



Eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile alüminyum-magnezyum makrokompozit imalatı ve karakterizasyonu

Manufacturing and characterization of aluminium-magnesium macrocomposite by co-extrusion

Harun MİNDİVAN^{1*}

¹Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye.

harun.mindivan@bilecik.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 23.01.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 18.04.2016

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2016.25932

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile boyutu milimetre aralığında değişen ticari kalitede saf magnezyum talaşını takviye elemanı olarak kullanarak alüminyum/magnezyum makrokompozit üretilmiştir. Kompozit karışımı 400 °C'de 9:1 ekstrüzyon oranında ekstrüzyon işlemine tabi tutulmuştur. Makrokompozitin karakterizasyonu mikroyapısal inceleme, yoğunluk ve sertlik ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon sonucunda alüminyum alaşımı ve magnezyum talaşı arasında yapısal bütünlüğün sağlandığı ve magnezyum talaşının katı halde geri kazanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Magnezyum talaşı, Makrokompozit, Eş kalıp ekstrüzyon

Abstract

In this study, aluminum-magnesium macrocomposite containing millimetre scale pure magnesium chips reinforcement was fabricated. The composite was extruded at 400 °C with an extrusion ratio of 9:1. Characterization of the macrocomposites was carried out by microscopic examinations, density and hardness measurements. This work demonstrated that not only the structural integrity between aluminum alloy and magnesium chips but also the possibility of the solid state recycling of magnesium chips can be provided.

Keywords: Magnesium chips, Macrocomposite, Co-extrusion

1 Giriş

Magnezyum (Mg), 1.74 g/cm³lük yoğunluğu ile endüstride kullanılan yapısal metalik malzemeler arasında en hafif olanıdır. Mg alaşımları, düşük yoğunluğun yanı sıra sahip oldukları yüksek spesifik mukavemet (mukavemet/yoğunluk), kolay işlenebilme ve geri kazanım, yüksek titreşim ve darbe sönümleme kapasitesi gibi özellikleri ile yapısal ve yapısal olmayan sektörler için vazgeçilmez malzemeler arasındadır. Ancak, bu alaşımların oda sıcaklığı mukavemetlerinin düşük olması, yetersiz sürünme dirençleri, oda sıcaklığında gözlenen düşük süneklikleri ve elektrokimyasal olarak oldukça aktif bir metal olmasından kaynaklanan düşük korozyon direnci yüksek performans gerektiren uygulamalardaki kullanımlarını sınırlamaktadır [1]-[7]. Mg alaşımları; her ne kadar radar izleme tablosu, anten, el telsizi, kamera, cep telefonu ve taşınabilir bilgisayar kasalarında, biyomalzeme uygulamaları, metalurjik prosesler gibi farklı uygulamalarda kullanılıyor olsalar da bu malzemeler için esas talep hafiflik ve yüksek mukavemetin ön planda olduğu dış cephe elemanı, otomotiv ve havacılık endüstrisinden gelmektedir. Dış cephe elemanı (AVM, okul, stadyum, havaalanı, yurtlar, otel), otomotiv ve havacılık endüstrisinde (debriyaj ve fren pedal destek kelepçeleri, direksiyon simidi, koltuk çerçevesi, manuel şanzımanları, motor bloğu) ortaya çıkan farkındalık birçok sanayi dalını da bu yönde cesaretlendirmiştir [1],[2]. Bu parçalar görevlerini yerine getirirken 50-100 MPa seviyesindeki gerilmelere ve korozyona da maruz kalmaktadırlar. Ne yazık ki ticari Mg alaşımları bu performansı karşılayamamakta, deneysel olarak üretilen ve belirtilen şartlarda yeterli mekanik özellikleri sağlayan alaşımlar da pahalı alaşım elementleri içermelerinden dolayı ekonomiktikten uzak olmaktadır. Bu problemleri çözmek için kompozit malzeme yaklaşımı denenmiş ve Mg alaşımları

çeşitli seramik partikül ve fiberlerle takviye edilmiştir [1],[5],[8]. Seramik takviye elemanları elastisite modülü, sertlik, akma ve çekme mukavemetlerinde belirgin bir artış sağlasalar da; Mg/takviye ara yüzey reaksiyon sonucu meydana gelen kırılğan metaller arası bileşikler sünekliğin %1'in altına düşmesine ve ıslanabilirliğin az olmasından kaynaklanan gözeneklik oluşumu ise korozyon direncinin düşmesine neden olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, alaşımlama ya da seramik takviyesi ile elde edilemeyen, oda sıcaklığı mukavemetleri dış cephe elemanı, otomotiv ve havacılık uygulamaları için yeterli olan Al/Mg kompozitin eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile üretilmesidir. Eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile kompozit üretimi, iki metalin mükemmel performansını birleştiren ve olumsuz özelliklerini ise azaltan metallerin mukavemet, süneklik, darbe, yorulma ve kırılma gibi mekanik özellikleri olumlu yönde iyileştirmede etkili olan konstrüksiyon ağırlığında tasarruf sağlayan ekonomik getirisi yüksek bir yöntemdir [7]. Ulaşılması beklenen diğer bir hedef ise atık olarak dikkate alınan Mg talaşını geleneksel olarak ergiterek geri kazanma yerine eş kalıp ekstrüzyon ile doğrudan geri kazanmaktır. Eş kalıp ekstrüzyon ayrıca düşük korozyon direnci sergileyen ve sınırlı şekil verilebilirliğe sahip Mg alaşımlarının yüzeyini nemli hava ve tuzlu su atmosferinde korozyona dirençli ve şekil verilebilirliği yüksek olan Al metali ile kaplama imkânı sunmaktadır [6],[7]. Al/Mg arayüzeyinde yeterli bağlanma elde etmek için mekanik bağlanma ve difüzyon bölgesinin oluşması önemlidir. Hem imalat yönteminin (eş kalıp ekstrüzyon) hem de kullanılan kompozit bileşenlerinin (Al/Mg çift tabakalı kompozit) uygulamada sağladığı esneklik ile, yarının mukavemetli, hafif ve korozyona dirençli malzemelerini tasarlamak ve üretmek mümkündür.

2 Materyal ve metod

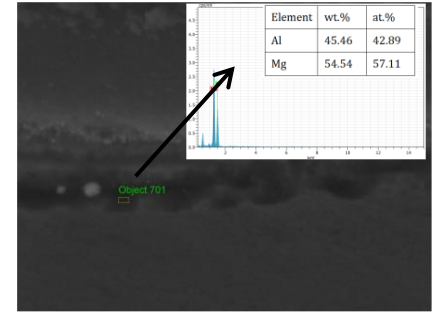
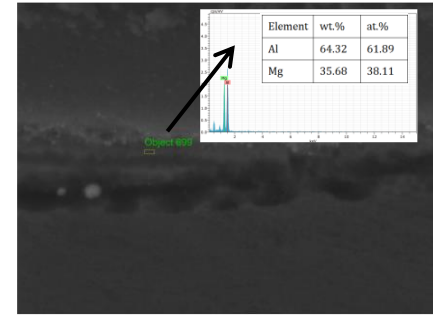
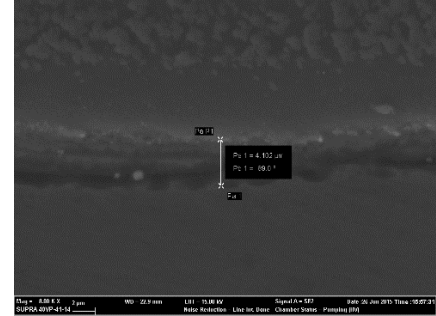
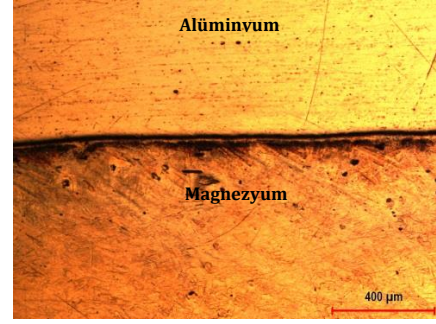
Bu çalışmada elek analizinden geçirilerek partikül boyutu 0.57 mm olan saf Mg talaşı 30 mm çapında 50 mm yüksekliğinde dairesel şekle sahip 7075 kalite Al alaşımının göbek kısmında açılan 15 mm çapındaki boşluk içerisine doldurularak soğuk preslenmiştir. Al/Mg tabakalı kompozitin ara yüzeyinde yapısal bütünlüğü sağlamak, Mg talaşları arasındaki oksit tabakasını kırarak sünekliliği iyileştirmek, tamamen yoğun ve nihai şekle sahip makrokompozit üretmek için 30 mm çapındaki Al/Mg kompozit bileşeni 100 ton kapasiteli dikey eksenli hidrolik pres yardımı ile 9:1 ekstrüzyon oranında 400 °C'de sıcak ekstrüze edilerek 10 mm çapında 100 mm uzunluğunda Al/Mg makrokompozit üretilmiştir.

Üretilen kompozit daha sonra mikroyapısal inceleme, yoğunluk ve sertlik ölçümlerine tabi tutulmuştur. Mikroyapı incelemeleri için kompozitin kesiti standart metalografik yöntemle hazırlanmıştır. Kompozite ait mikroyapısal görünüm için optik mikroskop (OM) ve enerji saçınımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) donanımlı taramalı elektron mikroskopundan (SEM) elde edilmiştir. Yoğunluk ölçümü gaz piknometresi ile belirlenmiştir. Kompozit kesit boyunca kesilip metalografik işlemlerle hazırlandıktan sonra Shimadzu HVM mikrosertlik cihazında Vickers batıcı uç kullanılarak 10 g yük altında $HV_{0.01}$ cinsinden sertlikleri belirlenmiştir. Kesit boyunca en az başarılı 5 ölçüm alınmış olup verilen sertlik değerleri bu ölçümlerin ortalamasıdır.

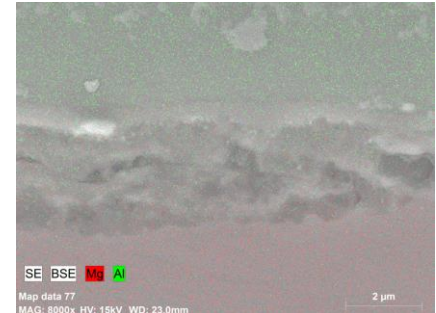
3 Bulgular ve tartışma

Üretilmiş kompozitin kesit mikroyapısında gerçekleştirilen SEM ve elemental X-ışınları haritalama sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2'de sırası ile verilmiştir. Al/Mg arayüzeyi ince difüzyon tabakası (~4 µm) ile karakterize edilmektedir. Bu difüzyon tabakası kalınlığı Al ve Mg arayüzeyinde atomların hareketini göstermektedir. EDX analizi bu difüzyon bölgesinin Al'ca zengin bölge, geçiş bölgesi ve Mg'ca zengin bölge olmak üzere üç bölgeden oluştuğunu göstermektedir (Şekil 1 ve Şekil 2). Farklı kaynak teknikleri ile birleştirilmiş Al ve Mg alaşımlarının arayüzeyinde gerçekleştirilen XRD analiz sonuçlarına göre difüzyon bölgesi içinde Mg'ca zengin fazın $Al_{12}Mg_{17}$ (γ) ve Al'ca zengin fazın ise Al_3Mg_2 (β) olabileceği ileri sürülmüştür [9]. Şekil 3'te arayüzey bölgesine ait EDX profil değişimi verilmektedir. EDX taraması Al bölgesinden başlayıp Mg bölgesinde sona ermektedir. Arayüzey bölgesinde her iki alaşımın şiddet değerleri aynıdır ve arayüzey bölgesinden uzaklaştıkça Al ve Mg'a ait şiddet değerleri değişmektedir (Şekil 3). Bu durum Al ve Mg arasında iyi bir arayüzey bağlanmanın gerçekleştiğini göstermektedir. Üretilen kompozitin yoğunluğu ise 2.45 g/cm³ olarak ölçülmüştür. Al'un yoğunluğu 2.74 g/cm³ olarak alınırsa üretilen kompozitin ağırlığı Al'a nazaran % 12 azalmıştır.

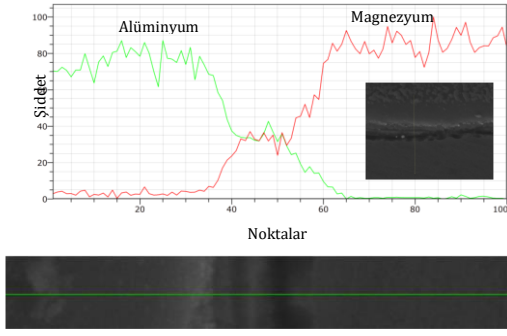
Ara yüzey boyunca mikrosertlik profili arayüzeydeki bağlanmanın mekanik özelliklerini belirlemede önemli bir faktör olduğu için Şekil 4'te Al/Mg kompozitin mikrosertlik değişimi verilmiştir. Buna göre eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile üretilen kompozitte Al metali Mg metaline nazaran daha yüksek sertlik değerleri sergilemiştir. Arayüzeye bitişik Al ve Mg bölgelerinde en yüksek sertliğin elde edilmesi plastik deformasyon sırasında oluşan yüksek dislokasyon yoğunluğundan veya Al-Mg metaller arası bileşiklerin oluşmasından kaynaklanabilir.



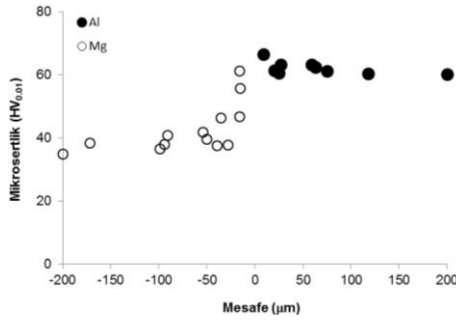
Şekil 1: Bu çalışmada incelenen kompozitin arayüzey OM, SEM fotoğrafları ve EDX analiz sonuçları.



Şekil 2: Kompozit arayüzey mikroyapı fotoğrafı ve bu fotoğrafta ait Al ve Mg elementleri için SEM X-ışınları haritaları.



Şekil 3: Al/Mg makrokompozit arayüzünde yapılan EDX taraması.



Şekil 4: Al/Mg arayüzey boyunca (µm) mikrosertlik değişimi.

4 Sonuç ve öneriler

Eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile üretilen Al/Mg makrokompozitin karakterizasyon davranışlarının araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile boyutu milimetre aralığında değişen ticari kalitede saf magnezyum talaşını takviye elemanı olarak kullanılarak Al/Mg makrokompozit üretilmiştir ve Mg talaşı katı halde geri kazanılmıştır,
2. Mikroyapısal incelemeler eş kalıp ekstrüzyon yöntemi ile üretilen kompozitin birleşme arayüzünde ayrılma gözlenmemiş olup yapısal bütünlük ve iyi bir arayüzey bağlanma elde edilmiştir,
3. Kompozit arayüzeyinde yapılan mikrosertlik ölçümlerinde en yüksek sertlik değeri Al/Mg arayüzeye bitişik bölgede olduğu tespit edilmiştir ve elde edilen sertlik değerleri arayüzey bölge oluşumuyla uyumludur.

4. Mg talaşının takviye elemanı olarak kullanılmasından dolayı üretilen kompozitin ağırlığı azalmıştır.

5 Teşekkür

Bu çalışma, finansal olarak Doç. Dr. Harun MİNDİVAN yürütücülüğündeki “Eş Kalıp Ekstrüzyon Yöntemi ile Alüminyum-Magnezyum (Al/Mg) Makrokompozit İmalatı ve Karakterizasyonu” isimli BAP 2015-02.BŞEÜ.03-02 projesinden desteklenmiştir.

6 Kaynaklar

- [1] Mordike BL, Ebert T. “Magnesium: Properties-applications-potential”. *Materials Science Engineering: A*, 302(1), 37-45, 2001.
- [2] Kulecki MK. “Magnesium and its alloys applications in automotive industry”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(9), 851-865, 2008.
- [3] Paramsothy M, Srikanth N, Gupta M. “Solidification processed Mg/Al bimetal macrocomposite: microstructure and mechanical properties”. *Journal of Alloys and Compounds*, 461(1-2), 200-208, 2008.
- [4] Paramsothy M, Gupta M, Srikanth N. “Processing, microstructure and properties of a Mg/Al bimetal macrocomposite”. *Journal of Composite Materials*, 42(24), 2567-2584, 2008.
- [5] Paramsothy M, Hassan SF, Srikanth N, Gupta M. “Simultaneously enhanced tensile and compressive response of AZ31-Nano Al2O3-AA5052 macrocomposite”. *Journal of Materials Science*, 44, 4860-4873, 2009.
- [6] Thirumurugan M, Anka Rao S, Kumaran S, Srinivasa Rao T. “Improved ductility in ZM21 magnesium-aluminium macrocomposite produced by co-extrusion”. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(10), 1637-1642, 2011.
- [7] Wu Y, Feng B, Xin Y, Hong R, Yu H, Liu Q. “Microstructure and mechanical behavior of a Mg AZ31/Al 7050 laminate composite fabricated by extrusion”. *Materials Science and Engineering: A*, 640, 454-459, 2015.
- [8] Roy S, Kannan G, Suwas S, Surappa MK. “Effect of extrusion ratio on the microstructure, texture and mechanical properties of (Mg/AZ91)M-Sicp composite”. *Materials Science and Engineering: A*, 624, 279-290, 2015.
- [9] Förstera W, Binotsch C, Awiszus B, Dietrich D, Nickel D. “Interface engineering of aluminum-magnesium compounds”. *Materials Today: Proceedings*, 2(1), 3-8, 2015.