EŞİT KANAL AÇISAL PRESLEME VE YAŞLANDIRMA İŞLEMLERİ UYGULANAN AA 7075 ALAŞIMININ TALAŞLI İMALATINDA KESME KUVVETLERİNİN İNCELENMESİ

Uğur Şevik
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
sevikugur@hotmail.com

Mehmet Uçar
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
ucarm@kocaeli.edu.tr

Hasan Kaya
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Metalurji Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Abdulkadir Cengiz
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
akcengiz@kocaeli.edu.tr

Soner Yazgı
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
soner_yazgi@hotmail.com

Özet
Bu çalışmada aşırı plastik deformasyon yöntemlerinden biri olan eşit kanal açısal presleme (EKAP) ve yaşlandırma prosesleri AA 7075 malzemesinin mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. İşlemler sonrasında elde edilen malzemenin başlangıç malzemelerine göre talaşlı imalatı sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin incelenmesi çalışmanın başlıca amacını oluşturmaktadır. AA7075 malzemesi, mekanik özellikleri çeşitli yöntemlerle geliştirilmeye açık hafif ve ekonomik bir malzemedir. Bu sebeple özellikle uzay, havacılık ve otomotiv sanayinde sıklıkla kullanılan bir malzemedir. Yapılan çalışmada AA 7075 malzemesi için; homojenizasyon, T6 ısıl işlemi, EKAP, EKAP + suni yaşlandırma işlemleri ön deney parametreleri olarak seçilmiştir. Talaşlı imalat aşamasında kesme kuvveti ölçümleri için loadcell entegreli torna tezgahı kullanılmıştır. Tornalama işlemlerinde sırasıyla 0.05mm, 0.1mm, 0.15mm, 0.20mm ve 0.25mm talaş derinlikleri parametreleri olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmaların sonucunda en yüksek kesme kuvveti AA7075 T6 malzemesinde görülürken diğer gruplarda benzer kesme kuvveti değerleri görülmüştür. Ancak bütün gruplarda talaş derinliği parametresinin artışı kesme kuvvetlerini arttırmıştır.

Anahtar Kelimeler: AA7075, Aşırı Plastik Deformasyon, EKAP, Kesme Kuvveti, Yaşlandırma

INVESTIGATION OF CUTTING FORCES IN MACHINING OF AA 7075 ALLOY APPLIED WITH EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING AND AGING PROCESES

Abstract
In this study, Equal Channel Angular Pressing (ECAP), which is one of the Severe Plastic Deformation (SPD) methods and aging processes were used to improve the mechanical properties of AA 7075. The main purpose of the study is to examine the cutting forces that occur during the machining of the material obtained after the processes according to the starting materials. AA7075 material is a light and economical material whose mechanical properties can be improved by various methods. For this reason, it is a material frequently used in aerospace, aviation and automotive industries. In this study; homogenization, T6 heat treatment, ECAP, ECAP + artificial aging processes were selected as pre-test parameters for AA 7075 material. Loadcell integrated lathe was used for cutting force measurements in the machining process. In turning processes, depts of cuts are respectively 0.05mm, 0.1mm, 0.15mm,

DRAFT

0.20mm and 0.25mm were used as parameters. As a result of studies, the highest cutting force was seen in AA7075 T6 material, while similar cutting force values were observed in other groups. However, the increase in depth of cut parameter in all groups increased the cutting forces.

Keywords: AA7075, Severe Plastic Deformation, ECAP, Cutting Force, Aging

1. GİRİŞ

Rekabetin gittikçe şiddetlendiği günümüz piyasa koşulları, işletmeleri, kaliteli ürünleri düşük maliyetlerle üretmeye zorlamaktadır. Bu gereklilik, endüstride kullanılmak üzere yeni nesil malzemelere ilgi ve yönelişi arttırmaktadır. Özellikle mühendislik tabanlı üretim uygulamalarında ekonomik, hafif ve yüksek mukavemet özellikleri gösteren işlenebilir malzemelere ihtiyaç artmaktadır. Bu malzemeler arasında alüminyum ve alaşımları üretici beklentilerini karşılayabilmesi nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Savunma sanayi ve havacılık sanayindeki kullanılan alüminyum alaşımları içerisinde özellikle yaşlandırılabilir AA7075 alaşımı üstün mekanik özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Dişliler ve şaftlar, uçak bağlantı parçaları, sayaç milleri ve dişliler, sonsuz dişliler, sigorta parçaları, füze parçaları, anahtarlar, bisiklet şasileri, tüm arazi aracı (ATV) zincir dişlileri, ayar valf parçaları vs. AA7075 alaşımının kullanım yerleri içerisinde yer almaktadır. AA7075 alaşımı kalıp sanayinde de sıklıkla kullanılmaktadır (plastik enjeksiyon kalıpları gibi, otomotiv iç trim kalıpları vb.) (Aydın ve Tunçel, 2019).

Mevcut metalik malzemelerin kimyasal yapısını bozmadan mukavemet özelliklerinin artırılmasına yönelik çalışmalar özellikle son yıllarda oldukça yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Aşırı Plastik Deformasyon (APD) tane büyüklüğü 10-1000 nm aralığında değişen ultra ince taneli metallerin üretilmesinde etkili bir yöntemdir. Malzemelere nispeten düşük sıcaklıklarda (genellikle ergime sıcaklığının 0,4 katından az) ve geometrik boyutlarında önemli bir değişiklik olmaksızın uygulanması APD işleminin en temel özelliğidir. Bu işlem, malzemenin serbest bir şekilde akmasını önlemek suretiyle önemli bir hidrostatik basınç oluşturmaktadır. İnce taneli yapı elde edilebilmesi için gerekli olan hidrostatik basınç yüksek gerinimlerin elde edilebilmesini ve beraberinde malzeme içerisinde yoğun kafes kusurlarının oluşturulmasını sağlamaktadır (Valiev ark., 2013). APD yöntemleri içerisinde şekil kısıtlaması olan geleneksel yöntemlerden farklı olarak şekil kısıtlaması olmayan ve daha kolay bir işlem olan Eşit Kanallı Açısal Presleme (EKAP) uygulaması esasen, basit kayma hareketi ile yüksek gerilme uygulanarak, malzemenin, kesit alanlarını değiştirmeksizin aşırı plastik deforme edilmesidir (Kaya, 2013).

EKAP yöntemi; işlem sonrasında numunenin kesitlerinde değişmelerin olmaması, oluşan deformasyonun lokalize ve homojen olması ve artık gözeneklerin bulunmaması, diğer talaşlı işlemlere elverişli olması ve en önemlisi de malzemeye sertlik özelliği kazandırırken diğer geleneksel yöntemlerin aksine malzemenin sünekliğinin azalmaması gibi avantajlarından ötürü diğer aşırı plastik deformasyon yöntemlerine göre daha çok kullanılmaktadır (Özbeyaz ark., 2020). EKAP işlemi sırasında numunenin kalıba giriş ve çıkış kesitlerinde değişim olmamakta ve dolayısıyla işlem aynı numuneye çok kez uygulanarak numunede yüksek miktarda gerinim biriktirilmesi söz konusu olmakta ve en yüksek birim şekil değişimi değerine ulaşılabilmektedir (Furukawa ark., 2001; Iwahashi ark., 1997). EKAP işlemiyle elde edilen tane büyüklüğü ve homojenlik için geçiş sayısı önemli bir parametredir. EKAP işleminin düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi hem mümkün olan en küçük eş boyutlu tane yapısının elde edilmesini, hem de ulaşılabilecek maksimum yüksek açılı tane sınırlarının oluşturulmasını sağlamaktadır (Valiev ark., 2006).

Malzemelerin mekanik özelliklerini değiştiren iç yapısındaki farklılaşmalar, kimyasal bileşimin değiştirilmesi veya malzemeye uygulanan mekanik ve ısıl işlemler sayesinde gerçekleşmektedir (Geçkinli, 2003). Bir malzemenin en önemli mekanik özelliklerinden biri mukavemettir. Mukavemeti arttırmak için kullanılan mekanik ve ısıl işlem yöntemlerinden biride yaşlandırma (çökelme sertleşmesi) işlemidir. Yaşlandırma, malzeme içinde daha az miktarda bulunan ikinci fazın tanecikler halinde ana faz içerisinde çökeltilmesinin sağlanması ve bu sayede malzemede mukavemet artışının elde edilmesidir (Kayalı, 1991). Alüminyum alaşımlarının geliştirilmesinde rol oynayan en önemli gelişme mukavemetin yaşlandırmayla (çökelme sertleşmesi) arttırılabileceğinin bulunmasıdır (Bargel ark.,

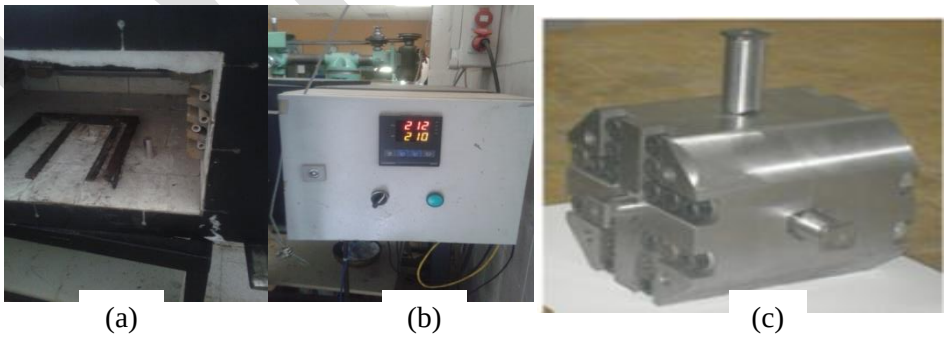
2004; Polmear ark., 1981; Polmear, 2004; Pogatschar ark., 2014). Alüminyum alaşımlarında sertlik ve mukavemetin çeşitli işlemlerle arttırılabilmesi alaşımların kullanım alanlarının genişlemesini sağlamıştır (Demirci ark., 2002; Dursun ve Soutis, 2014; Hirsch, 2014; Polmear ark., 2017). Bu özelliklerle beraber alüminyum alaşımlarının endüstrideki yaygın kullanıma neden olan faktörler arasında işlenebilirliğinin iyi olması, imal kolaylığı, yüksek elektrik ve ısıl iletkenliğe sahip olması, korozyona dayanıklı olması, ani yüklemelere karşı yüksek elastikliğe sahip olması ve düşük sıcaklıklarda tok bir malzeme olması sayılabilir (Singh ark., 2000). Alüminyumdan üretilmiş hafif ve yüksek dayanım özellikleri gösteren yapısal bileşenler özellikle uzay, havacılık, otomotiv ve inşaat sanayinde geniş kullanım alanı bulmaktadır (Florea ark., 2012; Hayat, 2012).

Talaşlı imalatın amacı, iş parçasının belirli bir şekil ve boyuta getirilmesi için talaş oluşturma işlemidir. Talaşlı imalat, bir talaş oluşturma işlemi olmasının yanında, aynı zamanda, bir talaş kırma işlemidir. Kesim işleminin gerçekleştiği bölgede talaşın kısılması ve talaşın kontrollü bir şekilde ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Talaşlı imalat sırasında oluşan ısının büyük bir bölümü talaşla birlikte ortamdan uzaklaşır (Çakır, 2018). Tornalama işlemleri talaşlı şekillendirmenin büyük bir kısmını kapsamaktadır (Taşlıyan ark., 2007).

Kesme kuvveti talaşlı imalat işlemlerinde gerçekleşen kesme olayının en iyi göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Dong ark., 2006). Literatürde AA7075 alaşımı malzemenin EKAP ve yaşlandırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra kesme kuvvetlerinin çap katmanlarına göre incelendiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.. Bu çalışmada, Eşit Kanallı Açısal Presleme (EKAP) yöntemiyle aşırı plastik deforme edilmiş AA7075 alaşımı malzemenin talaşlı imalatında çap katmanlarına göre kesme kuvvetlerine yaşlandırma işleminin etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

EKAP ve suni yaşlandırma işlemlerinden sonra elde edilen malzemenin başlangıç malzemelerine göre talaşlı imalatı sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin incelenmesi çalışmanın başlıca amacını oluşturmaktadır. Deneysel çalışma için Ø20x2000mm boyutunda AA7075 alaşımı (Si:0.4, Fe: 0.5, Mn: 0.3, Cu: 1.2-2.0, Mg: 2.1-2.9, Zn: 5.1-6.1, Cr: 0.18-0.28 ,Ti: 0.20, Diğer: 0.15, Kalan: Al) malzemeden Ø19.80x55 mm boyutlarında hazırlanan 12 numune kullanılmıştır. Numunelere 480 derecede inç başına 1 saat olacak şekilde 2 saat boyunca gerilim giderme tavlaması yapılmıştır. Sonrasında, 6 adet numune Hexa-EKAP (Hasan Kaya 2013) kalıbında 210 derecede inç başına 1 saat olacak şekilde 2 saat boyunca ısıtılmış ve 1 paso olarak aşırı plastik deformasyon işlemi uygulanmıştır. EKAP işlemi sırasında molibdenli katı ve sıvı yağ kullanılmıştır.



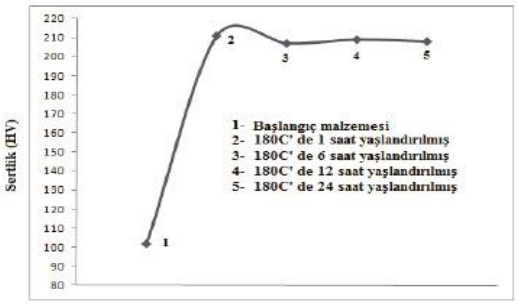
(a) (b) (c)

Şekil 1. (a) Fırın, (b) Fırın Sıcaklığı ve (c) Hexa-EKAP (Hasan Kaya, 2013) Kalıbı

Aşırı plastik deforme edilmiş parçaların 3 adedi önceden ısıtılmış fırında 180 ˚C'de 1 saat bekleme süresiyle fırınlanarak suni yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 2. (a) EKAP işlemi sırasında kullanılan pres, (b) Başlangıç malzemesi ve yaşlandırılan malzemenin sertlik değerleri (Kaynak: Kaya ark., 2010)

Her bir numuneden çapta 1,5 mm talaş kaldırılmak suretiyle 18-16,5, 16,5-15, 15-13,5, 13,5-12, 12-10,5, 10,5-9, 9-7,5, 7,5-6, 6-4,5 olmak üzere 9 veri grubu oluşturulmuştur. Bu veri gruplarında 0,05-0,10-0,15- 0,20 - 0,25 mm talaş derinliğinde yaygın olarak kullanılan KNUX 16 04 05 R11 kesici takım ucu ile silindirik tornalama yapılarak yukarıda bahsedilen çap ölçülerinde işlenmiştir. 3 adet homojenizasyonlu, 3 adet AA 7075 T6 ısıl işlemli, 3 adet EKAP 1 paso ve 3 adet EKAP + Suni yaşlandırılmış malzeme olmak üzere toplamda 12 numune işlenmiştir.

Tablo1. Talaş derinlikleri

Talaş Derinliği (mm)	Çaptaki Paso Kalınlığı (mm)
0,05	0,1
0,1	0,2
0,15	0,3
0,2	0,4
0,25	0,5
Toplam	1,5

Tablo2. Veri Grupları ve Çap Ölçüleri

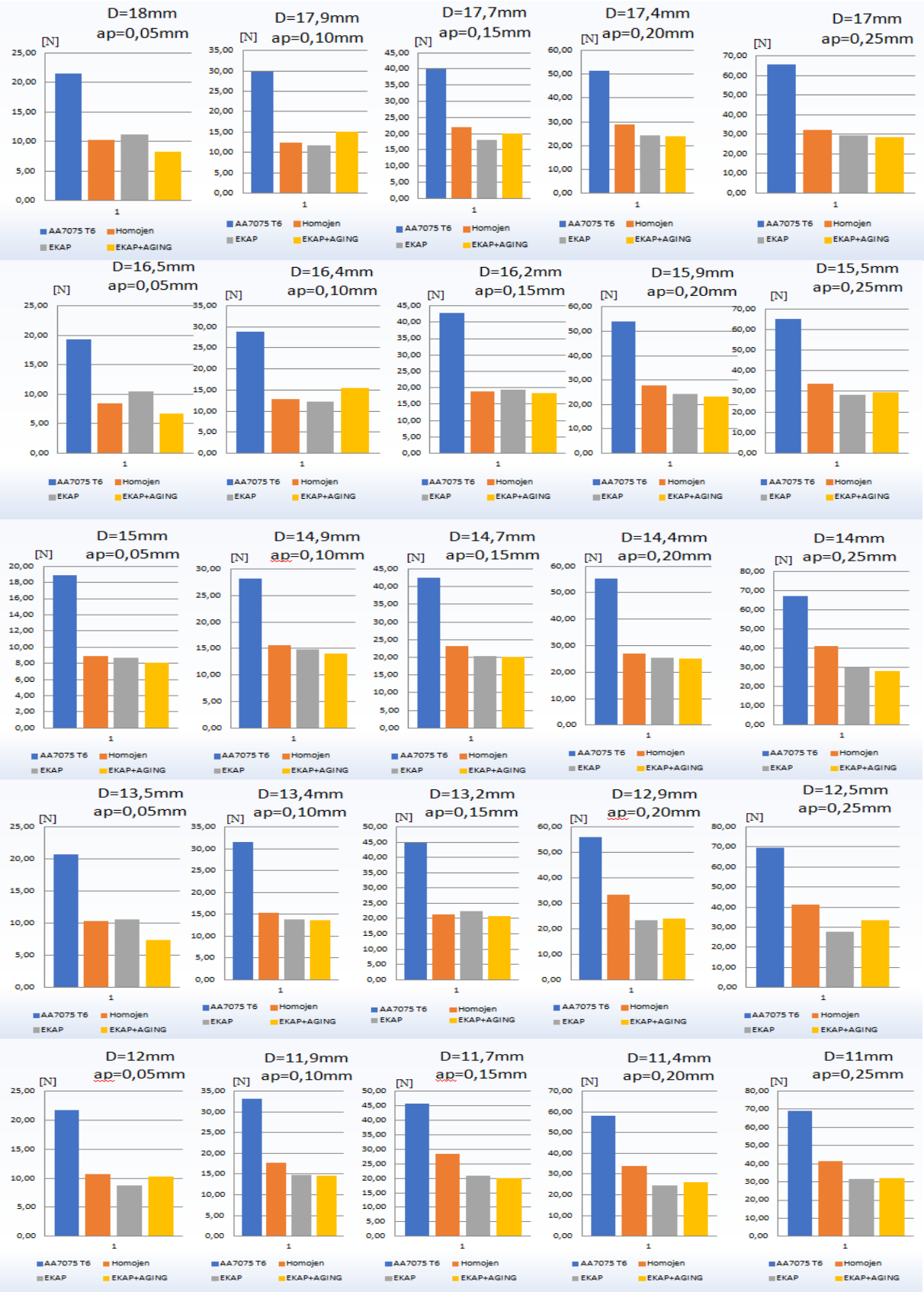
Her Bir Numune için			
Veri Aralıkları	Paso Sayısı	Büyük Çap (mm)	Küçük Çap (mm)
1.Veri Aralığı	5	18	16,5
2.Veri Aralığı	5	16,5	15
3.Veri Aralığı	5	15	13,5
4.Veri Aralığı	5	13,5	12
5.Veri Aralığı	5	12	10,5
6.Veri Aralığı	5	10,5	9
7.Veri Aralığı	5	9	7,5
8.Veri Aralığı	5	7,5	6
9.Veri Aralığı	5	6	4,5
Toplam	45	4,5	3

Çalışmada talaşlı imalat işlemleri 1000 rev/min hızında ve 0,11mm/rev ilerleme hızında boyuna tornalama yöntemiyle yapılmıştır. Kesme kuvvet ölçümleri Curiosity Curiotech Cmas Multi-Axis Loadcell ile yapılmıştır ve ölçülen değerlerin bilgisayara aktarımı için DEWE-43A datalogger ve DEWEsoft X3 yazılımı kullanılmıştır. Kuvvetler kilogram kuvvet (kgf) birimi ile ölçülmüştür ve newton (N) birimine çevrilmiştir. Her bir pasoyu temsil eden veriler uygun bir şekilde isimlendirilerek kayıt altına alınmıştır. Kuvvetler excel hesaplama tablosuna dönüştürülmüş ve aritmetik ortalamaları hesaplanarak o pasoyu temsil eden kuvvet olarak kayıt altına alınmıştır. Aynı malzeme türünden, aynı çap ve talaş derinliklerine ait kuvvetlerin aritmetik ortalamaları alınarak kuvvet ölçümlerinin doğruluklarının arttırılması sağlanmıştır. Kuvvetler için hazırlanmış hesap tablolarında (excel) grafikleştirilerek görselleştirilmişlerdir.

3. SONUÇ

Kesme kuvvetlerine ait grafikler (Şekil 3)'te gösterilmektedir. Grafiklerde dikey eksen kesme kuvvetlerini N birimi olarak göstermektedir. İşlendiği çap ve talaş derinlikleri grafiklerde belirtilmiştir.

1000 rev/min devir sayısı için 18 mm çapta kesme hızı 56,5 m/min iken kesme hızı en son talaş kaldırmanın gerçekleştiği 5 mm çapta 15,7 m/min olarak gerçekleşmektedir.





Şekil 3. Kesme kuvvetleri grafikleri

4. TARTIŞMA

Çalışmada her bir malzeme gurubundan 3' er adet olmak üzere 12 adet numune işlenmiştir. Her bir malzemeden 45 paso talaş kaldırılmıştır. Böylece çalışma boyunca 540 paso talaş kaldırılmıştır. Birbirinden farklı özelliklerde ki malzemelerde aynı malzeme çaplarına aynı talaş derinliklerinin denk gelecek şekilde çalışmanın kurgulanmış olması malzemelerin birbirlerine göre değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Aynı malzeme grubunda farklı çaplarda aynı talaş derinliklerinin kullanılmış olması da çap farklarının etkisini gözlemlememize olanak tanımıştır. Sabit tutulan kesme parametreleri ilerleme hızı, kesici takım, kesici takım açıları, tornalama yöntemi (boyuna tornalama), sabit devir hızıdır ve numunelerin hepsi aynı torna tezgahında işlenmiştir. 1000 rev/min devir hızında 18 mm çap ölçüsünde kesme hızı 56,5 m/min, 5 mm çap ölçüsünde ise 15,7 m/min olarak gerçekleşmiştir. İlerleme hızı 0,11 mm/rev olarak sabit tutulmuştur. Ayrıca talaş derinlikleri değiştirilerek talaş derinliğinin kesme kuvvetine etkisi incelenmiştir.

Şekil 3' te bulunan grafikleri incelediğimizde düşen kesme hızına rağmen kesme kuvvetlerinde önemli bir değişiklik görülmemiştir. Şekil 3' te bulunan grafikleri incelediğimizde en yüksek kesme kuvveti AA7075 T6 malzemesinde görülürken diğer gruplarda benzer kesme kuvveti değerleri görülmüştür. Şekil 3' te bulunan grafikleri incelediğimizde bütün gruplarda talaş derinliği parametresinin artışı kesme kuvvetlerini arttırmıştır. Şekil 3' te bulunan grafikleri incelediğimizde homojenizasyon işlemi yapılmış, EKAP işlemi uygulanmış malzemelerde ve EKAP işlemi uygulandıktan sonra suni yaşlandırma ısıl işlemine tabii tutulmuş malzemelerle kesme kuvvetleri benzer ölçülmüştür.

KAYNAKÇA

Aydın, H. ve Tunçel, O. 2019. AA7075 alüminyum alaşımında çözme tavı sıcaklığının yaşlanma davranışına etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(1), 317-330

Bargel, H. J. ve Schulze G. (2004) Werkstoffkunde, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 282-288.

Çakır, M. C. (2018), Modern Talaşlı İmalatın Esasları, DORA Basım-Yayın Dağıtım, Bursa

Demirci A.H., Yiğit K. ve Aydın H. 2002. Effect of intermetallic phase particles implanted before ageing in Al-Cu-Mg alloys on wear behaviour, 6th International Symposium INSYCONT'02 New Achievements in Tribology, 273-279

Dursun, T. ve Soutis, C. 2014. Recent developments in advanced aircraft aluminium alloys, Materials & Design, 56, 862-871

Geçkinli, E., (2003). Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlemi, 2. Isıl İşlem Sempozyumu, İstanbul, 5-13

Dong, J., Subrahmanyam, K. V. R., Wong, Y. S., et al. (2006). Bayesian-inference-based neural networks for tool wear estimation, International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 30(2006) 797-807

Florea, R.S., Solanki, K.N., Bammann, D.J. Baird, J.C. , Castanier M.P., 2012. Resistance spot welding of 6061-T6 aluminum: Failure loads and deformation, Materials and Design, 34 (2012), 624–630

Furukawa, M., Horita, Z., Nemoto, M., Langdon, T.G. 2001. Processing of Metals By Equal – Channel Angular Pressing, Journal of Materials Science, 36, p. 2835 – 2843.

Hayat ,F. 2012. Effect of aging treatment on the microstructure and mechanical properties of the similar and dissimilar 6061-T6/7075-T651 RSW joints, Materials Science & Engineering A, 556(2012) 834–843

Iwahashi Y., Horita Z., Nemoto M. and Langdon T. G. 1997. An investigation of microstructural evolution during equal-channel angular pressing, Acta mater. 45 (11), 4733-4741

Kaya, H. (2013), Eşit Kanal Açısal Presleme (Ekap) Ve Yarı Katı İşlemle Üretilen AA7075 Alaşımının Mikroyapı, Sertlik Ve Yorulma Davranışının İncelenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Kayalı, E.S. (1991), Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları, İTÜ Yayınları, İstanbul.

Hirsch, J. (2014) Recent development in aluminium for automotive applications, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24, 1995-2002

Özbeyaz, K., Kaya, H. ve Kentli, A. 2020. Eş kanallı açısal presleme (ekap) yapılan aa6082 alaşımının işlenebilirliğinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi, International Marmara Sciences Congress (Autumn) 2020, 423-429

Pogatscher S., Antrekowitsch H., Werinos M., Moszner F., Gerstl S.S.A., Francis M.F., Curtin W.A., Löffler J.F. ve Uggowitzer P.J. (2014). Diffusion on demand to control precipitation aging: application to Al-Mg-Si alloys, Physical Review Letters, 112(12)

Polmear I., StJohn D., Nie J.-F. ve Qian M. (2017) Light alloys, Elsevier Ltd

Polmear I.J. (2004) Aluminium alloys – A century of age hardening, Proceedings of the 9th International Conference on Aluminium Alloys

Polmear I.J. (1981) Light Alloys, Edward Arnold Ltd., London

Singh, M., Jha A. K., Das S., Yegneswaran A. H. 2000. Preparation and properties of cast aluminium alloy-granite particle composites, Journal of Materıals Science 35(2000) 4421 – 4426

Taşlıyan A, Acarer M., Şeker U., Gökkaya H. ve Demir B. 2007. Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde kesme parameterelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 22 (1), 1-5

Valiev, R. Z., Zhilyaev, A. P., and Langdon, T. G., (2013). Bulk Nanostructured Materials: Fundamentals and Applications, John Wiley and Sons Inc Hoboken Newjersey

Valiev, R.Z., Langdon, T.G., 2006. Principles of EqualChannel Angular Pressing as a Processing Tool for Grain Refinement, Progress in Materials Science, 51(7), 881–981