

# HAVA VE GELENEKSEL SOĞUTMA YÖNTEMİ İLE FREZELEMEDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

**Nihat TOSUN\***, **Can KURU**, **Emin ALTINTAŞ** ve **Olcayto Erdem ERDİN**

Makine Müh. Böl., Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, 23119 Elazığ,

\*[ntosun@firat.edu.tr](mailto:ntosun@firat.edu.tr)

(Geliş/Received: 17.02.2009 ; Kabul/Accepted: 28.09.2009)

## ÖZET

Bu çalışmada, AA7075-T6 malzemesinin geleneksel ve hava ile soğutma yöntemleri kullanılarak frezelemesinde iş parçasının yüzey pürüzlülüğü deneysel olarak incelenmiştir. Hava ile soğutma yöntemi ile işlemede kullanılan hava iki farklı hızda (20 ve 40 m/s) kesme bölgesine gönderilmiştir. Geleneksel soğutmada kesme sıvısı olarak bor yağı ve su karışımı kullanılmıştır. Deneyler farklı kesici takımlar (HSS, Karbür), devir sayıları (780, 1330, 2440 dev/dak) ve ilerlemeler (20, 40, 80 mm/dak) kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, fakat devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, karbür takımlarla elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri HSS takımlara göre daha iyi olduğu, hava ile soğutma yöntemiyle elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri geleneksel soğutma yöntemine göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hava ile soğutma, geleneksel soğutma, frezeleme, yüzey pürüzlülüğü.

## INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS IN MILLING WITH AIR AND CONVENTIONAL COOLING METHOD

### ABSTRACT

In this study, the surface roughness of workpiece was experimentally investigated in milling of AA7075-T6 by using conventional and air cooling methods. The air used in machining with air cooling method was delivered to the cutting zone tool with two different flow rates (20 ve 40 m/s). The mixture of boron oil and water was used as the cutting fluid in the conventional cooling method. The experiments were performed with different cutting tools (HSS, carbide), spindle speeds (780, 1330, 2440 rpm) and feed rates (20, 40, 80 mm/min). It is determined in experiments that the surface roughness was increased when feed rate was increased but the surface roughness was decreased when the spindle speed was increased. In addition, the surface roughness results obtained by using carbide tools in the experiments are better than that of HSS tools and the surface roughness results obtained by using the air cooling method are better than that of conventional cooling method.

**Keywords:** Air cooling, conventional cooling, milling, surface roughness.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalat, istenilen şekil, boyut ve yüzey kalitesinde bir ürün elde etmek için iş parçasından işleme payı kadar istenmeyen malzemenin kaldırılmasıdır [1]. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerilim oluşturarak gerçekleştirilir. Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takım ile iş parçası arasındaki temas yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve malzeme deformasyonu sonucu oldukça yüksek bir ısı

ortaya çıkar [2]. Talaş kaldırma için kullanılan mekanik enerjinin hemen hemen tamamına yakın kısmı ısı enerjisine dönüşür [1-4]. Meydana gelen ısı üç yolla kesme bölgesinden uzaklaştırılır (talaş, takım ve iş parçası) [2,3]. İş parçası fazla ısı alırsa, genleşmeden dolayı parçanın ölçü tamlığı sağlanamaz. Bu fazla ısı iş parçası yüzeyine ısı olarak zarar verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa kesici uç aniden bozulabilir ve takım ömrünü azaltabilir. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması veya tahliyesi daha kolay olmaktadır.

Uygun soğutma sıvısı ile takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısının en azından % 50'si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir [3,4].

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan soğutma sıvılarının, yüksek yüzey ve boyut kalitesinde parça imalatı için büyük önemi vardır. Soğutma sıvılarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, imalat işlemi sırasında ortaya çıkan ısı veya mekanik nedenli hasarların azalmasını veya önlenmesini sağlar. Soğutma/yağlama maddeleri, doğru kullanıldıkları takdirde, bir yandan iş parçasının boyutları ve biçiminde yüksek hassasiyet ve daha iyi yüzey kalitesi sağlarken, öte yandan takımlar için daha uzun kullanım ömrü elde edilir. Talaşlı imalatta, kesme sıvıları soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle hala çok önemli bir yer tutmaktadırlar. Ancak bunlar çevre ve insanlar için bir tehlike potansiyeli doğurmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden olmaktadır [5,6]. Önemli fonksiyonlarına rağmen talaşlı imalat çalışmalarında kesme sıvısı kullanımını azaltmak için yoğun uğraşlar verilmektedir [5-18]. Kesme sıvılarının sebep olduğu çevresel etki ve maliyeti azaltmanın bir yolu, imalat işlemlerinde kullanılan kesme sıvılarının en uygun seçimini yapmaktır [7]. Ayrıca geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak alüminyumun işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelerinkine göre daha pahalıdır. Çünkü soğutma sıvısının daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir [8]. Minimum miktarda soğutma tekniği, soğutma sıvısını azaltmanın bir çözümü olmakla birlikte, hava ve kuru işlemede soğutma sıvısının kullanılmaması ise maliyet ve çevre açısından arzulanan bir durumdur. Hava ve kuru işlemede, tezgâhın çalışılan çevresi temiz kalmakta ve artıkların temizlenmesi için gerekli olabilecek masraflar önlenmektedir.

Soğutma teknikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Soğutma teknikleri ile ilgili yapılan çalışmaların amacı; kesme kuvvetlerini azaltmak, işleme verimliliğini artırmak, daha düşük kesme sıcaklıkları, daha uzun takım ömrü ve daha iyi yüzey kaliteleri elde etmek açısından alışıla gelmiş emülsiyon ile geleneksel soğutma/yağlama teknikleri ile elde edilen kaliteye ulaşılabilirliği ve hatta bu kaliteyi aşım aşamayacağı belirlenmesidir [5-18].

Alüminyum ve alaşımları günümüzde birçok endüstri alanında kullanım olanağı fazla olan bir malzemedir. Fakat alüminyumun talaşlı olarak işlenebilmesi güçlüğü geçmişte alüminyumun kullanım alanını daraltmıştır. Son zamanlarda bu konu üzerinde yapılan araştırmalarda değişik teknikler geliştirilerek alüminyumun talaşlı işlenebilirliğine olumlu yönde büyük katkılar sağlanmıştır. Bu çalışmada, AA7075-T6 malzemesinin hava ve geleneksel soğutma tekniği kullanılarak farklı işleme parametrelerinde frezelen-

mesinde iş parçası yüzey pürüzlülüğünün değişimi deneysel olarak incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışmada, alüminyum alaşımı (AA7075-T6) iki farklı kesici takımla, üç farklı ilerleme ve devir sayılarında, hava ve geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak işlenmiştir. İşlem parametrelerinin iş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi için yapılan çalışmada freze tezgâhı (Lagun Ft-2, İspanya) kullanılmıştır. Tezgah gücü 2 kW olup, devir sayısı 49-2440 dev/dak, yatay (tabla) ilerleme miktarı 20-320 mm/dak, dikey ilerleme miktarı ise 0,08-0,16 mm/dev aralığındadır. Deney tasarımı, faktöriyel tasarım dikkate alınarak yapılmıştır. Faktöriyel tasarımda genelde değişik ve birbirleri ile ilişkili olmayan faktörlerin belirli bir karaktere olan etkileri inceleme konusu yapılmaktadır. Faktöriyel (çarpımsal) tasarımda değişken parametrelerin seviyelerinin (düzeylerinin) çarpazlama uygulanması sonucu deney tasarımı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kesici takım ve hava hızı için 2, ilerleme ve devir sayısı için ise 3 seviye kullanılmış olup, toplam  $2^2 \cdot 3^2 = 36$  farklı kombinasyon ile deneyler yapılmıştır. Deneylerde değişken olarak kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneylerde kullanılan parametreler (Parameters used in the experiments)

Parametreler	Değerleri
Devir sayısı (dev/dak), $n$	780, 1330, 2440
İlerleme (mm/dak), $f$	20, 40, 80
Kesici takım	HSS, Karbür
Hava hızı (m/s), $V_{hava}$	20, 40

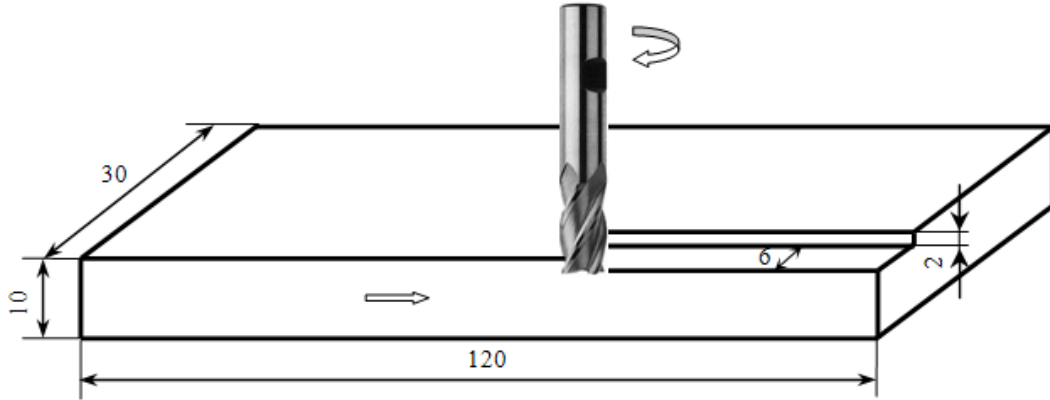
Geleneksel soğutma yönteminde, soğutma sıvısı olarak 1/20 oranında bor yağı-su karışımı kullanılmıştır. Geleneksel soğutmada, tezgâhın kendi soğutma sistemi kullanılarak, deneyler 1 lt/dak debi ile yapılmıştır. Hava ile soğutma yönteminde, hava bir kompresör vasıtasıyla sağlanmıştır. 20 ve 40 m/s'lik iki farklı püskürtme hızı kullanılmıştır. Kompresör basıncı tüm deneyler boyunca 5 bar olarak sabit tutulup, hava hızları vana yardımıyla ayarlanmıştır.

Deneylerde kullanılan AA7075-T6 malzemesi 120x30x10 mm boyutlarında olup, kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmiştir. Alaşım 150 HB sertliğe, 460-505 MPa akma mukavemetine, 530-570 MPa çekme mukavemetine sahiptir. Mekanik özellikler ve kimyasal bileşim alaşımın temin edildiği firma tarafından belirtilmiştir. Frezeleme işleminde, numuneler üzerinden 2 mm derinliğinde ve 6 mm genişliğinde talaş kaldırılmıştır (Şekil 1).

Deneylerde, 10 mm çapında, N tipi, 30° helis açısına sahip 4 ağızlı DIN844 HSS ve DIN6528 Karbür parmak freze (K10) takımlar kullanılmıştır. Her kesici takım sadece 1 kez kullanılmıştır. HSS kesici takım

**Tablo 2.** AA7075'in kimyasal bileşimi (Chemical composition of AA7075)

Element	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Cr	Zn	Al
Ağırlık (%)	1,2-2,0	2,1-2,9	0,3	0,5	0,4	0,18-0,28	5,1-6,1	Geriye kalan

**Şekil 1.** Frezeleme işlemi (Milling process)

850-920 HV, karbür kesici takım ise 1700-1800 HV sertliğe sahiptir.

Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) Mitutoyo SJ-201 yüzey pürüzlülük muayene cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İş parçasının işlenmiş yüzeyinin üç farklı bölgesinden ölçüm yapılarak aritmetik ortalaması alınmıştır. Ölçme işlemi, kesici takımın yüzeyde bıraktığı izlerin daha sağlıklı ölçülmesi amacıyla işleme yönüne paralel olarak yapılmıştır. Ölçümlerde kesme uzunluğu 0.8 mm ve numune sayısı 5 olarak seçilmiştir. Böylece ölçme (travers) boyu  $0.8 \times 5 = 4$  mm olmaktadır.

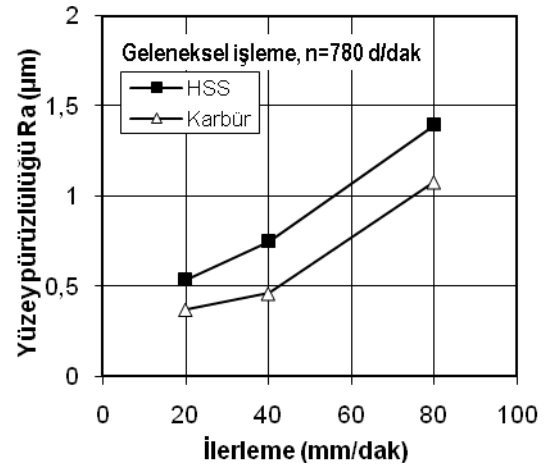
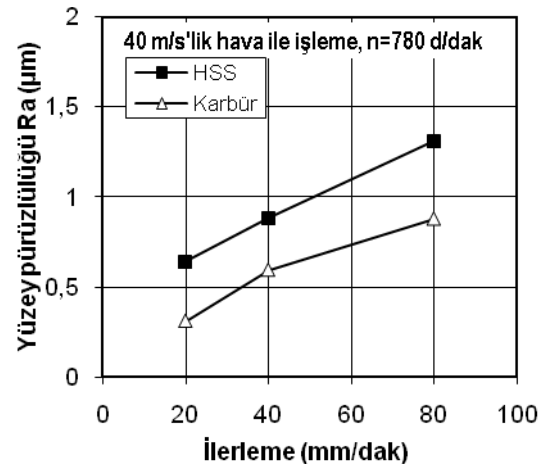
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

HSS ve Karbür kesici takımlar kullanılarak, geleneksel ve hava soğutma yöntemleri ile farklı ilerleme miktarı ve devir sayılarında yapılan deneyler neticesinde elde edilen iş parçasının yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri Şekil 2'den Şekil 4'e kadar olan grafiklerde verilmiştir.

İş parçası yüzey pürüzlülüğü üzerinde ilerleme miktarının etkisi Şekil 2'deki grafiklerden görülmektedir. Kullanılan tüm kesici takım malzemeleri ve soğutma yöntemleri için ilerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. İlerleme miktarının artması yüksek ilerleme kuvvetine, düşük kayma açısına ve kaldırılan talaş hacminin artmasına neden olmaktadır [3]. Bu durum yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da, ilerleme miktarı arttıkça kesme kuvvetlerinin ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün artmıştır [19-22]. Dolayısıyla, yüzey kalitesini iyileştirmek için ilerleme değerinin azaltılması gerekmektedir.

Devir sayısı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 3'deki grafikler incelendiğinde, devir

sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Devir sayısı arttıkça, kesme hızı artar ve işlenen parçada kesme bölgesinde meydana gelen kesme kuvvetleri bunun neticesinde azalır. Kesme kuvvetlerinin azalması yüzey kalitesini olumlu yönde etkileyecektir [3,4]. Literatürdeki çalışmalarda

**Şekil 2.** Yüzey pürüzlülüğünün ilerleme ile değişimi (Variation of the surface roughness with feed rate)

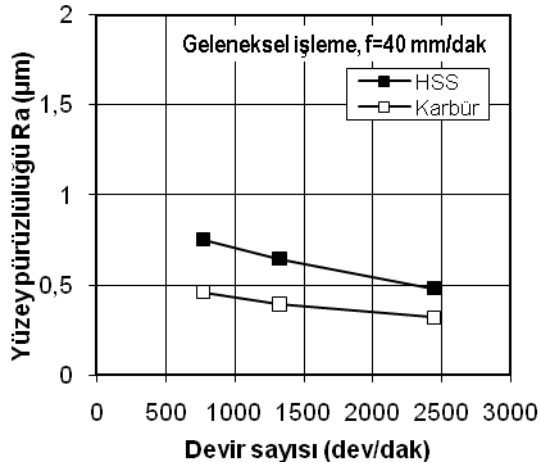
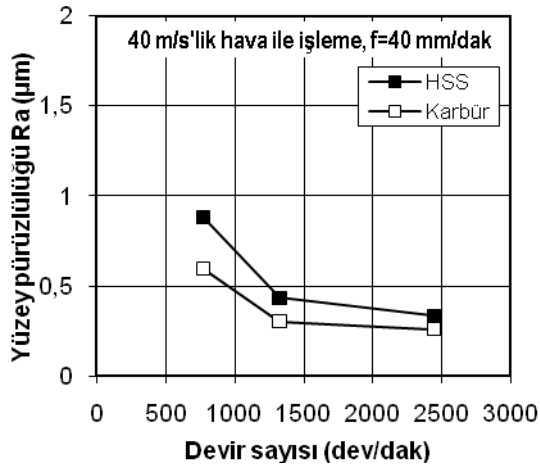
[3,4,24], yumuşak faz ihtiva eden malzemelerde düşük kesme hızlarında talaş sıvanması (BUE, Built-Up-Edge) meydana geldiği vurgulanmış ve bunun yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirdiği belirtilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da [24-26], yüksek kesme hızı ve yüksek ilerlemelerde yüksek kesme sıcaklıkları meydana geldiği, bu durumun takım ömrünü azalttığı ve yüzey kalitesini kötüleştirdiği vurgulanmıştır. Kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yüzey kalitesindeki iyileşme, beklenen bir özellik olup yüzey kalitesini iyileştirmek için kesme hızının artırılması literatürdeki en yaygın yöntemdir [3,4,23-25,27].

Yapılan çalışmada elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları incelendiğinde, ilerleme miktarının artış oranına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki artış oranı düşük devirlerde daha fazla iken, yüksek devirlerde ilerlemedeki artış oranına göre yüzey pürüzlülüğündeki artış oranı azalmaktadır. Örneğin; geleneksel soğutma yöntemi ve HSS freze takım kullanılarak 780 dev/dak devir sayısında yapılan deneylerde, ilerleme miktarı 20 mm/dak'dan 40 mm/dak'ya çıkarıldığında yani ilerleme miktarında yapılan %100'lük bir artış, yüzey pürüzlülüğünün % 40 artırmıştır. Buna karşın diğer şartlar aynı olmak üzere

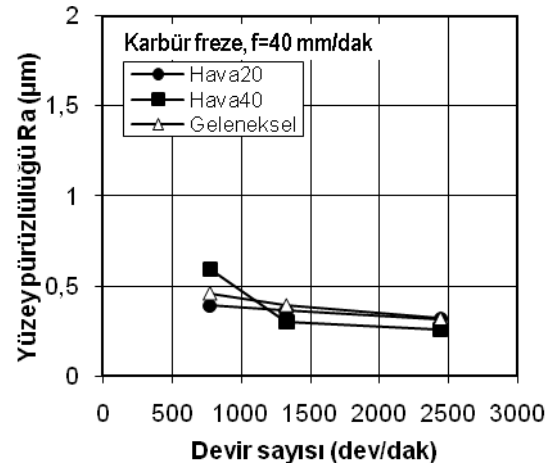
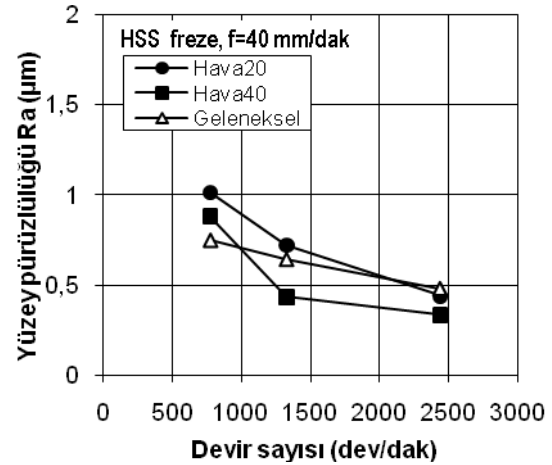
2440 dev/dak'lık devir sayısında yapılan deneylerde, ilerleme miktarında yapılan %100'lük bir artış, yüzey pürüzlülüğü % 32 artırmıştır.

Karbür kesici takımlar kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen yüzey kalitesinin HSS takımlar kullanıldığında elde edilen yüzey kalitesinden daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3). Bunun nedeni, deneylerde kullandığımız karbür freze kesici takımların sertlik, sürtünme ve aşınma özelliklerinin HSS kesici takımlardan daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [23,28].

Yüzey pürüzlülüğü ile soğutma yöntemi ve devir sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 4'teki grafikler incelendiğinde ise, genelde düşük devirlerde geleneksel soğutma yöntemi ile işlemede daha iyi yüzey kalitesi elde edilirken, yüksek devirlerde ise hava ile soğutma yöntemi ile işlemede daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. İki farklı hızda kullanılan hava ile soğutma yöntemi kendi arasında karşılaştırıldığında, en düşük yüzey pürüzlülüğü 40 m/s hızla yapılan frezelemede elde edilmiştir. Bilindiği gibi soğutma sıvılarının hem soğutma hem de yağlama fonksiyonu bulunmasına karşın, havanın sadece



Şekil 3. Yüzey pürüzlülüğünün devir sayısı ile değişimi (Variation of the surface roughness with spindle speed)



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğünün soğutma yöntemi ve devir sayısı ile değişimi (Variation of the surface roughness with the cooling method and spindle speed)

soğutma fonksiyonu vardır [2]. Yüksek devirlerde soğutma sıvısı tam olarak kesici takım-iş parçası ara yüzeyine ulaşamadığı, yüksek hızdaki havanın ise kesme bölgesine daha kolay erişmesi ve aynı zamanda talaşların bu bölgeden daha hızlı ve kolay bir şekilde uzaklaştırması nedeniyle ısı etkilerinin azalması neticesinde daha iyi bir yüzey elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Şekil 4'ten de görüldüğü gibi, devir sayısını 780 dev/dak'dan 1330 dev/dak'ya çıkardığımızda, hava soğutma yöntemi (40 m/s'lik hızda) ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülüğündeki azalma, geleneksel soğutma yöntemi ile işlemeyle elde edilene göre daha fazla olmuştur.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde; iş parçasının en iyi yüzey pürüzlülük değeri karbür kesici takım, 40 m/s hızındaki hava ile işlemede, 2440 dev/dak devir sayısı ve 20 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir. En kötü yüzey pürüzlülük değeri ise HSS kesici takım, geleneksel soğutma yöntemi ile işleme, 780 dev/dak devir sayısı ve 80 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan deney çalışmalarından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- İlerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğü artarken, devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.
- İlerleme miktarındaki artış oranına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki artış oranı düşük devirlerde daha fazla iken, yüksek devirlere çıkıldıkça ilerlemedeki artış oranına göre yüzey pürüzlülüğündeki artış oranı azalmıştır.
- Karbür kesici takımla yapılan frezeleme işlemlerinde HSS takımlara göre daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. Yani kesici takımın sertlik, aşınma ve sürtünme özelliklerindeki artış yüzey kalitesini olumlu yönde etkilemiştir.
- Hava ile soğutma yönteminde yüksek devirlerde, geleneksel soğutma yönteminde ise düşük devirlerde daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.
- Hava ile soğutmada hava hızının artırılması sonucunda daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiştir.
- Yüksek hava hızı ile işlemede elde edilen yüzey pürüzlülüğündeki düşüş, geleneksel soğutma yöntemine göre daha fazla olmuştur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Youssef H.A., El-Hofy H., **Machining Technology: Machine Tools and Operations**, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.
2. Grzesik W., **Advanced Machining Processes of Metallic Materials: Theory, Modeling and**

**Applications**, Amsterdam: Elsevier Science and Technology, 2008.

3. Şahin, Y., **Talaş Kaldırma Prensipleri I**, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 2000.
4. Çakır, M.C., **Modern Talaş İmalat Yöntemleri**, Vipaş, Bursa, 2000.
5. Rahman, M., Kumar, S.A., Salam, M.U., "Evaluation of minimal quantities of lubricant in end milling", **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 18, 235–241, 2001.
6. Obikawa, T., Kamata, Y., Shinozuka, J., "High-speed grooving with applying MQL", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 46, 1854–1861, 2006.
7. Tan, X.C., Liu F., Cao H.G., Zhang H., "A decision-making framework model of cutting fluid selection for green manufacturing and a case study", **Journal of Materials Processing Technology**, 129, 467–470, 2002.
8. Rahman, M., Kumar, S.A., Salam, M.U., "Experimental evaluation on the effect of minimal quantities of lubricant in milling", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 42, 539–547, 2002.
9. De Lacalle, L.L.N., Angulo, C., Lamikiz, A., Sanchez, J.A., "Experimental and numerical investigation of the effect of spray cutting fluids in high speed milling", **Journal of Materials Processing Technology**, 172(1), 11–15, 2006.
10. Chern, G.L., "Experimental observation and analysis of burr formation mechanisms in face milling of aluminum alloys", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 46, 1517–1525, 2006.
11. Diniz, A.E., Ferreira, J.R., Filho, F.T., "Influence of refrigeration/lubrication condition on SAE 52100 hardened steel turning at several cutting speeds", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 43, 317–326, 2003.
12. Kishawy, H.A., Dumitrescu, M., Ng, E.G., Elbestawi, M.A., "Effect of coolant strategy on tool performance, chip morphology and surface quality during high-speed machining of A356 aluminum alloy", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 45, 219–227, 2005.
13. Itoigawa, F., Childs, T.H.C., Nakamura, T., Belluco, W., "Effects and mechanisms in minimal quantity lubrication machining of an aluminum alloy", **Wear**, 260, 339–344, 2006.
14. Ezugwu, E.O., Bonney, J., Da Silva, R.B., Çakır, O., "Surface integrity of finished turned Ti–6Al–4V alloy with PCD tools using conventional and high pressure coolant supplies", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 47, 884–891, 2007.
15. Attanasio, A., Gelfi, M., Giardini, C., Remino, C., "Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear", **Wear**, 260, 333–338, 2006.

16. Bruni, C., Forcellese, A., Gabrielli, F., Simoncini, M., “Effect of the lubrication-cooling technique, insert technology and machine bed material on the workpart surface finish and tool wear in finish turning of AISI 420B”, **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 46, 1547–1554, 2006.
17. Liu, J., Han, R., Sun, Y., “Research on experiments and action mechanism with water vapor as coolant and lubricant in Green cutting”, **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 45, 687–694, 2005.
18. Huseyinoğlu M., **7075 alüminyum alaşımının freze ile işlenmesinde Minimum soğutma sıvısı kullanmanın performans karakteristiklerine etkisi**, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2008.
19. Pawade, R.S., Joshi, S.S., Brahmankar, P.K., Rahman, M., “An investigations of cutting forces and surface damage in high-speed turning of inconel 718”, **Journal of Materials Processing Technology**, 192-193, 139-146, 2007.
20. Davidson, M.J., Balasubramanian, K., Tagore, G.R.N., “Surface roughness prediction of flow-formed AA 6061 alloy by design of experiments”, **Journal of Materials Processing Technology**, 202, 41-46, 2008.
21. Ozben, T., Kilickap, E., Çakır, O., “Investigation of mechanical and machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC”, **Journal of Materials Processing Technology**, 198, 220-225, 2008.
22. Lalwani, D.I., Metha, N.K., Jain, P.K., “Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, 206 (1-3), 167-179, 2008.
23. Shaw, M.C., **Metal Cutting Principles**, Oxford University Press, London, 1984.
24. Korkut I., Korkut, I., Donertas, M.A. “The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling”, **Materials and Design**, 28,308-312, 2007.
25. Dhar, N.R., Kamruzzaman, M., Ahmed, M., “Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, 172, 299–304, 2006.
26. Habalı K., Gökkaya H., “Kaplamaşız sementit karbür kesici takımlarla takım-talaş ara yüzey sıcaklığının deneysel olarak araştırılması”, **Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 11(1), 115-121, 2005.
27. Gökkaya H., Sur G., Dilipak H., “PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımların işleme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, **Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi**, 7(3), 473-478, 2004.
28. Trent, E.M., Wright, P.K. **Metal cutting**, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, Woburn, MA, 2000.