. Deneyler, FANUC kontrol ünitesine sahip olan "Johnford TC-35" CNC torna tezgâhında yapılmıştır. CNC torna tezgâhının gücü 10KW olup, tezgâh iş mili değişken kademesiz hıza sahip ve 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir. Her bir numune için kesme hızı 90 m/dak, 120 m/dak, 150 m/dak ve 180 m/dak kesme hızlarında ve her kesme hızı için 0,1 mm/dev ilerleme miktarı kullanarak, parça üzerinde 25 mm aralıklarla deneyler yapılmıştır.

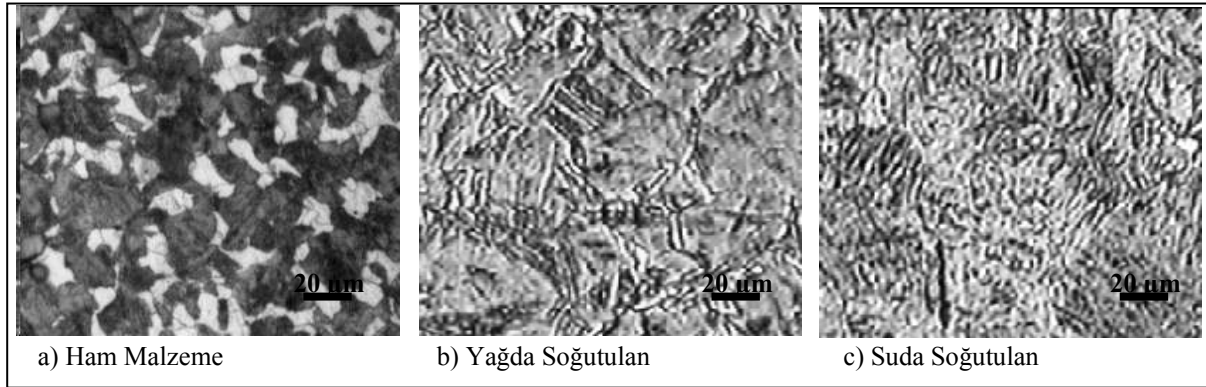
Talaş kaldırma esnasında oluşan üç kuvvet bileşenini; esas kesme kuvveti F_z (F_c), ilerleme kuvveti F_x (F_f) ve radyal kuvveti F_y (F_r) ölçebilen KISTLER 9257A tipi piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır.

İşlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri "Mahr" marka Perthometer M1 tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası her ölçüm sonrası kendi eksenini etrafında yaklaşık 120° döndürülerek üç farklı yüzeyde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucu bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri hesaplanmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

3.1 Mikroyapı

Mikroalaşımli çelik iş parçalarının ticari olarak temin edildiği şekliyle (ham) ve suda ve yağda sertleştirme ısı işlemine tabi tutulduktan sonra elde edilen mikroyapı görüntüleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi farklı soğuma hızı nedeniyle suda ve yağda sertleştirilen çeliklerin mikroyapıları da farklıdır.



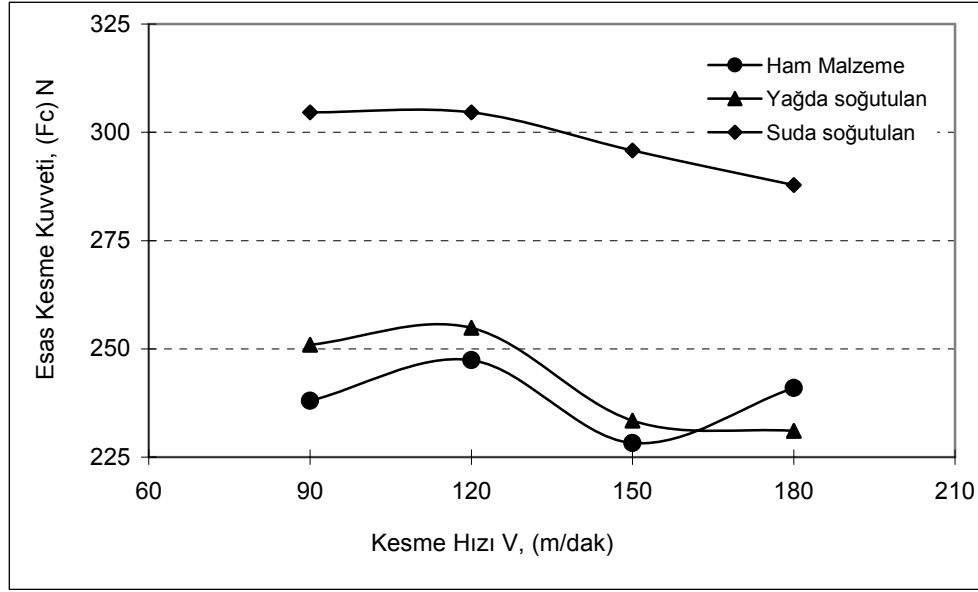
Şekil 1. Farklı ortamlarda soğutulan iş parçalarının mikroyapıları.

Ferrit ve perlit tanelerden oluşan ham malzemenin mikroyapısı, yağda ve suda sertleştirme ısı işleminden sonra, suda soğutulan malzemede martenzitik ağırlıklı bir yapıya dönüşürken, yağda sertleştirilen numunenin yapısı martenzitik beynitik bir görünüm sergilemektedir. Bu durum ham malzemeye göre yağda ve suda soğutulan malzemelerde sertliklerin artmasına neden olmuştur.

Deney numuneleri üzerinde gerçekleştirilen sertlik ölçümleri de bu sonucu desteklemektedir. Ham malzemenin sertliği 44 HRC ve yağda ve suda soğutularak sertleştirilen numunelerin sertlikleri de sırasıyla 47 HRC ve 52 HRC olarak belirlenmiştir.

3.2 Kesme Kuvvetleri ve Takım Aşınması

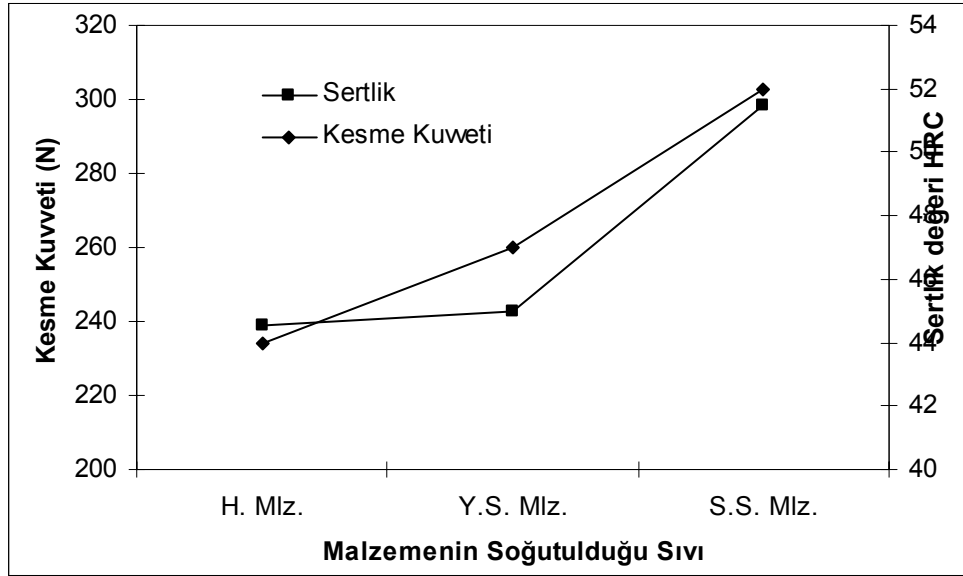
Ham malzeme ve farklı soğutma hızlarında sertleştirilen numunelerin işlenebilirlik deneyleri 90, 120, 150 ve 180 m/dak kesme hızlarında gerçekleştirilmiştir. Kesme hızlarına bağlı kesme kuvvetlerindeki değişim belirlenerek Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kesme hızının kesme kuvvetine etkileri (talaş derinliği 1 mm, ilerleme 0,1 mm/dev).

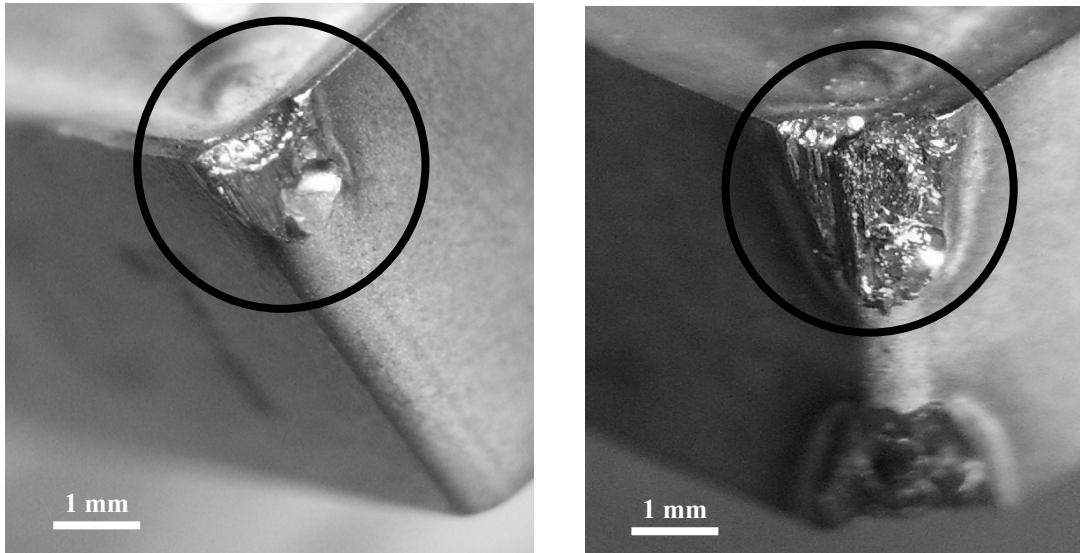
Şekil 2’de görüldüğü gibi 90 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde ham malzemede kesme kuvveti 238 N bulunurken, yağda soğutulan malzemede ham malzemeye göre kesme kuvveti yaklaşık % 6 artarak 250,93 N, suda soğutulan malzemede kesme kuvveti ise yaklaşık %30 artarak 304,91 N olduğu tespit edilmiştir. Her üç malzemede de kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinde düşüş görülmektedir. Ham malzemede en düşük kesme kuvveti 150 m/dak kesme hızında elde gerçekleşirken yağda ve suda soğutulan numunelerde 180 m/dak kesme hızlarında gerçekleşmiştir. Kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin düşüşü kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım-talaş temas uzunluğunun azalması ve kısmen de artan kesme hızı sonucu kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma dayanımının azalmasıyla açıklanabilir [10].

Deney sırasında en yüksek kesme kuvvetleri suda soğutulan malzemenin işlenmesinde elde edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, farklı kesme hızlarında (90, 120, 150 ve 180 m/dak) yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetlerinin aritmetik ortalaması alınarak, kesme kuvvetleri ve malzeme sertliği ilişkisi Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kesme kuvvetleri ve malzeme sertliği ilişkisi.

Malzeme yapısından kaynaklanan sertliğin kesme kuvvetlerini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Bu durum, artan sertliğin malzeme dayanımını artırması ile açıklanabilir (Şekil 1). İlave olarak, martenzit yapı aşınmaya karşı dayanıklı bir yapı olduğu için tornalama işleminde kullanılan karbür kesiciyi önemli miktarda aşındırdığı Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4. Suda soğutulan malzemenin farklı kesme hızlarında işlenmesinde kesicinin aşınması.

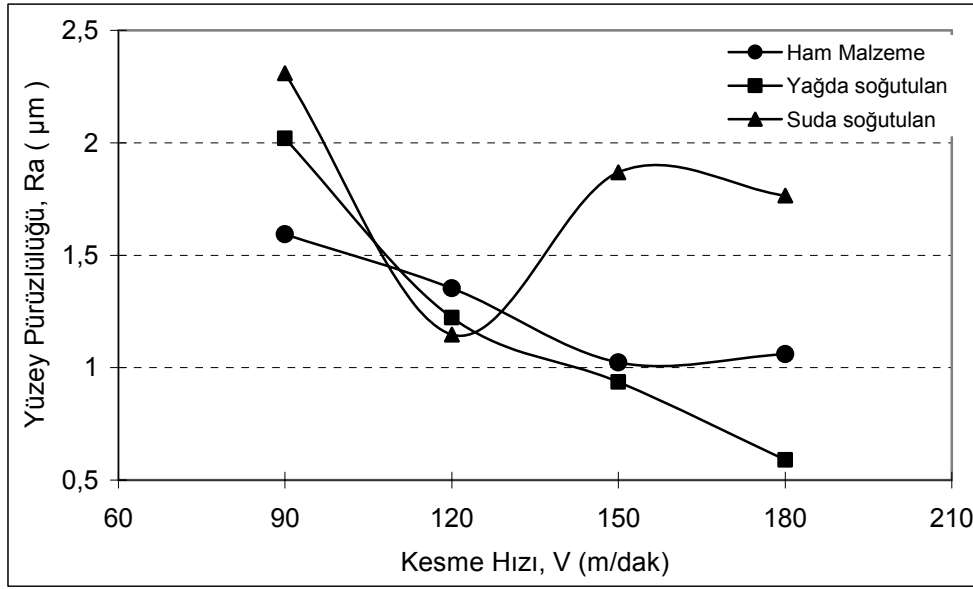
Kesici takımın kısa zamanda önemli miktarda aşınması, kesici takımın kesme özelliğini yitirmesine sebep olmuştur. Kesme kabiliyetini yitiren kesiciyle kesme işlemine devam etmek, kesici takımı zorlayarak kesme kuvvelerinin artmasına neden olur. Ayrıca, ham malzemenin kesme kuvvetlerinin düşük çıkması bu malzemenin mikroyapısı ile de açıklanabilir. Mikroyapı incelendiğinde (**Şekil 1**) ham malzemedede ferrit ve perlit taneleri görülmektedir. Ferrit, yumuşak ve sünek özelliğe sahipken, perlit ise ferrit ve sementit lameller (plaka) şeklinde bir karışımdır. Perlitin sertliği aynı zamanda lamellerin kalınlığına bağlıdır. İnce lamel tipli perlit, kaba olana göre daha serttir. Bunlara ilaveten ferritik çelikler genellikle martenzitik çeliklere göre daha iyi işlenebilirlik özellikleri sergilemektedirler [9].

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımların aşınması, talaşlı imalat işleminin verimliliğini, üretilen iş parçasının boyutlarını ve yüzey kalitesini doğrudan etkilemektedir. Kesici takımında aşınma arttıkça kesme kuvvetleri, kesme bölgesindeki sıcaklık, titreşim ve ses artmaktadır. Artan kesme kuvvetleri sonucu daha fazla enerji gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Aşınmış bir kesici takımında, kesici takımın kesici ucunda keskin bir kenardan farklı olarak (**Şekil 4**) sürtünen bir bölge oluşacağı için bu bölgenin iş parçası ile sürtünmesi sonucu da daha fazla ısı enerjisi açığa çıkarak, kesme bölgesinde kesici takım ve iş parçasının sıcaklığı artar. Artan sıcaklıkla, kesici takımın aşınma direnci ve dayanımı azalır. Artan sıcaklıkla aynı zamanda, iş parçası boyutlarında değişiklikler olmakta ve istenilen ölçü toleranslarının dışına çıkılarak hatalı parçalar üretilmektedir. Yüksek sıcaklık sonucu iş parçasının yüzeyinde ve yüzey altında istenilmeyen metalurjik dönüşümler de oluşabilmektedir. Bu dönüşümler iş parçası yüzeyinde çekme tipinde kalıcı gerilmelere neden olarak iş parçalarının yorulma dayanımını azalır. Kesici takım aşınması sonucu ortaya çıkan diğer bir olumsuzluk da titreşimlerdir. Titreşim sonucu iş parçası yüzeyi bozularak yüzey pürüzlülüğü artar.

3.3 Yüzey Pürüzlülüğü

Farklı kesme hızlarında yapılan deneylerde soğutma ortamının yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri **Şekil 5**'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Kesme hızının yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri (talaş derinliği 1 mm, ilerleme 0,1 mm/dev).

90 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde ham malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerine oranla sertleştirme ısıl işlemi görmüş malzemelerde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri daha yüksek bulunmuştur. Kesme hızı 120 m/dak çıkarıldığında ham malzemede, yağda ve suda soğutulan malzemelerde birbirlerine yakın yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Kesme hızı 150 m/dak uygulanarak yapılan deneylerde ise ham ve yağda soğutulan malzemelerde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri düşerken, suda soğutulan malzemede yüzey pürüzlülük dergeri önemli miktarda (%50) artmıştır. 180 m/dak kesme hızı uygulandığında ham malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değeri bir miktar artarken, diğer malzemelerin pürüzlülük değerleri düşmüştür. Suda soğutulan malzemede yüzey pürüzlülük değerinin düşmesi yüzey kalitesinin iyileştiği anlamına gelmemektedir. Suda soğutulan malzeme üzerinde yapılan deneylerde kararlı bir sonuç elde edilememiştir. Bunun nedeni ise, suda soğutulan malzemenin soğuma hızının yüksek olması ve buna bağlı olarak malzemenin tamamen martenzit yapıya dönüşmesidir. Bu yapının etkisi, kesme kuvvetinde belirtildiği gibi, takımın hızlı aşınmasına sebep olmuş ve kesicinin düzenli bir kesme işlemi gerçekleştirememesine neden olarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği düşünülmüştür.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, YDDA çelikten hazırlanan iş parçaları yağda ve suda soğutularak farklı mikroyapılar ve sertliklerde numuneler elde edilmiştir. Ham malzeme ve farklı ortamlarda sertleştirilmiş malzemeler üzerinde işlenebilirlik deneyleri, tornalama metoduyla farklı kesme hızlarında soğutma sıvısı kullanılmadan yapılarak, değişik mikroyapıların ve farklı sertliklerin kesme kuvvetleri ve işlenmiş parça yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Suda ve yağda (yağda kısmen beynitik) soğutulan iş parçalarının yapılarında martenzitik yapı oluşmuştur. Ham malzemenin serliği 44 HRC iken ısıl işlem sonunda yağda soğutulan malzemenin serliği 47 HRC, suda soğutulan malzemenin sertliği ise 52 HRC bulunmuştur.
- Isıl işlemlerin kesme kuvvetine etkisi incelendiğinde, ham malzemeye göre yağda soğutulan malzemede kesme kuvvetlerinin yaklaşık %6, suda soğutulan malzemede kesme kuvvetlerinin ise yaklaşık % 30 arttığı tespit edilmiştir.
- Suda soğutulan malzeme ile yapılan deneylerde, kesici takımın çok hızlı aşınmış ve kesici takım kesme özelliğini yitirmiştir. Suda soğutulan malzeme üzerinde yapılan deneylerde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri yüksek bulunmuştur. Bununla beraber yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi düzenli olmamıştır.
- Yağda soğutulan malzemede kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinde ve yüzey pürüzlülük değerlerinde düzenli bir azalmanın daha fazla olduğu görülmüştür.
- Sonuç olarak, malzemelerin mikroyapılarında yapılan değişikliklerle, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu projenin gerçekleşmesini sağlayan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bilimsel Projeler Başkanlığına, İşlenebilirlik deneylerinin yapılmasını sağlayan Gazi Üniversitesi. Teknik Eğitim

Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı Öğretim Elamanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Koltuk F., Mikroalaşımli Çeliklerin İkincil Sıcak Şekillendirilmesinde Özelliklerin Optimizasyonunun İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalürji Ana Bilim Dalı, İstanbul, 1996.
2. Topateş T., Mikroalaşımli Çeliklerin Termomekanik İşlemi Sırasında Değişen Proses Parametrelerinin Mikroyapı ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Metalürji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 1995.
3. Özlü B., Mikroalaşımli Çeliğinin Mikro Yapısını Değiştirerek İşlenebilirliğinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2007.
4. Demir H., The Effects of Microalloyed Steel Pre-Heat Treatment on Microstructure and Machinability, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 35, 1041-1046, 2008.
5. Stout K.J., Engineering Surfaces—a Philosophy of Manufacture (A Proposal for Good Manufacturing Practise), Proc. Instn.Mech.B 212, 169–174, 1998.
6. Griffiths B.J., Manufacturing surface technology, in: Surface Integrity and Functional Performance, Penton Press, London, 2001.
7. Puertas I., Luis perez C.J., Surface Rouness Prediction By Factorial Design of Experiments in Turning Processes, Journal of Materials Processing Technology 143–144, 390–396, 2003.
8. Çiftçi İ., Korkut İ., Çevik E., Demir H. ve Şeker U., Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım, Teknoloji, 11, 201-208, 2008.
9. Akkurt M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları, Birsen Yayınevi, İstanbul, s. 8–107, 1992.
10. Trent EM., Metal Cutting, Butterworths Pres, London, 1989.