EŞ KANALLI AÇISAL PRESLEME (EKAP) YAPILAN AA6082 ALAŞIMININ İŞLENEBİLİRLİĞİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Kerim ÖZBEYAZ
Bitlis Eren Üniversitesi / Mühendislik Mimarlık Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
kozbeyaz@beu.edu.tr

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi / Hereke Asım Kocabıyık MYO / Makine Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Aykut KENTLİ
Marmara Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
akentli@marmara.edu.tr

Özet

Aşırı plastik deformasyon (APD) yöntemi, malzemelerin mikro yapılarında ultra ince taneli bir yapı oluşturabilmesi sayesinde özellikle mekanik anlamda iyileşmeler elde edilebilmesi amacıyla sıklıkla başvurulan çalışma yöntemlerindendir. Son yıllarda proses değişkenlerine izin veren kalıp tasarımları ve bu tasarımlar ile doğrudan ilişkili olarak malzemelerdeki mikroyapı değişimleri APD yöntemlerinin tercih sebeplerini artırmaktadır. Kullanılan bu yöntem içerisinde ise en çok dikkat çekeni Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) yöntemidir. EKAP, malzemenin katı halde iken kalıp kanalından/kanallarından presleme işlemi yapılması sonucunda malzemenin tane yapılarında yönlenmelere, varsa ikincil faz elementlerinin çökelmesine ve taneler arası boşluklarının azalmasını sağlayarak malzemenin sertliği, tokluğu, çekme ve yorulma mukavemeti değerlerinde artış gibi mekanik özelliklerinin iyileşmesini pozitif yönde etkilemektedir. Alüminyum AA6082 alaşımları; içeriğindeki Mg ve Si elementleri ile yüksek korozyon dayanımına sahiptir ve mukavemet kütle oranının yüksek olması ile otomotiv, savunma sanayi, inşaat ve demir yolu vagonları gibi kullanımlar için sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında; ısıl tavlanmış, EKAP ile 1 geçiş, 2 geçiş, 3 geçiş ve 4 geçiş deformasyon oluşturulmuş AA6082 alaşımının işlenebilirliğinin incelenmesi amacıyla freze tezgahında 400 mm/rpm, 800 mm/rpm ve 1200 mm/rpm ilerleme hızlarında ve 0.3 mm, 1 mm ve 1.5 mm kesme derinliklerinde aynı freze çakısı ve devirde işlenerek yüzey pürüzlülüklerinin ölçümleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: EKAP, AA6082, Yüzey Pürüzlülüğü, İşlenebilirlik

INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS IN MACHINABILITY OF AA6082 ALLOY PROCESSED BY EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING (ECAP)

Abstract

Severe Plastic Deformation (SPD) method is one of the frequently used method in order to achieve mechanical improvements, thanks to the ability to create an ultra-fine-grained structure in the microstructure of the materials. In recent years, the preference of SPD methods has increased due to the allowance of different process variables and microstructure changes in materials which directly related to these die designs. Among this method used, the most convincing one is the Equal Channel Angular Pressing (ECAP) method. ECAP process positively affects the improvement of mechanical properties of the material such as hardness, toughness, increase in tensile and fatigue strength values by providing orientation in the grain structure of the material, precipitation of secondary phase elements, if any, and reduction of intergranular spaces as a result of the pressing process from the die channel / channels when the material is in a solid state. Aluminium AA6082 alloys; has high corrosion resistance with Mg and Si elements in its content and is frequently preferred for uses such as automotive, defense industry, construction and railway wagons due to its high strength to mass ratio. In this study; one annealed workpiece and one pass, two pass, three pass, and four pass ECAP'ed AA6082 alloy workpieces are

first operated in the milling machine with the same cutting tool and rotational speeds. Additionally, the feed rates are selected as 400 mm/rpm, 800 mm/ rpm, and 1200 mm/ rpm and the depth of cut parameters are selected as 0.3 mm, 1 mm, and 1.5 mm. Finally, the surface roughness values were measured and compared with each other.

Key Words: ECAP, AA6082, Surface Roughness, Machinability

GİRİŞ

Aşırı Plastik Deformasyon (APD) malzemelerim mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapılabilmesi hedeflenerek Rus bilim adamları tarafından 1970'li yıllarda ortaya konulan ve malzeme alanında çalışmalar yapan araştırmacıların ilgisini çeken önemli yöntemlerden birisidir. Temel prensip olarak malzemeye ultra büyüklükte gerilmeler uygulanması sonucunda malzemeyi oluşturan tanelerin 1 µm veya altındaki ölçeklerde küçülmesiyle yani ultra küçük tane boyutlarında (Ultra Fine Grains (UFG)) yapıların elde edilmesi yöntemidir (Valiev et al. 2016). Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde APD yöntemi olarak; Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) (Segal 1999), Yüksek Basınçlı Burulma (HPT), Büküm ekstrüzyon, Birikmeli Rulo Yapıştırma (ARB) (Srinivas et al. 2013), Çok Eksenli Dövme (MDF), Döngüsel Ekstrüzyon ve Sıkıştırma, Tekrarlayan Ondülasyon ve Doğrultma (RCS), (Valiev et al. 2016) gibi çeşitli yöntemler bulunmuştur. Ancak tüm yöntemler arasında; 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 EKAP yöntemi APD yöntemleri içinde en çok çalışılan yöntemlerin başında geldiği görülmüştür. EKAP yöntemi ilk olarak Segal ve arkadaşları tarafından ortaya konulan bir yöntemdir. Bu yöntem kısaca; malzeme yeniden kristalleşme sıcaklığının altında iken giriş ve çıkış kesitleri aynı olan, genellikle birbirine dik olmakla birlikte 75 ile 145 dereceler arasında değişiklik gösterebilen kalıp kanallarından hidrolik pres kullanılarak geçirilmesi prensibine dayanmaktadır. Bu işlem sayesinde malzemeyi oluşturan her bir taneye ultra büyüklüklerde gerilmeler uygulanması sonucunda; malzemeyi oluşturan taneler arasındaki boşluklar minimize edilmiş, yine malzemeyi oluşturan tanelerin kalıp açısına bağlı olarak yönlenmeleri sağlanmış olacaktır. Ayrıca malzeme saf malzeme değil ise bu işlem sırasında tane sınırlarında ikincil faz elementlerinde çökelmeler artacaktır. Malzemenin bu sayılan durumlara maruz kalması başta sertlik olmak üzere malzemenin mekanik özelliklerinde iyileşmelere sebep olmaktadır. EKAP yönteminin daha verimli hale getirilmesi amacıyla kalıptan çıkarılan numuneler tekrar aynı kalıp kanalına yerleştirilerek bu presleme işlemi tekrarlanmaktadır. Yapılan bir defa kalıp kanalından geçirme işlemi "geçiş sayısı veya paso sayısı" olarak adlandırılmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde paso sayısının artması; doygunluk olana kadar, malzemenin yukarıda detaylı anlatılan sebeplerden kaynaklı olarak mekanik özelliklerini de arttırdığını göstermektedir. Paso işlemi yapılarken dikkat edilmesi gereken husus malzeme kalıptan çıkarıldıktan sonra tekrar hangi açı ile kalıba yerleştirildiğidir. "Rota" olarak adlandırılan bu işlem; malzemenin tane yapılarında istenilen yönlenmeleri meydana getirecek olan kayma gerilimlerinin oluşma açısını doğrudan etkileyeceğinden dolayı göz ardı edilmemesi gereken önemli bir EKAP parametresidir. Kolay uygulanabilir olması ile seri imalata uygun olan EKAP yönteminin dezavantajı ise şimdilik sadece küçük boyuttaki parçalar için kullanılabilir olmasıdır. Bu nedenle somun, cıvata perçin gibi bağlantı elemanlarının üretiminde veya küçük ölçekli makine parçalarının üretilmesinde kullanılabilmektedir.

Freze işlemleri talaşlı işlemler içerisinde tornalama işlemleri ile birlikte çok sık kullanım alanına sahip bir metal işleme yöntemidir. Bu işlemler işlenecek malzemenin özelliklerine göre belirlenen uygun parametrelerde işlenmelidirler. Uygun işleme parametrelerinde frezeleme işlemi yapılmayan malzemelerin hem kullanım ömürleri azalmaktadır hem de üretilmesi esnasındaki maliyetlerinin gereğinden fazla artmasına neden olmaktadır. Bu parametreler öncelikle işlenecek malzemenin cinsi, kesme derinliği, ilerleme hızı, kesici takımın dönme hızı, kesici takımın malzemesi gibi parametrelerdir. İşlenecek malzemenin özelliklerine göre işlem parametrelerinin doğru seçilip seçilmediğinin en büyük göstergesi ise yüzey pürüzlülüğü değerinin ölçülmesi ile tespit edilebilmektedir. Eğer malzemeye uygun parametrelerde talaşlı işlem yapılmazsa malzemelerin yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür. Üretim kalitesi açısından yüzey pürüzlülüğü, mekanik parçaların performansını doğrudan

etkilemesi ve aynı zamanda üretim maliyetine büyük ölçüde etkilemesi açısından önemli bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü malzemelerin yorulma davranışı, korozyon direnci, sürünme ömrü (creep life) gibi mekanik özellikler üzerinde etkisi olduğu gibi, sürtünme, aşınma, ışık yansıması, ısı iletimi, yağlama, elektriksel iletkenlik gibi parçaların diğer işlevsel özelliklerini de etkilemektedir.

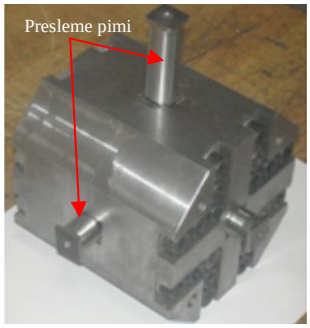
Bu çalışma kapsamında APD yöntemlerinden EKAP yönteminin malzemelerin işlenebilirlik özelliği üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla ilk olarak EKAP ile 1 paso, 2 paso, 3 paso ve 4 paso işlenmiş AA6082 alaşımı ile tavlanmış AA6082 alaşımının belirlenen parametrelerde freze tezgahında talaşlı imalat işlemi yapılacaktır. Kullanılan freze tezgahının kapasitesine göre ve literatürde yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiş olan; 0.3mm, 1mm ve 1.5mm kesme derinliklerinde (D) ve 400mm/ rpm, 800mm/ rpm ve 1200mm/ rpm ilerleme hızlarında (F) talaş kaldırma işlemi yapılan numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmesi planlanmıştır. Böylelikle EKAP işleminin ve paso sayısının malzemelerin işlenebilirlik üzerindeki etkisi incelenmiş olarak karşılaştırmalar yapılması hedeflenmektedir.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında ilk olarak temin edilen AA6082 alaşımları EKAP işlemine hazır hale getirebilmek amacıyla Şekil 1a'da görüldüğü gibi 19,8mm çapında ve 60mm uzunluğunda olacak şekilde torna tezgahında işlenerek istenilen geometriye getirilmiştir. Sonrasında bu parçalara; taneciklerin daha homojen bir yapı kazanabilmesi amacıyla 460 ºC sıcaklıkta 2 saat sürede ısıl tavlama işlemi yapılmıştır. Tavlanmış olarak hazırlanmış olan numuneler; Şekil 1b'de görülen, Hasan Kaya tarafından geliştirilip literatüre sunulan ve EKAP işlemleri esnasında meydana gelebilecek olan rotasyon sorunlarını ortadan kaldıran Hexa-EKAP kalıbı kullanılarak 210 ºC sıcaklıkta preslenmiştir. Şekil 1c' de de bir tanesinin görüldüğü gibi söz konusu Hexa-EKAP kalıbından çıkan 1 paso, 2 paso, 3 paso ve 4 paso EKAP yapılmış numuneler 2006 Çin üretimi Vouga 2s markalı üniversal freze tezgahında işlenmeden önce presleme pim izlerinin ve çapaklarının giderilmesi amacıyla torna tezgahında işlenmiştir. Daha sonra Tablo 1 de belirlenen parametrelerde bütün numuneler, ayrı ayrı Şekil 1d'de gösterilen 12mm çapındaki kesme çakısı ile alın frezeleme işlemi yapılmıştır. Böylelikle beş farklı malzeme için tekrarlanan dokuz parametre için toplam 45 adet işlem yapılmıştır.



Şekil 1. (a) AA6082 Numune



(b) Hexa-EKAP çizim ve kalıbı(Hasan Kaya 2013)



(c) Hexa-EKAP kalıbından çıkan numune



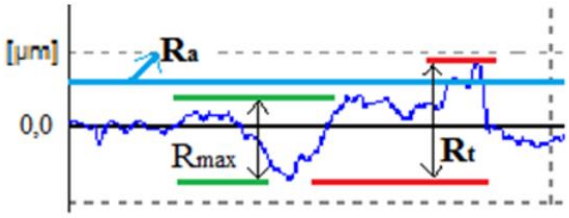
(d) Kullanılan freze çakısı

Tablo 1 Freze işleme parametreleri

#	İlerleme Hızı (mm/rpm)	Kesme Derinliği (mm)
1	400	0,3
2	800	1
3	1200	1,5

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla "MarSurf M300C" marka ölçüm cihazı kullanılarak her malzeme için işlenen yüzeyden üçer ölçüm alınmış ve elde edilen ölçümlerin aritmetik ortalamaları alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Yüzey pürüzlülükleri için Şekil 2'de görüldüğü gibi farklı farklı parametreler bulunmaktadır. Çalışma alanlarına göre bu parametrelerin kullanım alanları

değişiklik gösterse bile, bu parametreler arasında literatürde ve sanayide en çok kullanılan ve ölçülen yüzey hakkında genel bir fikir veren parametre "Aritmetik Ortalama Pürüzlülüğü (R_a)" veya "Merkez Çizgi Ortalaması (Center Line Average (CLA))" olarak adlandırılan R_a olduğu için bu çalışma için de bu parametre kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.



Şekil 2 Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri; R_a, Mutlak Değerlerin Aritmetik Ortalamasıdır, R_t Profilin Maksimum Yüksekliğidir ve R_{max}, Maksimum Pürüzlülük Derinliğidir.

SONUÇ

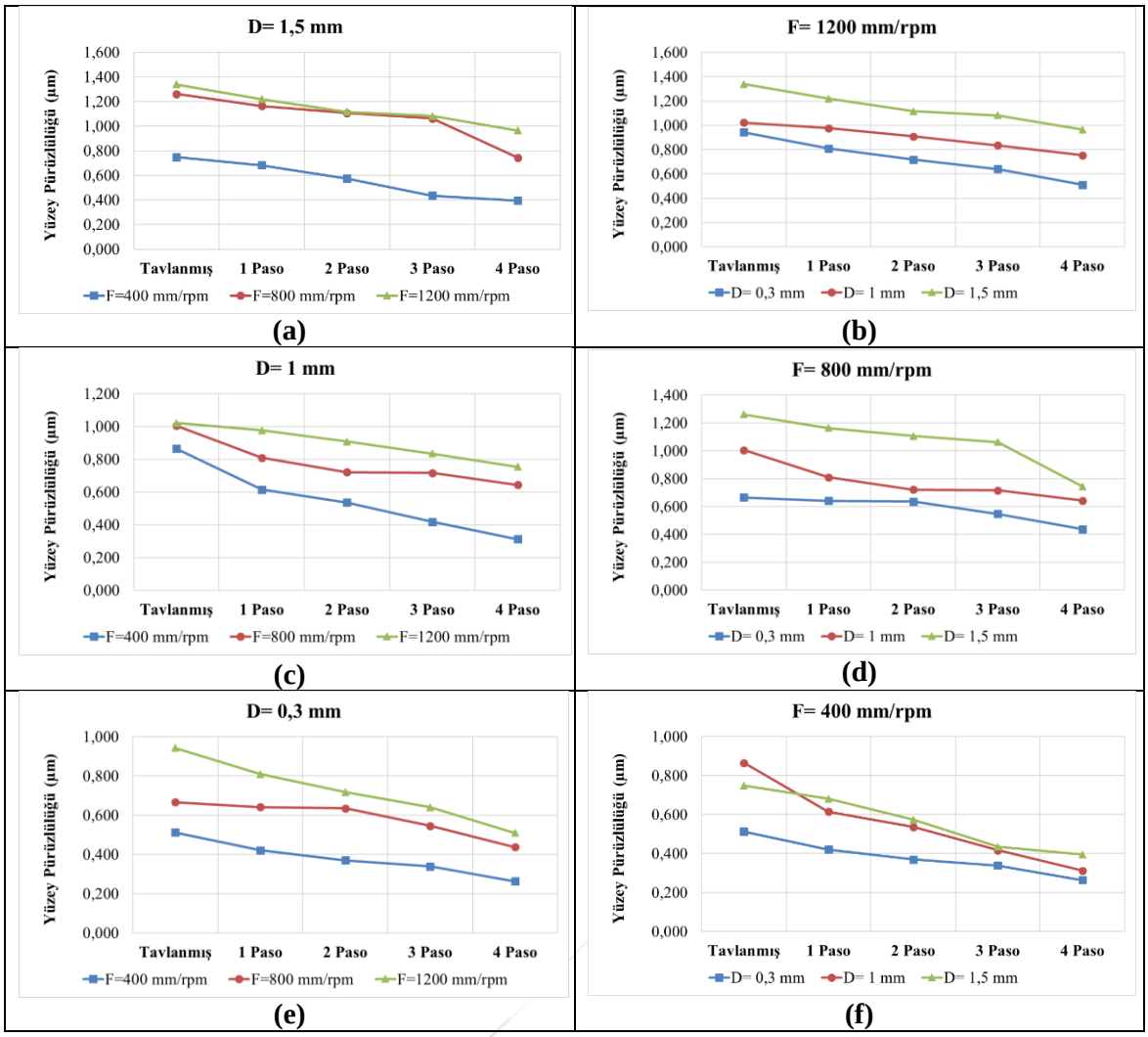
Yapılan deneysel çalışma soncunda tavlanmış ve EKAP ile işlenmiş numunelerin alın frezeleme işlemleri yapıldıktan sonra işlenen yüzey hakkında genel bir fikir edinilmek istenildiği için Aritmetik Ortalama Pürüzlülük (R_a) parametresi incelenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülük ölçümleri hataları en aza indirebilmek amacıyla üçer tekrar olarak yapılmış ve yapılan üçer ölçümün aritmetik ortalama değerleri kullanılmıştır. Elde edilen tüm ölçümler detaylı olarak Tablo 2'de verilmiştir.

EKAP işleminin ve EKAP işleminde paso sayısının doyum noktasına ulaşıncaya kadar malzemelerin sertliği, çekme mukavemeti, yorulma mukavemeti gibi mekanik özelliklerinin iyileşmesine neden olduğu bilinmektedir (Hasan Kaya, 2012; Hasan Kaya 2013; Özbeyaz et al. 2019). Elde edilen Tablo 2 değerlerinin daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla Şekil 3'teki grafikler çizilmiştir. Şekil 3a-3f grafikleri detaylı olarak incelendiğinde EKAP işleminin bütün durumlarda tavlanmış malzemelerden daha düşük yüzey pürüzlülük değerine sahip olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde EKAP işlemindeki paso sayısının da artması ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç ise EKAP işleminin paso sayısının artması ile malzemenin işlenebilirliğini kolaylaştırdığı anlamına gelmektedir. Bu benzer sonucu (Krállics, Horváth, and Nyirő 2006) da yapmış oldukları çalışmalarda elde etmişlerdir. Yine (Antonialli et al. 2012; Hasan Kaya, 2012; Wiesinger, Baumann, and Krystian 2018) yapmış oldukları çalışmalarda paso sayısının artması ile daha kolay işlenebilir olduğunu işlem esnasında elde ettikleri kesme yüklerinin azalması ile de göstermişlerdir. Bu çalışma kapsamında freze işlemi yapılırken etkilerinin incelendiği kesme derinliğinin artması ile birlikte elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı diğer bütün parametrelerin sabit tutulup sadece kesme derinliğinin değiştirilerek yapılan ölçüm sonuçlarını gösteren Şekil 3a, 3c ve 3e'de verilen grafiklerde açıkça görülebilmektedir. İlerleme hızı parametresinin etkisini incelemek amacıyla yine diğer bütün parametrelerin sabit tutulup sadece ilerleme hızının değiştirilerek yapılan ölçüm sonuçlarını gösteren Şekil 3b, 3d ve 3f'de verilen grafiklerde görülebildiği üzere ilerleme hızının arması ile birlikte malzemenin işlenebilirlik özelliğinin azaldığını gösteren ortalama yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı sonucuna varılmıştır. (Ozbeyaz 2014) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde freze işlem parametrelerinin etkilerini incelemiştir. Yapmış olduğu çalışma sonucunda kesme derinliğinin ve ilerleme hızının artması ile birlikte yüzeylerin daha pürüzlü çıktığı sonucuna varmıştır. Benzer bir sonucu (Skiba et al. 2020) yapmış oldukları çalışmalarda da elde etmişlerdir. Freze veya benzeri talaşlı işlemler yapılırken kesme derinliğinin ve ilerleme hızının yüksek olması durumlarında yüzeylerin daha pürüzlü olması sonucuna varılmasına rağmen malzemelerin her zaman minimum kesme derinliğinde ve/veya ilerleme hızlarında tutulması mümkün değildir. Çünkü bu durumlarda işlem süreleri artacaktır. Dolayısıyla üretim maliyetleri de artmış olacaktır. Bu nedenle bu parametreler kullanım alanlarına göre optimum olarak belirlenmelidir.

Tablo 2 Deneysel olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (R_a)

Malzeme Durumu	#	F (mm/rpm)	D (mm)	Ra 1 (µm)	Ra 2 (µm)	Ra 3 (µm)	ORT. (µm)

Tavlanmış	1	400	0,3	0,549	0,485	0,503	**0,512**
Tavlanmış	2	400	1	0,887	0,813	0,894	**0,865**
Tavlanmış	3	400	1,5	0,748	0,704	0,792	**0,748**
Tavlanmış	4	800	0,3	0,714	0,631	0,654	**0,666**
Tavlanmış	5	800	1	0,986	0,961	1,067	**1,005**
Tavlanmış	6	800	1,5	1,278	1,216	1,287	**1,260**
Tavlanmış	7	1200	0,3	0,965	0,874	0,987	**0,942**
Tavlanmış	8	1200	1	1,024	0,971	1,069	**1,021**
Tavlanmış	9	1200	1,5	1,325	1,283	1,407	**1,338**
1 Paso	10	400	0,3	0,484	0,309	0,471	**0,421**
1 Paso	11	400	1	0,659	0,582	0,604	**0,615**
1 Paso	12	400	1,5	0,688	0,649	0,706	**0,681**
1 Paso	13	800	0,3	0,649	0,602	0,674	**0,642**
1 Paso	14	800	1	0,812	0,768	0,848	**0,809**
1 Paso	15	800	1,5	1,168	1,149	1,175	**1,164**
1 Paso	16	1200	0,3	0,812	0,768	0,848	**0,809**
1 Paso	17	1200	1	0,975	0,926	1,027	**0,976**
1 Paso	18	1200	1,5	1,214	1,136	1,308	**1,219**
2 Paso	19	400	0,3	0,387	0,347	0,376	**0,370**
2 Paso	20	400	1	0,524	0,518	0,565	**0,536**
2 Paso	21	400	1,5	0,628	0,571	0,522	**0,574**
2 Paso	22	800	0,3	0,684	0,598	0,624	**0,635**
2 Paso	23	800	1	0,712	0,784	0,666	**0,721**
2 Paso	24	800	1,5	1,181	1,042	1,096	**1,106**
2 Paso	25	1200	0,3	0,785	0,652	0,714	**0,717**
2 Paso	26	1200	1	0,886	0,925	0,914	**0,908**
2 Paso	27	1200	1,5	1,142	1,088	1,119	**1,116**
3 Paso	28	400	0,3	0,312	0,308	0,396	**0,339**
3 Paso	29	400	1	0,396	0,414	0,442	**0,417**
3 Paso	30	400	1,5	0,439	0,388	0,476	**0,434**
3 Paso	31	800	0,3	0,548	0,507	0,583	**0,546**
3 Paso	32	800	1	0,724	0,708	0,717	**0,716**
3 Paso	33	800	1,5	0,987	1,085	1,113	**1,062**
3 Paso	34	1200	0,3	0,647	0,583	0,691	**0,640**
3 Paso	35	1200	1	0,865	0,797	0,842	**0,835**
3 Paso	36	1200	1,5	1,115	1,046	1,083	**1,081**
4 Paso	37	400	0,3	0,247	0,321	0,222	**0,263**
4 Paso	38	400	1	0,344	0,301	0,290	**0,312**
4 Paso	39	400	1,5	0,428	0,364	0,391	**0,394**
4 Paso	40	800	0,3	0,425	0,402	0,486	**0,438**
4 Paso	41	800	1	0,688	0,596	0,645	**0,643**
4 Paso	42	800	1,5	0,745	0,704	0,781	**0,743**
4 Paso	43	1200	0,3	0,539	0,488	0,502	**0,510**
4 Paso	44	1200	1	0,752	0,736	0,774	**0,754**
4 Paso	45	1200	1,5	0,978	0,954	0,963	**0,965**



Şekil 3. Kesme derinliği ve ilerleme hızlarına göre elde edilen ortalama R_a grafikleri

TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında sanayide sıklıkla kullanılan AA6082 alaşımı kullanılarak hazırlanmış olan tavlanmış, EKAP 1 paso, EKAP 2 paso, EKAP 3 paso ve EKAP 4 paso numunelerinin aynı freze tezgahında aynı freze çakısı, aynı dönme hızı ve yönünde ancak farklı kesme derinlikleri (0.3mm, 1mm ve 1.5mm) ve farklı ilerleme hızlarında (400 mm/rpm, 800 mm/rpm ve 1200 mm/rpm) talaş kaldırma işlemi yapılmış ve elde edilen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri üçer tekrar olarak ölçülmüştür. Freze işlemleri optimum parametrelerde yapılmadığı durumlarda veya malzemeye uygun parametreler belirlenemediği durumlarda malzemelerin kolay işlenebilir olmadığını gösteren ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri yüksek çıkacaktır. Böylelikle aynı koşullar altında yapılan bu deneysel çalışma sonucunda hem EKAP işleminin ve paso sayısının hem de freze işlemi için önemli parametrelerden olan kesme derinliği ile ilerleme hızlarının etkilerinin malzemenin işlenebilir özelliği hakkında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Sekil 3'de yer alan altı grafik incelendiğinde; yüzey pürüzlülük değerlerinin EKAP ile işlenmiş malzemeler için daha küçük çıktığı görülmüştür.
- Yine Şekil 3'de görüldüğü üzere paso sayısı arttıkça malzemenin daha kolay işlenebilir olduğunu gösteren ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin küçüldüğü görülmüştür.
- Şekil 3a, 3c ve 3e incelendiğinde; kesme derinliği sabit olduğu durumlarda, ilerleme hızlarının artması ile birlikte malzemenin ortalama yüzey pürüzlülük değerinin de arttığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla ilerleme hızı arttıkça malzemenin işleneblilirlik özelliği azalmıştır.
- Şekil 3b, 3d ve 3f incelendiğinde; ilerleme hızı sabit olduğu durumlarda, kesme derinliğinin artması durumunda ilerleme hızında olduğu gibi malzemenin ortalama yüzey pürüzlülük

değerinin de arttığı ve malzemenin işlenebilirlik özelliğini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

- Yapılan çalışma sonucunda AA6082 alaşımın freze işlemi sonucunda elde edilen en büyük yüzey pürüzlülük değerinin Tavlanmış malzemenin, 1200mm/rpm ve 1,5 mm kesme derinliği parametreleri için 1,338µm olarak ölçülmüştür.
- Yine yapılan çalışma sonucunda AA6082 alaşımın freze işlemi sonucunda elde edilen en küçük yüzey pürüzlülük değerinin EKAP ile 4 paso preslenmiş malzemenin, 400mm/rpm ve 0,3 mm kesme derinliği parametreleri için 0,263µm olarak ölçülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında EKAP ile presleme işlemlerinin yapılabilmesi amacıyla laboratuvarında çalışmalarımıza izin vermesinden ötürü Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümüne ve Başkanı Prof. Dr. Mehmet Uçar'a, teşekkürü borç bilirim. Ayrıca Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine mühendisliği bölümüne ve takım tezgahları at ölyesi sorumlusu Ahmet ÖZKORUCU'ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Son olarak Marmara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne "5874" proje numarası, "FEN-C-DRP-141118-0593" kodlu ve "Demir Dışı Alaşımların Değişken Bükümlü Kanallı Açısal Presleme (TV-CAP) ile Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı proje ile desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Antonialli, Armando Ítalo Sette, Anibal de Andrade Mendes Filho, Vitor Luiz Sordi, and Maurizio Ferrante. 2012. "The Machinability of Ultrafine-Grained Grade 2 Ti Processed by Equal Channel Angular Pressing." *Journal of Materials Research and Technology* 1(3): 148–53. http://dx.doi.org/10.1016/S2238-7854(12)70026-1.

Hasan Kaya,. 2012. "The Effect of Aging on the Machinability of AA7075 Aluminium Alloy." *Scientific Research and Essays* 7(27): 2424–30.

Hasan Kaya. 2013. "Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) ve Yarı Katı İşlemle Üretilen Aa7075 Alaşımının Mikroyapı, Sertlik Ve Yorulma Davranışının İncelenmesi." Kocaeli üniversitesi fen.

Krállics, Gy., M. Horváth, and J. Nyirő. 2006. "Forming and Machining of the Nano-Crystalline Alloys." *4M 2006 - Second International Conference on Multi-Material Micro Manufacture*: 175–78.

Özbeyaz, Kerim. 2014. "Prediction Of Surface Roughness Value For Machining Of Aluminum 1050 Material By Using Articial Neural Network." : 125.

Özbeyaz, Kerim et al. 2019. "Mechanical Properties and Electrical Conductivity Performance of ECAP Processed AA2024 Alloy." *Indian Journal of Chemical Technology (IJCT)* 26: 266–69. http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/48458/1/IJCT 26%283%29 266-269.pdf.

Segal, V.M. 1999. "Equal Channel Angular Extrusion: From Macromechanics to Structure Formation." *Materials Science and Engineering: A* 271(1–2): 322–33.

Skiba, Jacek et al. 2020. "The Impact of Severe Plastic Deformations Obtained by Hydrostatic Extrusion on the Machinability of Ultrafine-Grained AA5083 Alloy." *Journal of Manufacturing Processes* 58(October 2019): 1232–40. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.09.023.

Srinivas, B., Ch. Srinivasu, Banda Mahesh, and Md Aqheel. 2013. "A Review on Severe Plastic Deformation." *International Journal of Advanced Materials Manufacturing and Characterization* 3(1): 291–95.

Valiev, Ruslan Z. et al. 2016. "Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation: Ten Years Later." *Jom* 68(4): 1216–26. http://link.springer.com/10.1007/s11837-016-1820-6.

Wiesinger, Gerhard, Christian Baumann, and Maciej Krystian. 2018. "Impact of Equal Channel Angular Pressing (ECAP) on the Machinability of an Aluminium Alloy (EN AW-6082)." *Materials Today: Proceedings* 5(13): 26654–60. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.08.131.