



Döküm yöntemiyle üretilmiş az91 magnezyum alaşımının işlenebilirliğinin yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi

Mahir AKGÜN¹ Gökhan ÖZGER² ve Hasan Basri ULAŞ³

¹Aksaray Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

²EÜAŞ A Termik Santrali İşletme Müdürlüğü

³Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

Anahtar Kelimeler:
AZ91
Magnezyum Alaşımı,
Yüzey Pürüzlülüğü,
İşlenebilirlik

ÖZET

Bu çalışmada, geleneksel döküm tekniği ile üretilen AZ91 magnezyum alaşımının üretimi ve işlenebilirlik özelliklerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, AZ91 Mg (Al %9, Zn %1) olarak adlandırılan Mg esaslı alaşım, rezistanslı ergitme ocağında eritilmiş ve ardından metalik kalıplara dökülerek üretilmiştir. Üretilen malzemelerin işlenebilirlik deneyleri, tornalama metoduyla dört farklı kesme hızı (250, 350, 450 ve 550 m/dak), beş farklı ilerleme hızında (0,025 0,05 0,1 0,15 ve 0,2 mm/dev) ve dört farklı (0,5 1 1,5 ve 2 mm) kesme derinliğinde kuru şartlarda yapılmıştır. İlerleme hızı azaldıkça işlenmiş yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma gözlenmiştir. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar artmış ancak bu değerden sonra her iki ilerleme (0,1 ve 0,2 mm/dev) değerinde artan kesme hızı ile azalma eğilimi göstermiştir.

Evaluation of machinability of cast az91 magnesium alloys in terms of surface roughness

Key Words:
AZ91
Magnesium Alloy, Surface Roughness, Machinability

ABSTRACT

In this study, machinability characteristics and production of AZ91 magnesium alloy was carried out. The alloy was produced through traditional casting method. For this purpose, AZ91 Mg (9% Al, 1% Zn) based alloy was melted in an electric resistance furnace and then poured into metal molds. The machining tests were carried out through single point turning operations at four different cutting speeds (250, 350, 450 and 550 m/min), five different feed rates (0.025, 0.05, 0.1, 0.15 and 0.2 mm/rev) and four different depth of cuts (0.5, 1, 1.5, and 2 mm) without coolant. Decreases in surface roughness values were observed with decreasing feed rate. With increasing cutting speed, the surface roughness values decreased until a minimum value is reached beyond which they increased but both two feed rate (0.1 and 0.2) with value increased cutting speed show that decrease.

1. Giriş

Birçok endüstriyel uygulamada, hafif mühendislik malzemelerine olan talep sürekli artmaktadır. Hafif metal alaşımlarından olan magnezyum alaşımlarının endüstriyel uygulamalardaki kullanımlarının, gelecekte oldukça yaygınlaşacağı beklenmektedir. Buna bağlı olarak magnezyum esaslı kompozit malzemelerin kullanımı artacaktır. Magnezyumun yoğunluğu $1,74 \text{ gr/cm}^3$ olup, yapısal uygulamalarda kullanılan en hafif metaldir. Ağırlığı alüminyumun üçte ikisi, demirin dörtte biri, bakır ve nikelin ise beşte biri düzeyindedir. Alaşımlandırıldığında mekanik özelliklerinde iyileşmeler görülür. Magnezyum alaşımları düşük yoğunluk, yüksek dayanım, iyi dökülebilirlik özelliği, titreşim sönümlenme kapasitesine ve iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptirler. Düşük ergime sıcaklığı (650°C) ve iyi kaynak kabiliyetine sahip olan magnezyum, doğada yaygın olarak bulunabilmektedir. Bu nedenle elektronik, otomotiv endüstrisinde, uçak ve havacılık sanayinde geniş kullanım alanına sahiptir [1-4].

Literatürdeki yapılan çalışmalara bakıldığında, AZ91 alaşımlarının mekanik özelliklerinin geliştirilmesi ve AZ91 alaşımlarının işlenebilirliğinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Ünal ve arkadaşları AZ91 serisi ileri teknoloji magnezyum alaşımlarına %0,2 – 2 oranlarında Si ilavesinin etkisini araştırmışlardır. % 2 Si ilavesinde akıcılıkta %25 düşüş gözlemlenmiştir. AZ91 alaşımına Si elementinin ilavesi ile alaşımların akma dayanımı yükselmiştir. %0,3 Si ilavesinden sonra % uzamada ve sertlikte orantılı artış gözlemlenmiştir [5]. Koç ve arkadaşları AZ91 magnezyum alaşımına %0,2 – 2 oranlarında Sn ilavesinin etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak AZ91 alaşımına %0,5'e kadar Sn elementi ilavesi ile alaşımların çekme-akma dayanımını artırırken, % uzamasını bir miktar düşürmüş, sertlikte ise kayda değer bir değişim gözlemlenmiştir [6]. Saklakoğlu ve Erçayhan yapmış oldukları çalışmada AZ91D magnezyum alaşımlarının mikroyapısına % 0,2-%0,8 oranlarında ilave edilen Cd elementinin etkisi incelenmiştir. AZ91D alaşımına Cd ilavesi ile tane sınırlarında bulunan (Mg₁₇Al₁₂) intermetalik fazı daha kopuk ve dağınık hale gelmiştir. Aynı zamanda Cd'un ötektik yapıya etkisini tespit etmişlerdir [7].

AZ91 alaşımlarının işlenebilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, Akyüz AZ serisi Mg alaşımlarının içerisindeki alüminyumun işlenebilirliğe etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak üzerinde çalışılan bütün alaşımlarda, kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Bu da kesici takım ucunda oluşan yığıntı talaşa atfedilmiştir [8]. Kim ve Lee, hava basınçlı soğutucu vasıtasıyla AZ31B Mg alaşımlarının kuru kesme şartlarında yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Freze çakısı üzerindeki uç sayısının ve dış başına ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Ancak yüzey pürüzlülük değeri kesme hızı belirli bir aralığın altındayken neredeyse değişmemiş ve hava soğutma akışıyla azalmıştır [9]. Uzun ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, karıştırmalı döküm yöntemi kullanılarak Al matrisli ve MgO takviyeli kompozit malzemeleri % 5, % 10 ve % 15 takviye-hacim (T-H) oranlarında üretmek, karbür ve kaplamalı karbür kesici uçlar ile işleme deneyleri yapmışlardır. Sonuç olarak, kesici uçların uç kısmında yığıntı talaş (BUE) oluştuğu, kompozit yapı içerisindeki MgO takviye oranlarındaki artışla birlikte BUE miktarının da artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

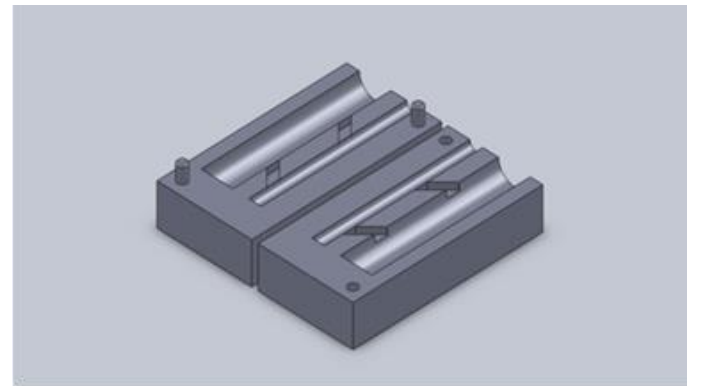
Kesme hızının artışına bağlı olarak BUE miktarının azaldığı, bütün kesici uçlarda kayda değer bir aşınmanın oluşmadığı, karbür uçlarda çok az miktarda yan yüzey aşınmasının meydana geldiği sonucuna varılmış olup, genel olarak en kararlı sonuçlar kaplamalı karbür uçlarla elde edilmiştir [10]. Narita ve arkadaşları, AZ91 magnezyum alaşımında kesme dayanımını, yüzey pürüzlülüğünü ve talaş uzunluğunu ve kalınlığını ölçerek AZ91 magnezyum alaşımlarının işlenebilirliğini test etmişlerdir. Kesme dayanımı hem ilerleme miktarının hem de talaş derinliğinin artması ile artmış ve yan talaş açısının artmasıyla azalmıştır. Kesme hızının azalmasıyla ve ilerleme miktarının artmasıyla talaşın boyu azalmıştır. AZ91 magnezyum alaşımlarının yüksek hızlarda işlenmesinde yüzey işlenebilirliği mükemmeldir [11].

Bu araştırmanın amacı, AZ91 serisi magnezyum alaşımı üretmek ve tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yaparak kesme parametrelerinin işlenebilirlik kriterlerinden olan yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemektir.

2. Deneysel çalışmalar

2.1. AZ91 magnezyum alaşımlarının üretimi

AZ91 magnezyum alaşımlarının üretimi Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi döküm öğretmenliği bölümü laboratuvarında bulunan atmosfer kontrollü 1150°C kapasiteli elektrik rezistanslı fırında yapılmıştır. Pota içinde fırın içine şarj edilen malzeme eridikten sonra pota altından kalıba dökülmektedir. Magnezyum ve alaşımlarının (Al, Zn, Mn, Mg) ergitilmesi, atmosfer kontrollü ocak ve içine yerleştirilen 2 kg magnezyum ergitme kapasiteli metalik (kokil) kalıpta yapılmıştır. Kullanılan metalik (kokil) kalıbın şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Ergitme işlemi esnasında, dökümün yapılacağı ortamın atmosferle temasını kesmek için ergitme zamanı içerisinde ocağa koruyucu gaz verilmiştir. Ayrıca döküm yüzey alanını kapatmak ve oksitlenmeyi önlemek için Stronsiyum (Sr) toprak alkali metali kullanılmıştır.



Şekil 1. Dökümün Yapıldığı Metalik Kalıbın Görünümü

AZ91 magnezyum alaşımlarının işlenebilirliğinin test edilmesi için 50 mm çapında ve 120 mm boyunda 2 adet deney malzemesi üretilmiştir.

2.2. AZ91 magnezyum alaşımlarının kimyasal analizi

Döküm yöntemiyle üretilmiş AZ91 magnezyum numunesinin kimyasal analizi, Tübitak MAM'da yaptırılmıştır. Spektrolab M8 optik emisyon spektrometre cihazı ile yapılan element analizi sonucu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kimyasal Analiz

AZ91 Magnezyum Alaşımının Kimyasal Analizi					
Element	İçerik (%)	Element	İçerik (%)	Element	İçerik (%)
Al	11,34	Fe	0,0214	Pb	0,0022
Ag	0,0004	La	<0,0010	Pr	<0,0005
Ca	0,0009	Mn	0,0043	Si	0,848
Ce	<0,0015	Nd	<0,0020	Sn	0,0046
Cu	<0,0002	Ni	<0,0001	Ti	0,0017
Mg	87,24	Y	<0,0050	Zn	1,301
Zr	0,0046				

Yapılan element analizi sonucunda numunede elde edilen sonuçlar, döküm esnasında kullanmış olduğumuz miktarlarla aynı oranlarda çıkmıştır. 2000 gr alaşım ergitme kapasiteli potada 182,6 gr Al, 15,6 Zn, 3,6 Mn ve 1800 gr Mg değerlerde kullanılarak AZ91 magnezyum üretilmiştir.

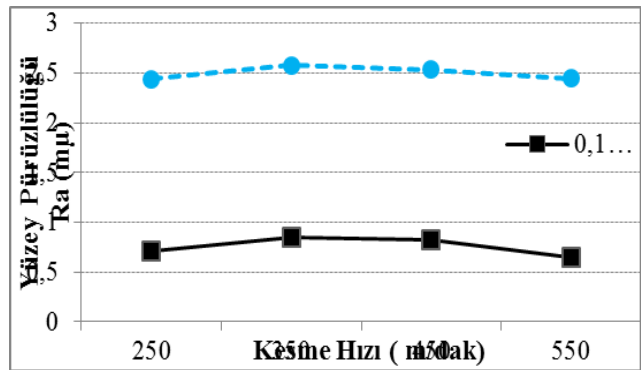
2.3. Takım tezgahı, kesici takım ve kesme parametreleri

Silindirik iş parçası malzemeleri üzerindeki işlenebilirlik deneyleri, Taksan TMC 500V CNC torna tezgahı kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan CNC torna tezgahının gücü 10 KW olup iş mili, değişken kademesiz hıza sahip olup 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir. İş parçası malzemeleri 50 mm çapında ve 120 mm boyundadır. Deneyler esnasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Deneylerde kullanılan kesici takımlar kennametal firması tarafından TCGT 16T308-270G HB10 ve TCGT 16T308ER-BC LC 225K formunda ve LC610M kalitesinde imal edilmiştir. Kesici takım yanaşma açısı 90° olup STGCL 2020K16 kodlu takım tutucuya mekanik sıkı malzeme olarak tespit edilmiştir.

Kullanılan kesme hızları 250, 350, 450 ve 550 m/dak olarak seçilmiştir. İlerleme hızı 0,025 0,05 0,1 0,15 ve 0,2 mm/dev, kesme derinliği 0,5 1 1,5 ve 2 mm olarak seçilmiştir. Deney parametreleri, ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiştir [12]. MAHR-Perthometer M1 yüzey pürüzlülük cihazı ile işlenmiş yüzeyler üzerinde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3. Deney sonuçları ve tartışma

Malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli kriterlerden birisi de işlenen yüzeylerin yüzey kalitesidir [14]. Şekil 2'de, AZ91 magnezyum alaşımının işlenmesinde 0,1 mm/dev ve 0,2 mm/dev ilerleme hızlarında kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine (Ra) etkisini göstermektedir. Bu değerler, her bir iş parçası ve her bir kesme hızı için yapılan üç ölçümün ortalamasıdır. Yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızından ve ilerleme hızından önemli derecede etkilendiği görülmüştür.



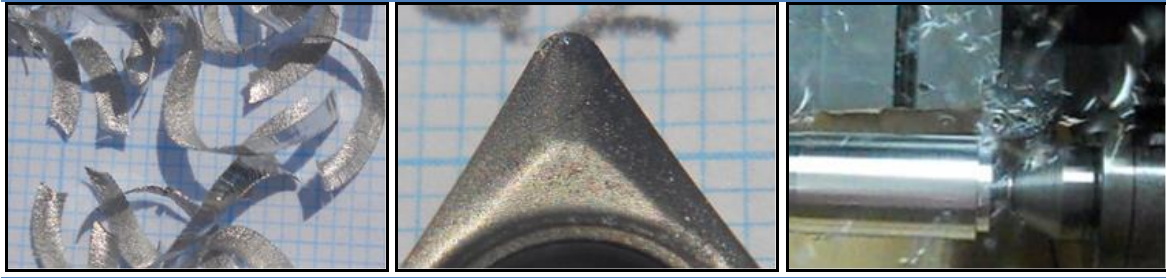
Şekil 2. AZ91 alaşımının tornalanmasında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Genel olarak, sünek malzemelerin işlenmesinde süneklik büyük ve kararsız yıgıntı talaş (BUE) oluşma eğilimini artırır. Literatüre göre, kesme hızının artmasıyla BUE'nin azalması beklenir. Elde edilen grafiklere bakıldığında, kararsız yıgıntı talaştan (BUE) dolayı yüzey pürüzlülük değeri 350 m/dak kesme hızına kadar artma ve daha sonra da artan kesme hızı ile azalma eğilimi göstermektedir. Bu durumu, kesme hızının artmasıyla beraber kesme bölgesinde artan sıcaklığa bağlı olarak plastik deformasyonun ve ısıl yumuşama ile takım-talaş ara yüzeyinde sürtünmenin azalmasıyla talaş akışının kolaylaşması olarak açıklamak mümkündür [13].

Tablo 2'de, AZ91 magnezyum alaşımının işleme anı, talaşın ve işleme sonrası kesici takım görüntüleri verilmiştir. Literatüre göre magnezyum ve alaşımları tüm yapısal malzemelerden daha yüksek işlenebilirliğe sahiptir. Kuru olarak işlenebilir ancak düşük yüzey pürüzlülük değerlerini elde etmek için yüksek kesme hızları gerektiğinden yüzeyde yanma meydana gelebilir [15].

Kuru kesme şartlarında yapılan deneylerde, yanma sadece 450 m/dak kesme hızında ve 0,2 mm/dev ilerleme hızında yapılan deneyde tornalama işleminin bitim noktasında kıvrılcım şeklinde görülmüştür. Bu durum talaş kesitinin artması ve artan sıcaklık ile açıklanabilir. Oluşan yanma kesici takım performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer kesme şartlarında yapılan deneylerde iyi işlenebildiği görülmüştür bu da literatürle paralellik arz etmektedir [15].

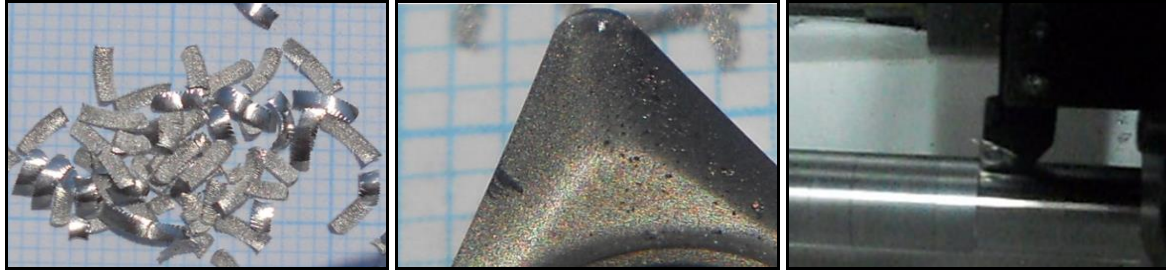
Tablo 2. Talaşın, kesici takımın ve işleme anının görüntüleri



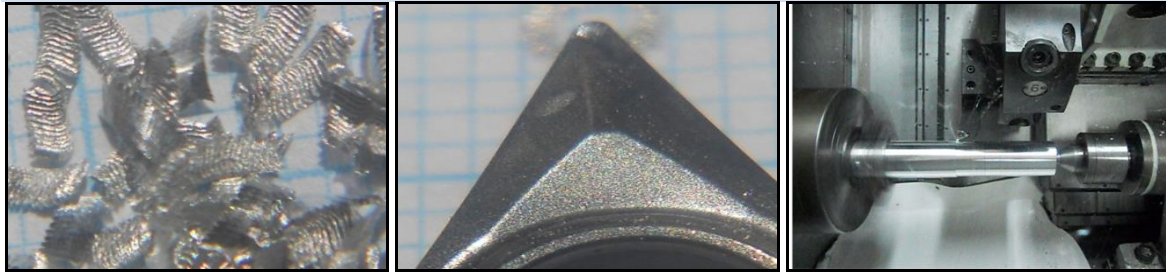
250 m/dak – 0,1 mm/dev



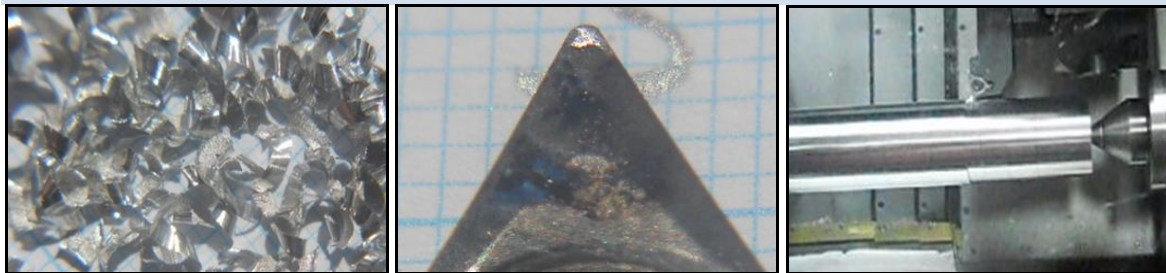
250 m/dak – 0,2 mm/dev



350 m/dak – 0,1 mm/dev



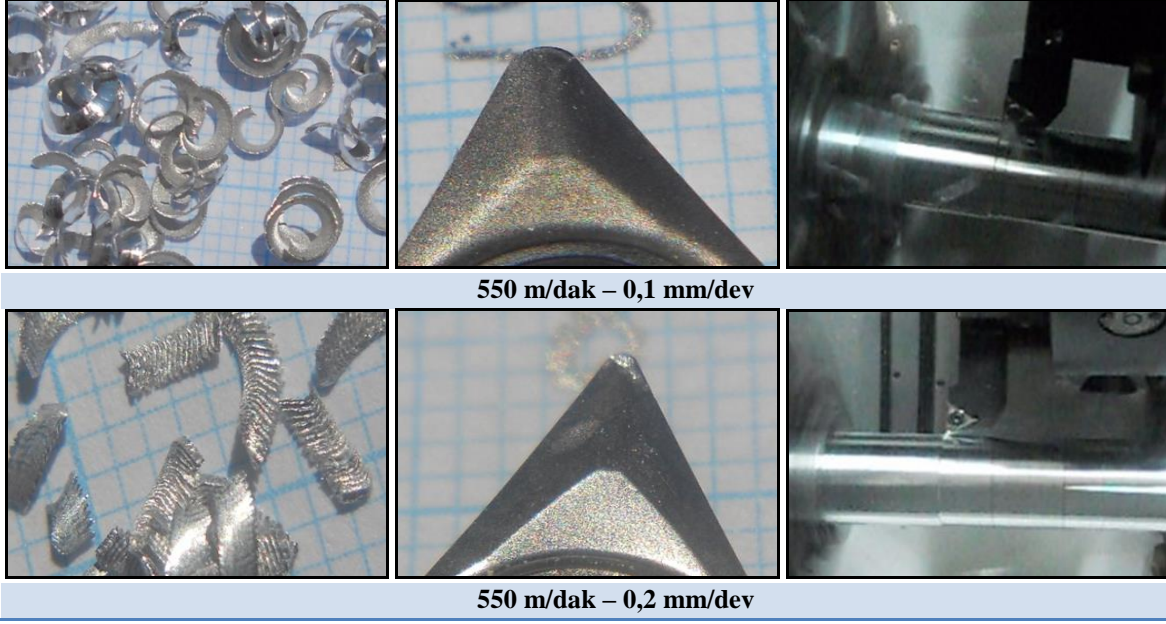
350 m/dak – 0,2 mm/dev



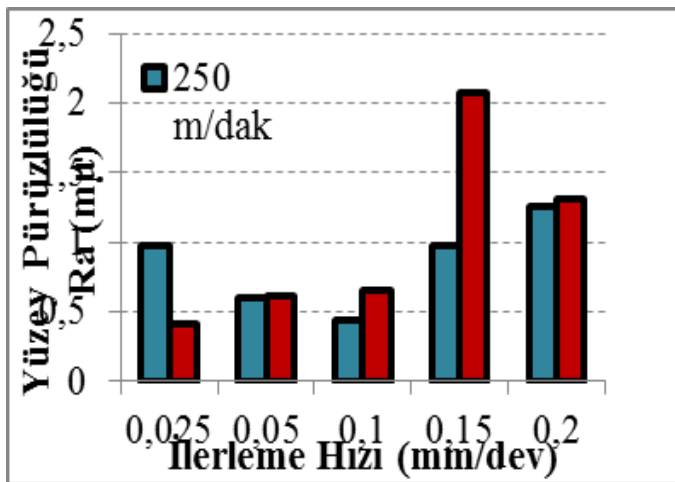
450 m/dak – 0,1 mm/dev



450 m/dak – 0,2 mm/dev



Yığıntı talaşa (BUE) bağlı olarak, ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri (Ra) kararsız bir eğilim göstermektedir. Şekil 3'de 250 m/dak ve 550 m/dak kesme hızlarında ilerleme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine (Ra) etkisi araştırılmıştır. 250 m/dak kesme hızında 0,1 mm/dev ilerleme hızına kadar ortalama yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir. Ancak ilerleme hızının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) artmıştır. Grafiğe göre, 550 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde ilerleme hızının artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) artmıştır. 550 m/dak kesme hızında ve 0,15 ilerleme hızından yapılan deneyde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri (Ra) 2,228 μm olarak belirlenmiştir. Bu sonuç yüksek kesme hızına bağlı olarak torna tezgahında meydana gelen titreşimle açıklanabilir. 550 m/dak kesme hızında ve 0,025 mm/dev ilerleme hızında yapılan deneyde, en düşük yüzey pürüzlük değeri (Ra) 0,418 μm olarak elde edilmiştir.

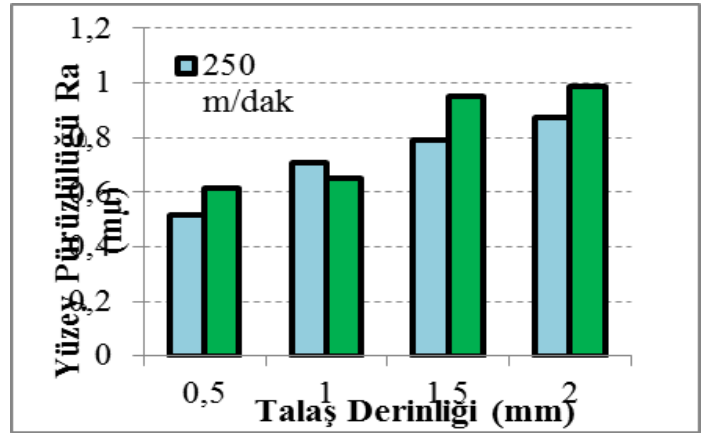


Şekil 3. AZ91 alaşımının tornalanmasında ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 4'de, 250 m/dak ve 550 m/dak kesme hızlarında farklı talaş derinliklerinde (0,5 1 1,5 ve 2 mm) talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülük değerine (Ra) etkisini göstermektedir.

Her iki kesme hızında talaş derinliğinin artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Her iki kesme hızında talaş derinliğinin artmasıyla ortalama yüzey pürüzlülük değeri artmıştır.

Talaş kesitinin büyümesiyle kesici takımında oluşan kararsız yığıntı talaş (BUE) oluşumu artmaktadır ve bu da yüzey pürüzlülük değerini olumsuz olarak etkilemektedir.



Şekil 4. AZ91 alaşımının tornalanmasında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

4. Sonuçlar

Geleneksel döküm tekniği ile üretilen, AZ91 magnezyum alaşımının işlenebilirlik deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar artmış ancak bu değerden sonra her iki ilerleme (0,1 ve 0,2 mm/dev) değerinde artan kesme hızı ile azalma eğilimi göstermiştir.

İlerleme hızı azaldıkça işlenmiş yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Bitirme işlemine yakın yapılan 550 m/dak kesme hızında ve 0,025 mm/dev ilerleme hızında yapılan deneyde en düşük yüzey pürüzlük değeri (Ra) 0,418 µm olarak elde edilmiştir.

Kuru kesme şartlarında yapılan deneylerde yanma, her iki uç yarıçapında da 450 m/dak kesme hızında ve 0,2 mm/dev ilerleme hızında yapılan deneylerde tornalama işleminin bittiği anda kıvılcım şeklinde görülmüştür. Bu durum talaş kesitinin artması ve artan sıcaklık ile açıklanabilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Tübitak 2209 programı tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Tübitak'a ve deney malzemelerinin üretilmesinde emeği geçen Doç. Dr. Hayrettin AHLATÇI'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Kandemir, K., Can, A. Ç., "Otomotiv Endüstrisi İçin Magnezyum Alaşımlarının Kullanım Potansiyeli" Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1. 37-45 (2003).
- Zeytin, H. K., "Magnezyum Alaşımları: Otomotiv Endüstrisinde Uygulaması ve Geleceği" Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli (1999).
- Ünal, M., "Magnezyum Alaşımlarının Döküm Özelliklerinin İncelenmesi" Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2008).
- Gaines, L., Cuenca, R., Stodolsky, F., WU, S, "Potential Automotive Uses of Wrought Magnesium Alloys" Automotive Technology Development, 1-7, Detroit, Michigan, (1996).
- Ünal, M., Koç, E., Türen, Y., Gül, F., Candan, E., "AZ91 Magnezyum Alaşımının Döküm ve Mekanik Özelliklerine Si İlavesinin Etkisi", V. International Advanced Technologies Symposium, 13-15 May, 2009, Karabük, Turkey.
- Koç, E., Ünal, M., Türen, Y., Candan, E., "AZ91 Magnezyum Alaşımının Döküm ve Mekanik Özelliklerine Sn İlavesinin Etkisi", V. International Advanced Technologies Symposium, 13-15 May, 2009, Karabük, Turkey.
- Saklakoğlu, N., Erçayhan, Y., "AZ91 Magnezyum Alaşımının Metalurjik Özelliklerine Kadmiyum Elementinin Etkisi" II. Ulusal Tasarım- İmalat ve Analiz Kongresi (TİMAK) 11-12 Kasım, 2010 Balıkesir
- Akyüz, B., "Influence of Al content on machinability of AZ series Mg alloys" Transactions of Nonferrous Metals Society Of China, 23: 2243-2249 (2013).
- Kim, J., Lee, K., "Surface Roughness Evaluation in Dry-Cutting of Magnesium Alloy by Air Pressure Coolant" Engineering, 2: 788-792 (2010).
- Uzun, G., Pul, M., Çalın, R., Şeker, U., "Al Matrisli MGO Takviyeli Kompozitlerin Farklı Kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Hızının Aşınma Davranışına Etkilerinin İncelenmesi" 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 04-05 Ekim 2012, Ankara, Türkiye
- Narita, H., Katoh, K., Tokisue, H., "Facing Machinability of AZ91 Magnesium Alloy Castings" Journal of Japan Institute of Light Metals Vol. 51 No. 11 P 614-618 (2001).
- TS 10329, "Tool-life testing with single-point turning tools", 1-22. (1992).
- Trent, E.M., "Metal cutting", Butterworths Press, London, 1989, 1-182.
- Sandvik Coromant, "Modern metal cutting--A practical handbook", English Edition, Sandvik Coromant, Sweden, I-III (1994).
- Polmear, I. J., "Light Alloys - Metallurgy of The Light Metals", Metallurgical and Materials Science, MonashUniversity, London, 127-145 (1981).