

AZ91 ve AM90 MAGNEZYUM ALAŞIMLARINDA ÇİNKO (Zn) ve MANGANIN (Mn) KESME KUVVETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Birol AKYÜZ

*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Makina ve İmalat Mühendisliği Bölümü, Bilecik/ Türkiye,
birol.akyuz@bilecik.edu.tr, birolakyuz@gmail.com*

Özet

Bu çalışmada, önemli magnezyum alaşımlarından olan AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarında Çinko (Zn) ve Manganın (Mn) mekanik özelliklere, aşınma direncine ve işlenebilirliğe etkisi incelenmiştir. AZ91 (%9Al, %1 Zn) ve AM90 (9% Al, 0.5% Mn) alaşımlarının mikroyapısında bulunan intermetalik fazların sertliği, aşınma direncini ve işlenebilirliği (kesme kuvvetlerini) etkilediği görülmüştür. AZ91 alaşımının mikroyapısında bulunan $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazının sertlik ve aşınma direncini artırırken kesme kuvvetlerini düşürdüğü (işlenebilirliğin arttığı) belirlenmiştir. AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarının mikroyapısında bulunan intermetalik fazların ($Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5) kesme kuvvetleri, işlenebilirlik ve mekanik özellikler üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İşlenebilirlik, Kesme kuvvetleri, Yüzey Pürüzlülüğü, Aşınma, AZ91ve AM90 serisi magnezyum alaşımları

EFFECTS OF ZINC (Zn) AND MANGANESE (Mn) ON CUTTING FORCE OF AZ91 AND AM90 MAGNESIUM ALLOYS

Abstract

This study investigates the effect of Zinc (Zn) and Manganese (Mn) in AZ91 and AM90 magnesium alloys that are among important magnesium alloys mechanical properties, wear resistance and machinability. Intermetallic phases found in the microstructure of AZ91 (9%Al, 1%Zn) and AM90 (9%Al,0.5%Mn) magnesium alloys was observed to affect wear resistance and machinability(cutting force). $Mg_{17}Al_{12}$ found in the microstructure of AZ91 alloy was established to reduce cutting force (increased machinability) while intermetallic phase increased hardness and wear resistance. It was found that intermetallic phases ($Mg_{17}Al_{12}$ and Al_8Mn_5) of AZ91 and AM90 magnesium alloys had an impact on cutting forces and machinability and mechanical properties.

Keywords: Machinability, cutting force, surface roughness, wear, AZ91, AM90 series magnesium alloys

1. GİRİŞ

Günümüzde magnezyum ve alaşımlarının sahip oldukları özellikler nedeniyle birçok kullanım alanı bulunmaktadır ve her geçen gün kullanım alanları genişlemektedir. Özellikle düşük yoğunluk ve yüksek mukavemet özellikleriyle en hafif yapı metalleri arasında bulunmaları nedeniyle magnezyum alaşımlarının özellikle taşımacılık, otomotiv ve havacılık sektörleri başta olmak üzere birçok alanda önemi artmaktadır[1-3]. Daha geniş alanlarda kullanılması bazı özelliklerinin geliştirilmesine bağlı olarak devam etmektedir. Bu özelliklerinden bazıları ise mekanik özellikleri, sertlik, aşınma ve işlenebilme gibi özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Magnezyum alaşımları üzerine yapılan çalışmaların büyük bir kısmı farklı alaşımlar elde ederek bu

7. ULUSLARARASI TALAŞLI İMALAT SEMPOZYUMU 3-5 KASIM 2016 MARMARA ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL

alaşımların mekanik özelliklerini araştırmak üzerinedir [4,5]. Magnezyum alaşımlarının aşınma özelliklerinin geliştirilmesinde etkili olan alaşım özellikleri ile bunların işlenebilirlik ile ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar oldukça az ve yetersizdir. Magnezyum alaşımlarının özellikle otomotiv sektöründe motor, piston ve silindirlere kullanılması sertlik, aşınma direnci ve işlenebilirlik gibi özelliklerinin araştırılması oldukça önemlidir. Aşınma direncinin malzemenin mekanik özellikleri ile yakından ilgili olduğu bilinmektedir. Aşınma, en temel anlamda metalin sürtünmeye karşı gösterdiği direnç/mukavemet olarak tanımlanabilir. Günümüzde en yaygın kullanılan Mg-Al (magnezyum-alüminyum) alaşımlarından bazıları AZ91, AS21, AS41, AM20, AM90 vb. alaşımlardır. Bu alaşımların önemli özellikleri iyi dökülebilir özelliklerde olmaları ve mekanik özelliklerinin geliştirilebilir olmalarıdır. Bu çalışmada, AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarında Zn'nin (Çinko) ve Mn'nin (Mangan) aşınma direncine ve işlenebilirliğe etkisi araştırılmıştır. %1 Zn ve %0.5 Mn içeren AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarında mikroyapıya bağlı olarak sertlik, kopma ve akma mukavemeti, aşınma direnci ve işlenebilirliğe etkisi araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

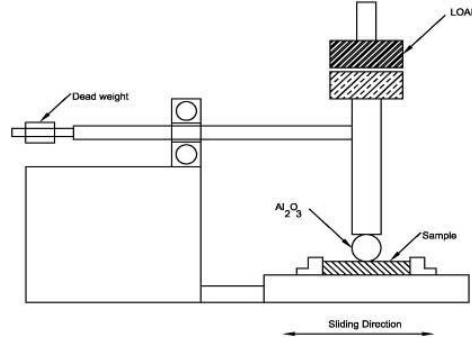
Deneysel çalışmada kullanılan AZ91(%9Al, %1Zn içeren) ve AM90(%9Al, %0.5Mn içeren) magnezyum alaşımı numuneler atmosfer kontrollü ergitme fırınında ergitilerek (alaşım bileşenleri hesaplanarak hazırlanan karışım 750 °C'de ergiterek), kokil kalıplara koruyucu gaz altında (SF_6) (260 °C ısıtılmış olan) döküm yapılarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan %99 saflıktaki Mg, Al ve Zn külçeleri ile Al-Mn (%10) master alaşımı Bilginoglu Metal AŞ.'den satın alınmıştır. Magnezyum alaşımlarının döküm yöntemleri ve işlem aşamaları ile ilgili Unal [6]'in çalışmasına başvurulabilir. Dökümde kullanılan alaşımların kimyasal bileşenleri (Spectrolab M8 Optical Emission Spectrometry) ile belirlenmiştir (Tablo 1). Kalıptan çıkan numunelerin ölçüleri 22 mm çapında ve 220 mm boyundadır. Her seriden en az 20' adet numune elde edilecek biçimde döküm yapılmıştır.

Tablo 1. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımı Numunelerin Alaşım Bileşenleri

(“A” Al içeriği, “Z” Zn ve “M” Mn %'ini göstermektedir).

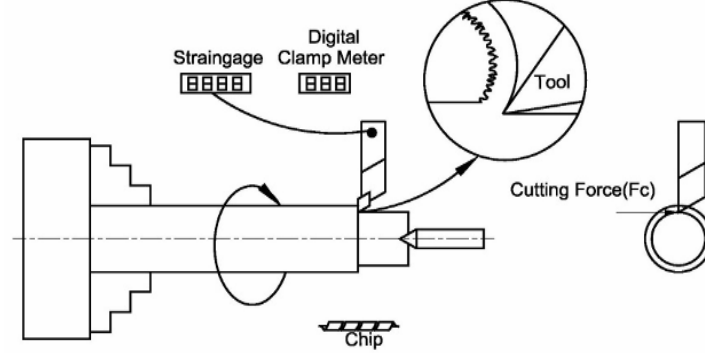
Alaşımlar	%Al	%Mn	%Zn	%Si	%Fe	%Mg
AZ91	9.4	0.1	0.94	0.11	0.02	Kalan
AM90	9.3	0.5	0.16	1.2	0.02	Kalan

Mikroyapı incelemede kullanılan numuneler 15 mm çapında ve 12 mm uzunluğunda hazırlanarak, yüzeyleri farklı zımparalar ile (200'den 1200 grit'e kadar) temizlenmiştir. Daha sonra bu numunelerin yüzeyleri elmas aşındırıcılar ile (sırasıyla, 6µm, 3µm, 1µm elmas parlaticı) parlatılmıştır. Hazırlanan dağlama çözeltisi ile (100 ml ethanol, 5 ml asidik asit, 6 g picric asit, 10 ml saf su) numunelerin yüzeyleri dağlanarak mikroyapı görüntüleri elde edilmiştir (LV150 Nikon Eclipse). X-ray diffraction (XRD) analizi yapılmıştır (Panalytical-Empyrean Cu $K\alpha$ radiation, beam angle of 2°). Deney numunelerinin yüzeylerinden sertlik testleri yapılmıştır (Vickers hardness test (HV), Shimadzu HMV-2). Sertlik testleri 10N yük altında yapılmıştır. Her numune yüzeyinden en az 10 ölçüm yapılarak bunların ortalaması alınmıştır. Deney numunelerinin aşınma testleri pin-on disk test cihazında yapılmıştır (Şekil 1). Aşınma deneyi sonunda numune yüzeylerinde oluşan izlerin boyutları ölçülerek, numunelerin aşınma dirençleri hesaplanmıştır (Al_2O_3 aşındırıcı 5mm uzunlukta, 4N yük ve 25m uzunlukta ve oda sıcaklığında). Aşınma deneyleri sonunda aşınma direnci ve sürtünme katsayılarına ilişkin veriler elde edilmiştir (Tribotester TM, Clichy, Dektak TM 6 M).



Şekil 1. Aşınma Deneyi Deney Düzeneği Şematik Çizimi

İşlenebilirlik deneyleri DMG Alpha300 CNC torna tezgahında yapılmıştır. Tornalama işlemleri kuru işleme koşullarında (Polycrystalline Diamond-PCD, Taegutec CCGT 120408 FL K10) kesici uç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen kesme kuvvetlerine ilişkin veriler özel olarak tasarlanmış ve üretilmiş gerinim ölçer ile ölçülerek elde edilmiştir (Şekil 2). Deneyde işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerleri ölçülerek (Time-TR200) veriler grafikler halinde düzenlenmiştir.



Şekil 2. Kesme Kuvvetleri Ölçme Deney Düzeneği Şematik Çizimi

İşlenebilirlik deneylerinde talaş kesiti sabit tutularak farklı devir sayılarında (farklı kesme hızlarında) kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Dökümden çıkan numunelerin yüzeylerinden 1 mm temizlik talaşı alındıktan sonra kesme kuvveti verileri elde edilmiştir. Her numune 20 mm çapında işlenerek kesme kuvveti verileri elde edilmiştir. Alışimlardan elde edilen kesme kuvvetleri grafikler halinde hazırlanmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan işleme parametreleri ve işleme koşulları Tablo 2.'de verilmiştir.

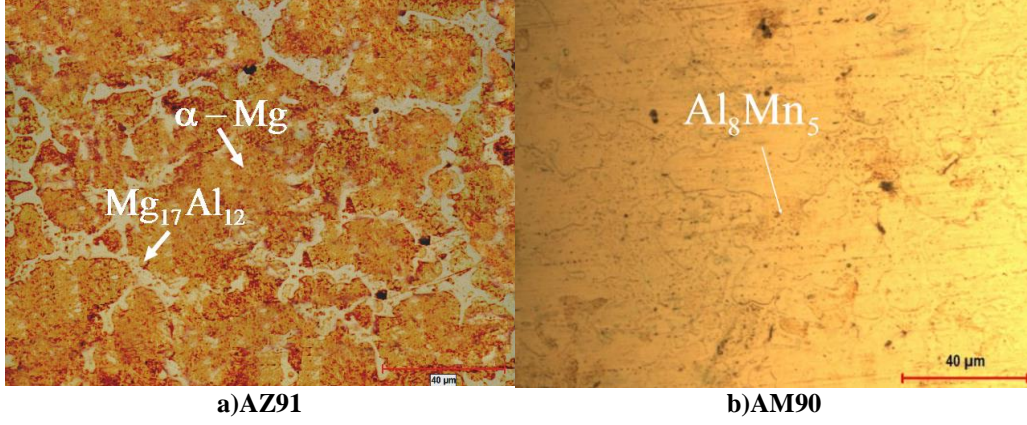
Tablo 2. İşleme Parametreleri ve İşleme Koşulları

İşleme Parametreleri ve İşleme Koşulları												
Uygulama	: Tornalama											
İlerleme (f , mm/dev)	: 0.10											
Talaş derinliği (DoC , mm)	: 1.0											
Kesme Hızı (V_c , m/dk)	: 56, 112, 168											
Deney Malzemeleri	: AZ91 ve AM90											
Kesici takım özellikleri:	: CCGT 120408 FL K10											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>γ</th> <th>λ</th> <th>ϵ</th> <th>κ</th> <th>r_e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7°</td> <td>5°</td> <td>0°</td> <td>80°</td> <td>50°</td> <td>0.8 mm</td> </tr> </tbody> </table>	α	γ	λ	ϵ	κ	r_e	7°	5°	0°	80°	50°
α	γ	λ	ϵ	κ	r_e							
7°	5°	0°	80°	50°	0.8 mm							

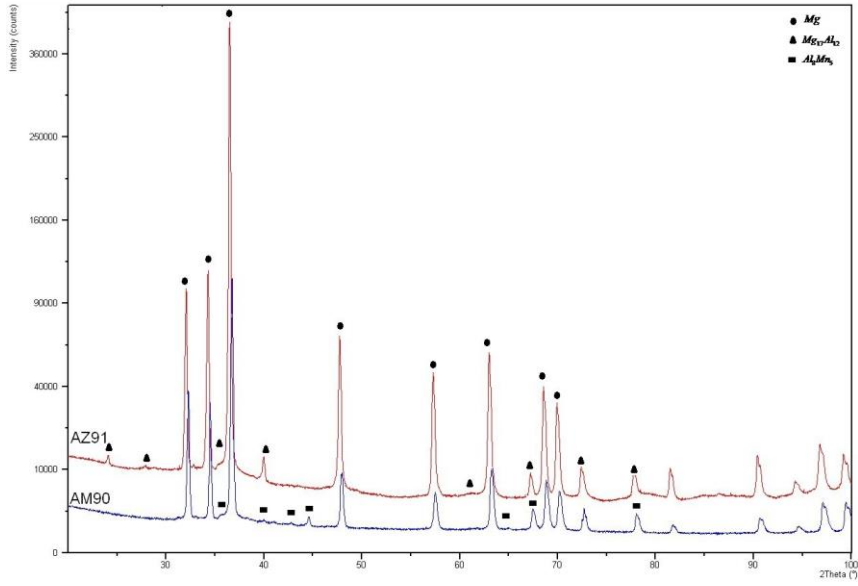
3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Mikroyapı ve Mekanik Özellikler

Çalışmada kullanılan AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarının mikroyapı fotoğrafları ve XRD grafiği sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Çalışmada incelenen AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarının mikroyapısının genel itibarıyla α -Mg matrisi ve intermetalik fazlardan oluştuğu görülmektedir[7]. AZ91 alaşımında $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazının tane sınırlarında ağ biçiminde oluştuğu görülmüştür[8]. İntermetalik fazlar optik mikroskop altında belirgin bir biçimde görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda AZ91 alaşımında $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazının varlığı rapor edilmiştir [3,8-14]. AM90 alaşımında Al_8Mn_5 intermetalik fazının yapı içinde dağıldığı görülmektedir. İntermetalik fazların oluşumunun alaşım içerisinde bulunan Zn ve Mn'nin varlığı ile katılma özelliklerine bağlı olarak değiştiği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir [9,10-14]. Bu çalışmada elde edilen mikroyapı görüntüleri literatür ile uyumludur.



Şekil 3. AZ91 ve AM90 Serisi Magnezyum Alaşımlarının Mikroyapı Görüntüleri (Optik Mikroskop-50x)



Şekil 4. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımları XRD Grafikleri

3.2. Mekanik Özellikler

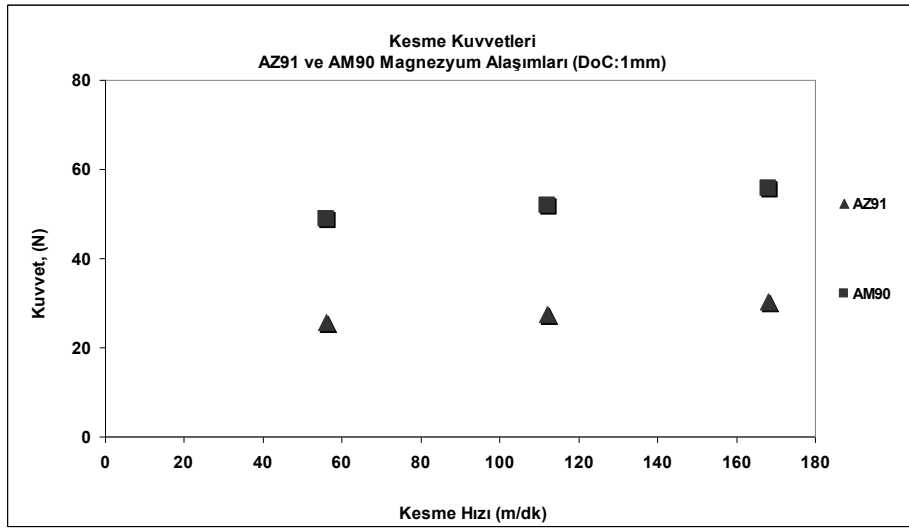
Çalışmada incelenen alaşımların mekanik özelliklerine ilişkin yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar (sertlik, kopma ve akma mukavemeti, aşınma vb.) Tablo 3'te verilmiştir. Alaşımların ortalama sertlik değerlerine bakıldığında AZ91 alaşımında 45.2 HV₁₀, AM90 alaşımında 88.4 HV₁₀ olarak ölçülmüştür. AM90'in daha yüksek sertlik özelliği göstermesi mikroyapıda bulunan Al₈Mn₅ intermetalik fazından kaynaklandığı söylenebilir. Çekme testlerinden elde edilen verilere göre AZ91 alaşımının AM90 alaşımına göre daha yüksek kopma ve akma mukavemetine sahip olduğu gözlenmiştir. AM90 alaşımının %uzama değerinin daha düşük olduğu (AZ91'e göre) görülmüştür. Aşınma deneylerinde elde edilen verilere göre AM90 alaşımının mikroyapısında bulunan Al₈Mn₅ intermetalik fazının etkisiyle AZ91 alaşımına göre daha yüksek aşınma direnci (%24) görülmüştür. Bu iki alaşımın sürtünme katsayıları arasında önemli bir fark görülmemiştir. Buna göre, AM90 alaşımında Mn'nin etkisiyle/varlığı ile oluşan Al₈Mn₅ intermetalik fazının AZ91 alaşımında Zn'nin etkisiyle/varlığı ile oluşan Mg₁₇Al₁₂ intermetalik fazına göre aşınma direncini artırdığı söylenebilir. AM90 alaşımının AZ91 alaşımına göre daha yüksek sertlik ve aşınma direnci sergilemesinin nedeni olarak mikroyapıda bulunan Al₈Mn₅ intermetalik fazının etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneysel çalışmada aşınma direnci ile sertlik arasındaki ilişki incelendiğinde ise aşınma direncinin sertliğe bağlı olarak arttığı görülmüştür (Tablo 3). Buradan hareketle, AM90 alaşımında yer alan Al₈Mn₅ intermetalik fazının AZ91 alaşımına göre (Mg₁₇Al₁₂ intermetalik fazına göre) sertlik ve aşınma özelliklerinin daha fazla artması yönünde etkisi olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen mekanik özelliklere ilişkin veriler literatür ile uyumludur [9-19].

Tablo 3. Deneysel Sonuçları

	AZ91	AM90
Sertlik Testi Sonuçları		
Sertlik (HV ₁₀)	45.2	88.4
Çekme Testi Sonuçları		
Kopma Mukavemeti (Ultimate tensile strength-UTS)	189.65	142.60
Akma Mukavemeti (Yield strength-YS)	118.7	84.7
% Uzama (Elongation -%El)	2.99	2.6
Aşınma Testi Sonuçları		
Aşınma Direnci (Relative Wear Resistance-RWR)	1.00	1.24
Sürtünme Katsayısı (Friction Coefficient)	0.26	0.28

3.3. İşlenebilirlik Özellikleri

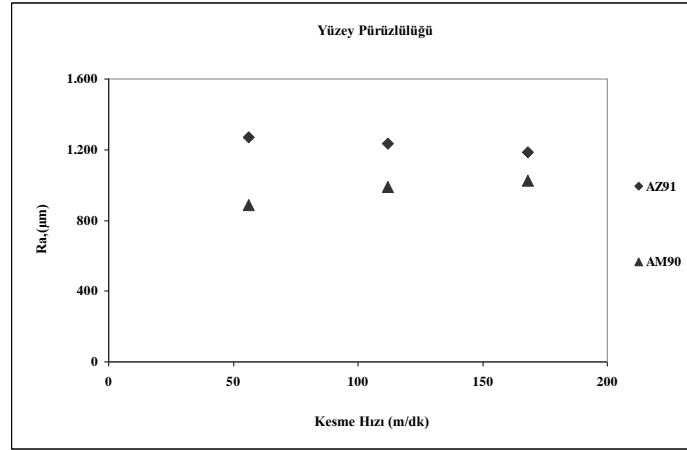
Deneysel çalışmada kullanılan AZ91 ve AM90 alaşımı deney numunelerinin tornalama işlemlerinden (talaş kesiti sabit tutularak) elde edilen veriler Şekil 5'te görülmektedir. Alaşımın kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında en büyük kesme kuvveti değeri AM90 alaşımında elde edilmiştir (Şekil 5). En büyük kesme kuvveti değeri AM90 alaşımında (V_c :168m/dk kesme hızında) 55.7N, AZ91 alaşımında 30.3N, en düşük kesme kuvveti değeri ise (56m/dk kesme hızında) AM90'da 48.8N ve AZ91 de ise 27.7N olarak elde edilmiştir. Deneysel seçilen üç farklı kesme hızında da AM90 alaşımının işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin AZ91 alaşımının işlenmesinde oluşan kesme kuvvetlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. AM90 ve AZ91 alaşımının işlenmesinde kesme hızının artmasına bağlı olarak (talaş kesiti sabit) kesme kuvvetlerinde bir artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 5). Bu noktadan hareketle, kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki artışın talaş ile kesici uç ara yüzeyinde meydana gelen dislokasyon yığılmasına bağlı olarak meydana geldiği ve AM90 alaşımında bulunan Al₈Mn₅ intermetalik fazının kesme kuvvetlerinin artışına neden olduğu söylenebilir.



Şekil 5. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımaları Kesme Kuvvetleri (DoC:1 mm, f:0.10 mm/dev)

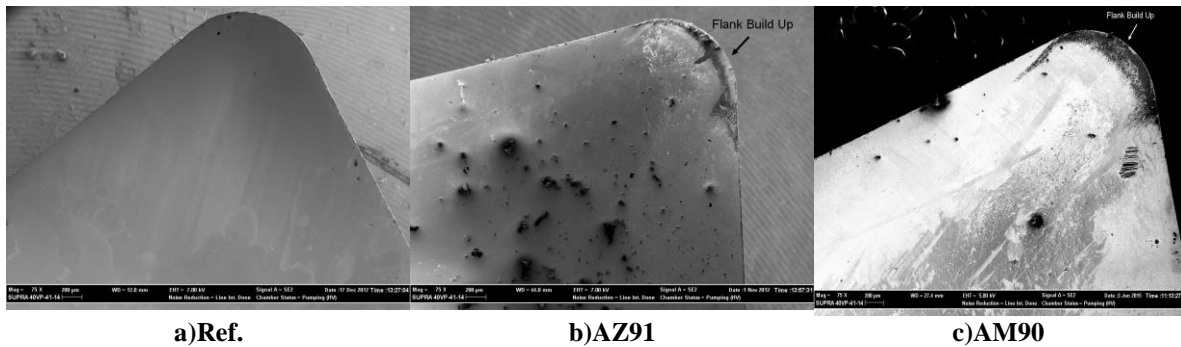
AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımının (sabit talaş kesitinde) işlenmesi ile oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 6'da görülmektedir. AZ91 alaşımında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin AM90 alaşımında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. AZ91 alaşımının yüzey pürüzlülük değeri kesme hızının artması ile azalırken, AM90 alaşımında artış gözlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin oluşmasında alaşım içerisindeki Zn ve Mn'nin etkisine/varlığına bağlı olarak oluşan (Mg₁₇Al₁₂ ve Al₈Mn₅) intermetalik fazlarının etkili olduğu söylenebilir.

7. ULUSLARARASI TALAŞLI İMALAT SEMPOZYUMU 3-5 KASIM 2016 MARMARA ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL



Şekil 6. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımları Yüzey Pürüzlülüğü

AZ91 ve AM90 alaşımlarının işlenmesiyle kesici uç yüzeyinde meydana gelen aşınmalar Şekil 7’de görülmektedir. Deneyde kullanılan kesici uç yüzeyleri incelendiğinde, AZ91 ve AM90 alaşımlarının işlenmesi sırasında iş parçası ile kesici yüzeyi arasında oluşan (dry adhesion) kuru sürtünmeye bağlı olarak talaş yığılması Flank Build-Up (FBU) oluştuğu [12-19] ve kesici uçların aşındığı gözlenmiştir. Bu aşınmanın AM90 alaşımına ait kesici uçta daha derin olduğu, AZ91 alaşımının işlendiği kesici yüzeyi incelendiğinde ise talaşların daha geniş yüzeyde talaş açısı boyunca ilerlediği görülmüştür (Şekil7). Alaşım içinde oluşan/yer alan $Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5 intermetalik fazları kesme kuvvetlerinin oluşmasında etkili olduğu söylenebilir. Buradan hareketle, AM90 alaşımı içinde Mn'nin etkisiyle/varlığı ile oluşan $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazından daha sert yapıda olduğu ve bunun kesiciyi daha çok aşındırdığı görülmüştür. Kesici uç ile numune yüzeyi temas noktasında intermetalik fazların etkisine bağlı olarak kesici yüzeyinde talaş yığılmasının (FBU) artması kesme kuvvetlerinin de artmasına neden olmaktadır (Şekil 5). Kesme hızındaki artışa bağlı olarak kesici yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve sıcaklık artışı ile talaş yığılması (FBU) oluşumu artmaktadır. Bu durumun kesme kuvvetlerinin artışına neden olduğu söylenebilir [12-19]. Magnezyum matrisinde intermetalik fazlarının varlığının magnezyum alaşımlarının işlenebilirliğinde önemli farklara neden olduğu Tomac ve arkadaşları tarafından (2008) rapor edilmiştir. Aynı çalışmada gözenek ve çatlak gibi yüzey kusurlarının da talaş yığılmasını artırdığı belirtilmiştir. Magnezyum alaşımlarının işlenmesinde yüksek kesme hızlarında kesici takım ile iş parçası arasında sürtünmeye bağlı olarak yüksek sıcaklık artışı ile talaş yığılması meydana geldiği literatürde rapor edilmiştir.

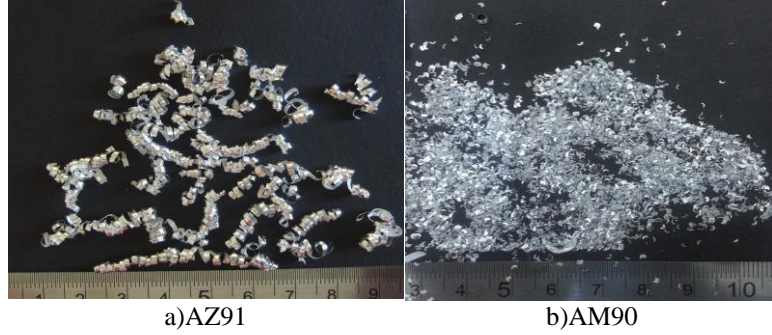


Şekil 7. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımları Kesici Uçların SEM Görüntüleri ($V_c:168$ m/dk, $DoC:1$ mm, $f:0.10$ mm/dev)

AZ91 ve AM90 serisi magnezyum alaşımlarının işlenmesinden elde edilen talaş görüntüleri Şekil 8.’de görülmektedir. Talaş görüntüleri incelendiğinde AM90 alaşımında oluşan talaşların daha küçük boylarda ve daha kıvrımlı bir şekilde meydana gelirken AZ91 alaşımında oluşan talaşların ise daha uzun boylarda ve helisel biçimli olduğu görülmüştür[12-17]. AM90 alaşımında oluşan talaşların Al_8Mn_5 intermetalik fazının etkisiyle daha küçük boylarda ve gevrek kırılma sonucu oluştuğu, AZ91 alaşımında ise $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazının

7. ULUSLARARASI TALAŞLI İMALAT SEMPOZYUMU 3-5 KASIM 2016 MARMARA ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL

etkisiyle daha uzun ve sünek kırılma sonucu meydana geldiği söylenebilir (Şekil 7). AM90 alaşımından elde edilen talaşların AZ91'e göre daha sert ve kırılğan oldukları söylenebilir. Her iki alaşım da talaşların oluşmasında alaşım içinde bulunan Zn'nin ve Mn'nin varlığıyla/etkisiyle oluşan intermetalik fazların ($Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5) etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 8. AZ91 ve AM90 Magnezyum Alaşımlarının Talaşları ($V_c:168 m/dk$, DoC:1mm, f:0.10 mm/dev)

4. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmadan şu sonuçlar elde edilmiştir;

- AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarında intermetalik fazların oluşumunda Zn'nin ve Mn'nin etkili olduğu görülmüştür. AZ91 ve AM90 alaşımlarının bileşiminde bulunan Zn'nin ve Mn'nin mikroyapıda oluşan intermetalik fazların ($Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5) oluşumu ve türü üzerinde etkili olmasının yanı sıra alaşımların mekanik özellikleri (sertlik, kopma ve akma mukavemeti, % uzaman), aşınma direnci ve işlenebilirliği üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- AZ91 ve AM90 magnezyum alaşımlarında oluşan $Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5 intermetalik kesme kuvvetlerini etkilediği ve işlenebilirlik üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- AM90 alaşımının (Al_8Mn_5 intermetalik fazının olduğu) sertlik ve aşınma direncinin, AZ91 alaşımından ($Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik fazının olduğu) daha yüksek olduğu görülmüştür. AZ91 alaşımının kopma ve akma mukavemetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Öte yandan, AZ91 alaşımının işlenebilirliği daha yüksektir.
- Talaşların oluşmasında $Mg_{17}Al_{12}$ ve Al_8Mn_5 intermetalik fazların etkili olduğu gözlenmiştir. Daha yüksek sertlikteki AM90 alaşımının işlenmesiyle oluşan talaşlar daha küçük boylarda oluşurken, AZ91'de alaşımda oluşan talaşların daha uzun boylarda olduğu görülmüştür.
- İntermetalik fazların yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu görülmüştür. AZ91 magnezyum alaşımında AM90'a göre daha pürüzlü yüzeyler elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Friedrich, H.E., Mordike, B.L., 2006. Magnesium Technology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany
- [2] Mehta, D.S., Masood, S.H., Song, W.Q., 2004. Investigation of wear properties of magnesium and aluminum alloys for automotive applications. Journal of Materials Processing Technology, 155-156; 1526-1531
- [3] Tönshoff, H. K., Denkena, B., Winkler, R J., Podolsky, C., 2006. Machining, Magnesium Technology, Metallurgy, Design Data, Applications, (Ed. H. E. Friedrich and B. L.Mordike), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 398
- [4] Srinivasan, A., Ajithkumar, K.K., Swaminathan, J., Pillai, U.T.S., Pai, B.C., 2013.Creep behavior of AZ91 magnesium alloy. Procedia Engineering 55; 109-113
- [5] Li-jie, C., Guo-rui, M., Chun-chong, T., 2012. Effects of isothermal process parameters on semisolid microstructure of Mg 8%Al 1%Si alloy. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 22; 2364-2369
- [6] M.Unal, 2008. An Investigation of Casting Properties of Magnesium Alloys, Gazi University, Institute of Science And Technology, Ph.D. Thesis

**7. ULUSLARARASI TALAŞLI İMALAT SEMPOZYUMU 3-5 KASIM 2016 MARMARA ÜNİVERSİTESİ,
İSTANBUL**

- [7] Srinivasan, A., Swaminathan, J., Pillai, U.T.S., Guguloth, K., Pai, B.2008. CEffect of combined addition of Si and Sb on the microstructure and creep properties of AZ91 magnesium alloy. *Materials Science and Engineering A*, 485; 86–91
- [8] Xin-lin, L., Yan-bin, C., Xiang, W., Guo-rui, M.A., 2010. Effect of cooling rates on as-cast microstructures of Mg-9Al-xSi (x=1, 3) alloys, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 20; 393–396
- [9] Srinivasan, A., Swaminathan, J., Gunjan, M.K., Pillai, U.T.S., Pai, B.C. 2010. Effect of intermetallic phases on the creep behavior of AZ91 magnesium alloy, *Materials Science and Engineering A*, 527: 1395–1403
- [10] Akyüz, B., 2013. Influence of Al content on the machinability of AZ series cast Mg alloys. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 23; 2243–2249, DOI:10.1016/S1003-6326(13)62724-7.
- [11] Akyüz, B., 2014. Influence of Aluminum Content on Machinability of AS Series Cast Magnesium Alloys, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Volume 24, Issue 11, p.3452-3458, DOI: 10.1016/S1003-6326(14)63488-9.
- [12] Ma, G. R., Li, X. L., Xiao, L., Li, Q. F. 2010. Effect of holding temperature on microstructure of an AS91 alloy during semisolid isothermal heat treatment. *Journal of Alloys and Compounds*, 496(1), 577-581.
- [13] Dargusch, M.S., Bowles, A.L., Pettersen, K., Bakke, P., Dunlop, G.L., 2004. The Effect of Silicon Content on the Microstructure and Creep Behavior in Die-Cast Magnesium AS Alloys. *Metalurgical and Materials Transactions A*, Volume 35A; 1905
- [14] Tomac, N., Tønnesen, K., Mikac, T., 2008. Study of Influence of Aluminum Content on Machinability of Magnesium Alloys, *Strojarsstvo*, 50 (6); 363 – 367
- [15] Zhao, X.L., Tang, Y., Deng, W.J., Zhang, F.Y., 2007. Effect of Tool Flank Wear on the Orthogonal Cutting Process. *Key Engineering Materials*, Vol. 329; 705-710
- [16] Tönshoff, H.K., Winkler, J., 1997. The Influence of Tool Cutting in Machining of Magnesium. *Surface and Coating Technology*, 94-95; 610-616
- [17] Tönshoff, H.K., Friemuth, T., Winkler, J., Podolsky, C., 2006. Improving the Characteristics of Magnesium Workpieces by Burnishing Operations, *Magnesium Alloys and their Applications*, (Edited by K. U. Kainer) WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, 406
- [18] Liu, K., Li, X.P., Liang, S.Y., 2007. The mechanism of ductile chip formation in cutting of brittle materials, *Int J Adv. Manuf. Technology* 33, 875-884
- [19] Malik, M.A., Majchrzak K., Braszczyńska-Malik, K. N., 2012. Microstructural analysis of AM50/Mg2Si cast magnesium composites. *Archives of Foundry Engineering* 12.4 : 109-112