

Reo-Dökümle Üretilmiş AA7075 Alüminyum Alaşımının Metalografik İncelenmesi

Volkan KILIÇLI*, Aşkın Hayat USLU, Meltem ÇİFCİ, Neşet AKAR

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara

(Geliş/Received : 22.06.2016 ; Kabul/Accepted : 18.10.2016)

ÖZ

Bu çalışmada reo-döküm yöntemiyle şekillendirilen AA7075 alüminyum alaşımının mikroyapısı ve döküm hataları metalografik olarak araştırılmıştır. Al-Zn alaşımlarından endüstride en çok kullanılan ve dövme alüminyum alaşımı olan AA7075 alaşımı yarı-katı metal şekillendirme tekniklerinden reo-döküm yöntemiyle şekillendirilmiştir. Reo-dökümde döndürmeli entalpi dengeleme (swirled enthalpy equilibrium device-SEED) işlemi ile üretilen numuneler kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, AA7075 alaşımının reo-dökümle şekillendirilebileceğini göstermiştir. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında dentritik mikroyapı yerine küresel şekilde mikroyapı oluşmuştur. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında, sıvı fazca zengin olan bölgelerde mikro segregasyonun sıcak yırtılmaya neden olduğu anlaşılmıştır. Radyografik muayene sonucunda merkezde çekme boşluğu ve sıcak yırtılmanın varlığı tespit edilmiştir. Numunelerin kenar bölgelerinde sıvı segregasyonundan dolayı sertlik değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yarı-katı metal şekillendirme, reo-döküm, AA7075 alaşımı, sıcak yırtılma, sıvı segregasyonu.

Metallographic Examination of AA7075 Alloy Produced By Rheocasting

ABSTRACT

In this study, microstructure and casting defects were investigated metallographically in AA7075 alloy part produced by rheocasting. AA7075 Al alloy is one of the most widely used Al-Zn alloy in the industry was formed by the rheocasting method, which is one of the semi-solid metal forming process. Specimens produced by the swirled enthalpy equilibrium device (SEED) process were used in rheocasting. Experimental results showed that AA7075 could be formed by rheocasting. In rheocast AA7075 aluminum alloy, globular grains were formed rather than dendrite in the microstructure. It is understood that in the liquid-rich regions, microsegregation were caused hot tearing in AA7075 aluminum alloy produced by rheocast casting. According to radiographic examination, the presence of hot tearing and shrinkage in the center of specimens was determined. It was found that lower hardness values obtained in the edge regions of the specimens due to liquid segregation.

Keywords: Semi-solid metal forming, rheocasting, AA7075 alloy, hot tearing, liquid segregation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çinko, bakır ve magnezyum temel alaşım elementleri içeren ticari dövme alüminyum alaşımlarından biri olan AA7075 alüminyum alaşımları 505 MPa akma dayanımı ve % 11 uzama değerleri gibi oldukça yüksek mekanik özelliklere sahiptirler. Bu alaşımlar yüksek mekanik özelliklerinin yanı sıra düşük yoğunluk, iyi korozyon direnci, işlenebilirlik, elektrik iletimi gibi birçok mükemmel özelliklere sahip olduğundan dolayı uzay, savunma, havacılık ve otomotiv endüstrisinde yaygın kullanım alanına sahiptir [1,2].

Dövme alüminyum alaşımlarının sıvı durumda akıcılık özelliklerinin çok kötü olmasından dolayı geleneksel döküm yöntemi ile şekillendirilmesi oldukça zordur. Bu alaşımlardan üretilen karmaşık şekilli parçalar çoğunlukla talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak elde edilirler. Bu üretim yöntemlerinin çok pahalı olması, üretim süresinin çok uzun olması ve işleme sırasında çok fazla atık ürünün çıkması gibi birçok dezavantajları vardır [4].

Yarı-katı metal (YKM) şekillendirme yöntemleri; geleneksel dövme ve döküm yöntemlerine alternatif döküm alaşımlarının yanı sıra dövme alaşımlarının da kolaylıkla şekillendirilebildiği yeni yöntemlerdir [5,6]. YKM şekillendirme yöntemleri temelde iki guruba ayrılabilir. Alaşımların katılma esnasında karıştırılması ile dendritik olmayan küresel şekilli mikroyapıya sahip hamurumsu halde malzeme üretilmesi ve bu malzemenin sıvı metal gibi doğrudan bir kalıba enjekte edilmesi "reo-döküm" olarak adlandırılmaktadır. "Tikso-döküm" ise yarı-katı bölgeye ısıtılarak bu sıcaklıkta küresel mikroyapı sergileyen besleme stoklarının bir kalıba enjekte edilmesi işlemidir [7].

Küresel şekilli mikroyapı, yarı-katı halde tiksotropik davranış gösterdiğinden küresel şekilli mikroyapıya sahip ön malzeme hazırlığı tiksotoks-döküm ve reo-döküm yöntemleri ile şekillendirme için zorunludur. Küresel şekilli mikroyapıya sahip ön malzeme hazırlığı için birçok yöntem mevcuttur [3-7]. Reo-döküm ön malzeme hazırlığı için Kanada'da ALCAN firması tarafından geliştirilen, ticari olarak kullanılan yöntemlerden biri de döndürmeli entalpi dengeleme (swirled enthalpy equilibrium device-SEED) yöntemidir [8,9].

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: vkilicli@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) :

Mevcu literatürde, reo-döküm yöntemi ile 7075 alüminyum alaşımlarının şekillendirilmesi üzerine oldukça çok az çalışma yapılmıştır [10-14]. Curle ve arkadaşları [10-12] ön malzeme hazırlığı için patentli (US7368690) zorlanmış hava ile soğutulan indüksiyon döndürme yöntemini (induction stirring with simultaneous forced air cooling) kullanırken diğer iki çalışmada ise sırasıyla ters konik döküm kanalı [13] ve dönen kalıba düşük sıcaklıkta döküm [14] yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmalarda karmaşık olmayan basit kütle kesitli parçaların üretimi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada SEED yöntemi kullanılarak AA7075 alaşımından reo-dökümle karmaşık şekilli bir geometriye sahip ambulans sedye ayağı üretimi hedeflenmiştir. AA7075 alaşımının reo-döküm yöntemi ile elde edilen döküm parçada oluşan döküm hataları, mikroyapı ve sertlik değişimleri araştırılmıştır.

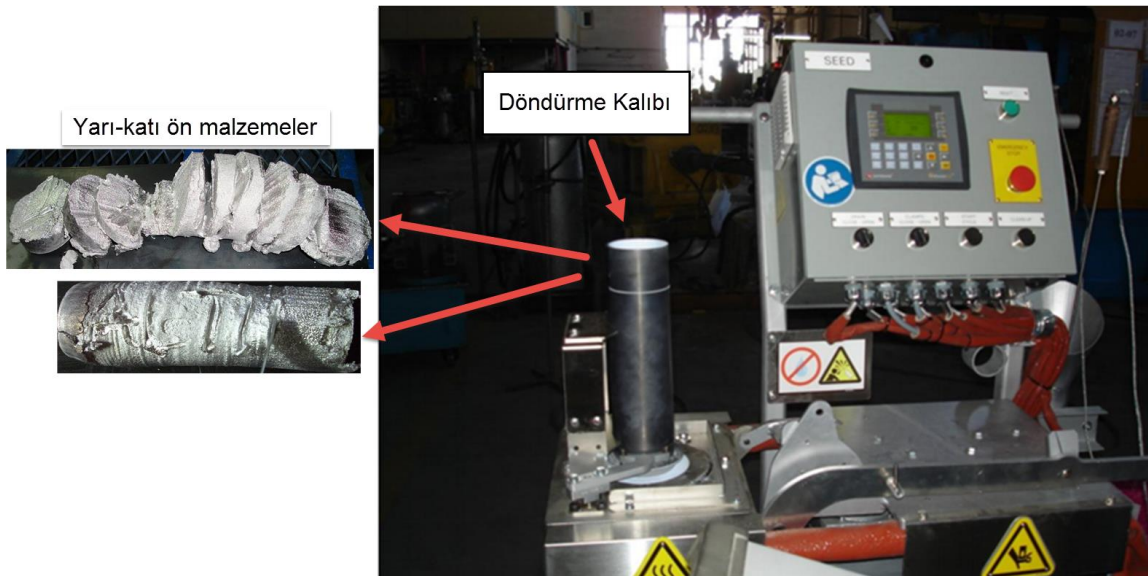
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Bu çalışmada, karmaşık şekilli ambulans sedye ayağının reo-döküm yöntemi ile üretilmesinde kullanılan AA7075 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir. Kimyasal kompozisyonun belirlenmesinde Bruker marka Q4 Tasman model optik emisyon spektrometresi kullanılmıştır.

Çizelge 1. AA7075 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu; ağırlıkça % (Chemical composition of AA7075aluminum alloy; weight percent)

Zn	Mg	Cu	Mn	Si	Fe	Cr	Ti	Al
5,290	1,990	1,084	0,294	0,540	0,559	0,161	0,156	Kalan

Reo-döküm yöntemi ile metal şekillendirmede yarı-katı (hamurumsu) ön malzeme üretimi Şekil 1'de görülen döndürmeli entalpi dengeleme ünitesi (Swirled Entalphy Equilibrium Device-SEED) ile gerçekleştirilmiştir.

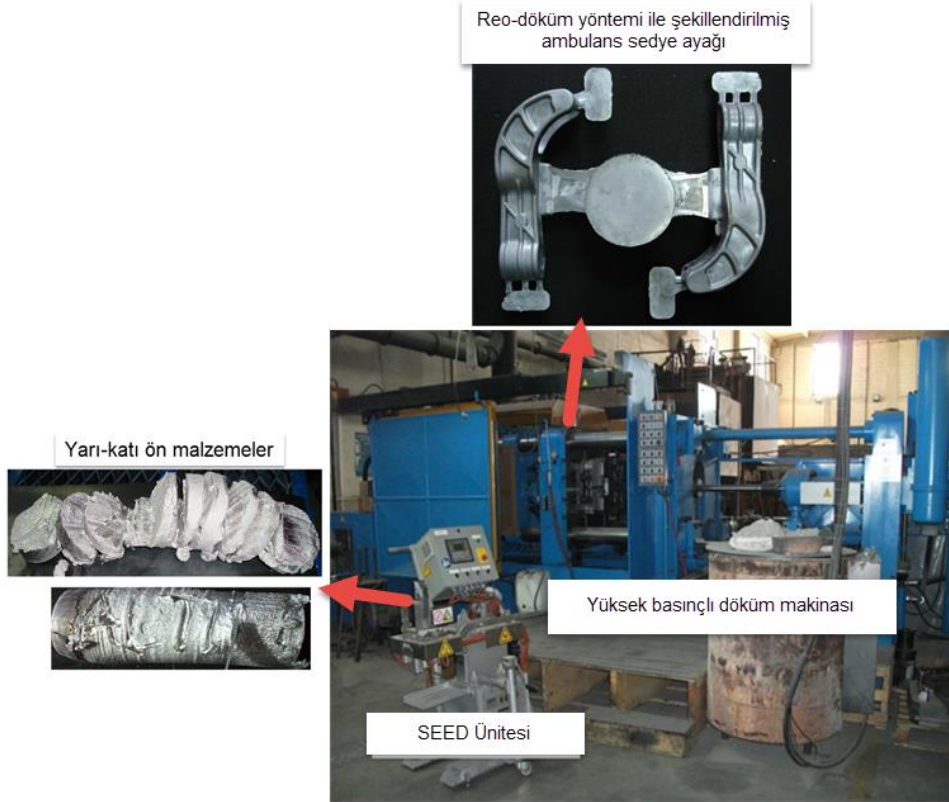


Şekil 1. SEED ünitesi ve yarı-katı ön malzemeler (SEED unit and semi-solid feedstocks)

Ergitilmiş sıvı metal 660°C'de döndürme kalıbına döküldükten sonra 200 rpm dönme hızı ile dönme ekseninden 12 mm uzaktaki döndürme kalıbı 70 s çalkalama işlemine tabi tutulmuş ve daha sonra 5 s bekleddikten sonra ön malzeme üretimi tamamlanmıştır.

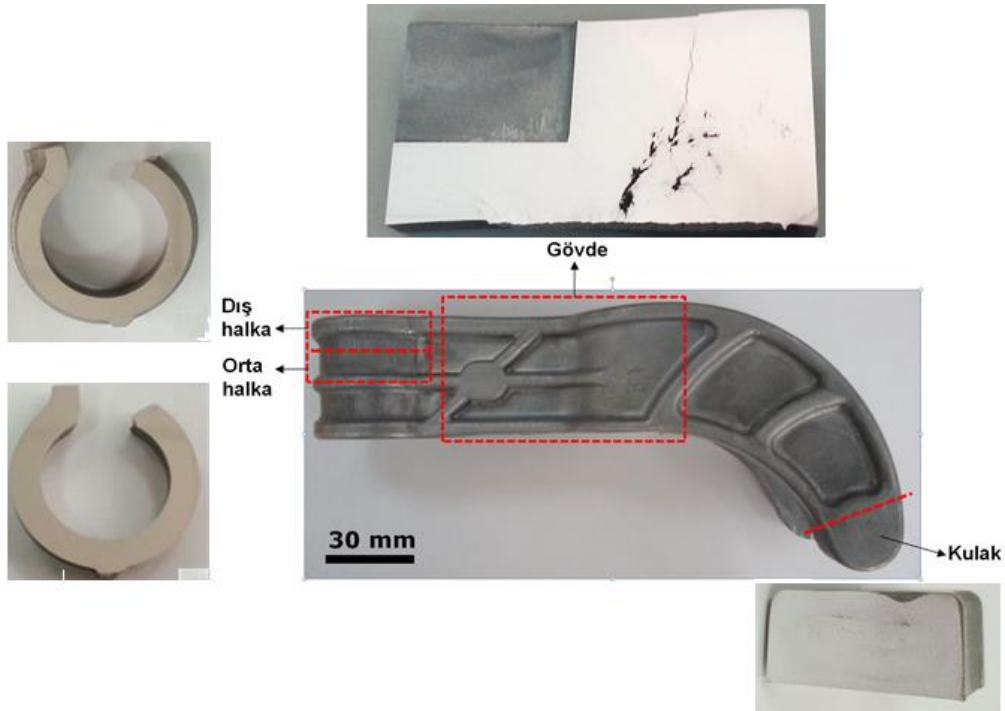
Yarı-katı ön malzeme işlemleri tamamlandıktan sonra yarı-katı ön malzemeler Şekil 2'de görülen 7473 kN kalıp kapama kapasitesine sahip yüksek basınçlı döküm makinasında 250°C'deki kalıba yaklaşık 0,5 m/s hız ile enjekte edilerek şekillendirilmiştir.

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağının metalografik olarak incelemek için Şekil 3'te gösterildiği gibi parçanın farklı bölgelerinden dört numune alınmıştır. Numuneler ATM marka Brillant 250 model abrasif kesme cihazında metalografik olarak incelemeye uygun boyutlarda kesilmiştir. Numuneler standart zımparalama ve parlatma işleminin ardından Kellers çözeltisi (190ml saf su, 5ml HNO₃, 3ml HCl, 2ml HF) ile dağlama işlemine tabii tutulmuştur. Mikroyapıların görüntülenmesinde Leica DMI 5000M model optik mikroskop kullanılarak mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir. Ayrıca ambulans sedye ayağının yüzeyinde tespit edilen kusurlar Leica M205C model stereo mikroskop kullanılarak görüntülenmiştir.



Şekil 2. Reo-döküm şekillendirme ünitesinin görünümü (A view of rheo-casting process unit).

Mikroyapı karakterizasyonunda Jeol marka JSM 6060 LV model tarama elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Noktasal ve bölgesel elementel analiz tarama elektron mikroskobuna bağlı IXRF marka EDS (enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Metalografik inceleme örnekleri (Specimens for metallographic examination)

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımının mikroyapısındaki metallerarası bileşikler (intermetalikler) X-ışınları kırınımı (X-RD) ile karakterize edilmiştir. X-ışınları kırınımı Bruker D8 Advance X-ışınları difraktometresinde 40 kV ve 40 mA monokromatik Cu K α ışını kullanılarak elde edilmiştir. Parlatılmış ve dağlanmış numune yüzeyinden iki teta (2 θ) 30-50 ° aralığı 0.02°/dk hızla tarama yapılmıştır.

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağının yüzeyindeki hataları daha iyi açığa çıkarmak için sıvı penetrant muayenesi yapılmıştır. Sıvı penetrant muayenesi yüzey temizliği, sıvı penetrant uygulaması (15 dak bekleme), ara temizleme ve geliştirici aşamaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

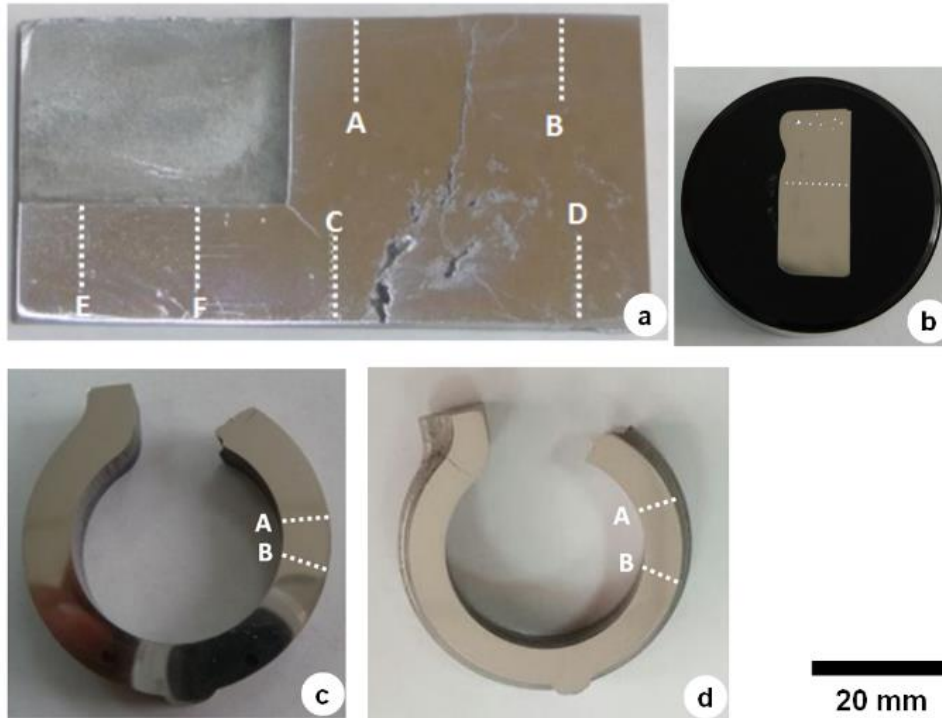
Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağında çekme gözeneği ve sıcak yırtılma gibi hataların tespiti için X-ışınları radyografisi ile tahribatsız muayene yapılmıştır. X-ışınları radyografisi gerçek zamanlı X-ışınları cihazında film kullanılmadan dijital resim olarak çekilmiştir. X-ışınları ile radyografik muayene Medex Loncin marka GemX-G200 model X-ışınları radyografi cihazında 90 kV ve 1200 mA ile gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin sertliklerini belirlemek için Vickers sertlik ölçme yöntemi kullanılmıştır. Sertlik ölçümleri Qness marka Q30M model sertlik ölçüm cihazında 49 N (5 kgf) yükte 136° elmas piramit uç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Reo-dökümle üretilmiş numunelerin sertlikleri, Şekil 4'te gösterilen hat boyunca kenarda merkeze doğru 1 mm aralıklarla sertlik ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Makroyapı ve Mikroyapı Karakterizasyonu (Macrostructural and Microstructural Characterization)

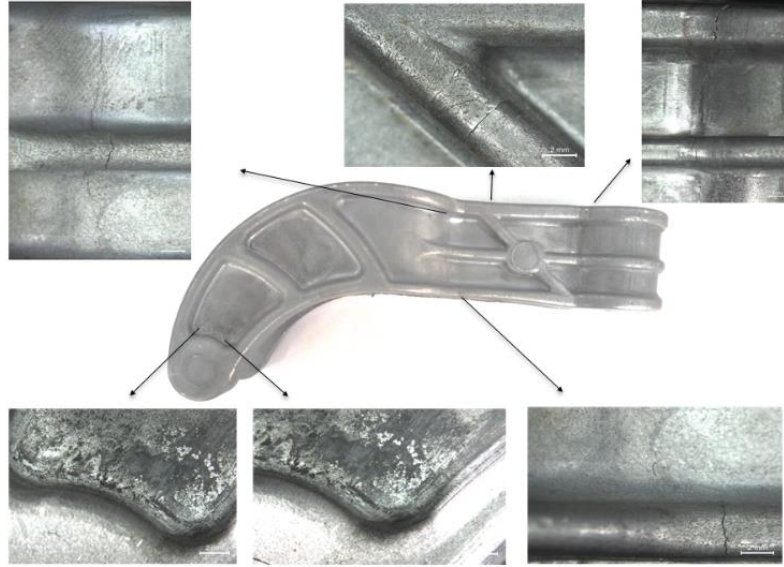
Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağının yüzey makro fotoğrafları Şekil 5'te verilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere, kesit ve yükseklik farklılıklarının olduğu yüzeylerde sıcak yırtılma kaynaklı çatlaklar gözlenmiştir. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağının radyografik muayene fotoğrafları ve sıvı penetrant muayene sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Yüzeyde gözlenen bu sıcak yırtılma kaynaklı çatlaklar, uygun olmayan reo-döküm işlem parametrelerine (uygun olmayan basma hızı ve uygun olmayan sıvı-katı oranı) ve düşük kalıp sıcaklığına bağlı olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde araştırmacılar, AA7075 alaşımının yarı katı şekillendirilmesinde uygun olmayan yarı katı döküm işlem parametrelerinin (uygun olmayan sıvı-katı oranı, yanlış kalıp ve yolluk tasarımı ve düşük kalıp sıcaklığı) sıcak yırtılmalar ve mikroyapıda hataların oluşmasına sebebiyet verdiğini bildirmektedirler [8,9,15-20]. Vaneetveld ve arkadaşları [16] düşük sıvı oranlarında (% 15-16) dahi kalıbın keskin köşelerinde sıvı segregasyonu oluştuğunu ve buna bağlı olarak bu bölgelerde sıcak yırtılma ve çekme gözeneğinin meydana geldiğini bildirmektedirler. Bu çalışmada, et kalınlığının 30 mm ve üzerinde olduğu durumlarda merkezde çekilme boşluğu görülmüştür (Şekil 6).



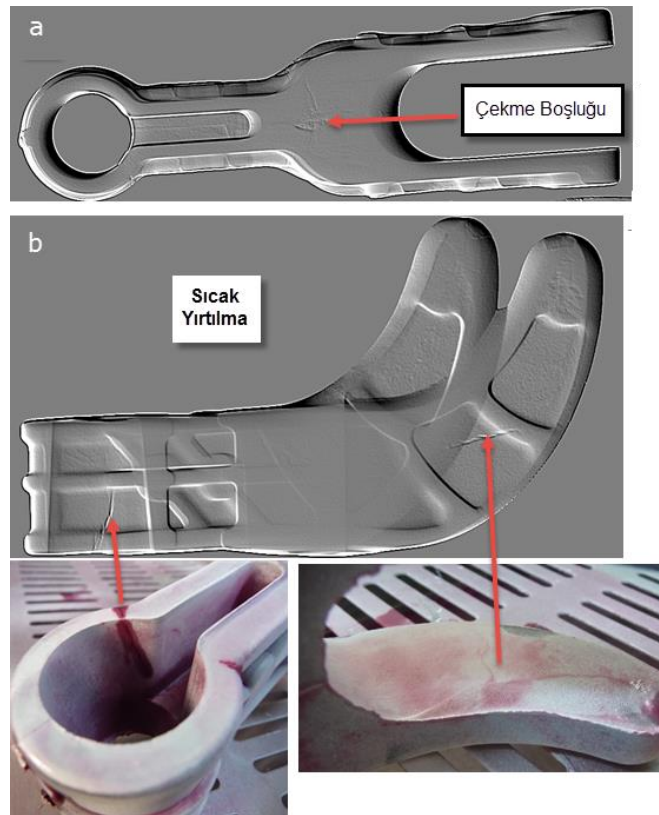
Şekil 4. Numunelerin sertlik ölçülen bölgeleri; a) gövde, b) kulak, c) orta halka ve d) dış halka (The hardness measurement regions of the specimens; a) body b) ear c) center ring and d) outer ring)

Al-Zn-Mg-Cu alaşımlarının sıcak yırtılmaya yatkın olduğu ve sıcak yırtılma hassasiyetinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Özellikle %6 Zn içeren Al-Zn- Mg-Cu alaşımı en yüksek sıcak yırtılma hassasiyetine sahiptir [12,17]. %0,5 Cu ilavesi sıcak yırtılma hassasiyetini en yüksek düzeye çıkardığını bildirmektedirler [12,17].

Araştırmacılar [12] AA7075 alaşımının reo-döküm ile şekillendirilmesinde sıcak yırtılma riskini azaltmak için yüksek enjeksiyon hızı önermekle birlikte yüksek enjeksiyon hızlarının da türbülans nedeniyle döküm parça içinde gaz boşluklarına sebep olduğu bildirmişlerdir.



Şekil 5. Reo-dökümle üretilmiş ambulans sedye ayağın makro fotoğrafları (Macro pictures of reo-cast ambulance stretcher's foot)



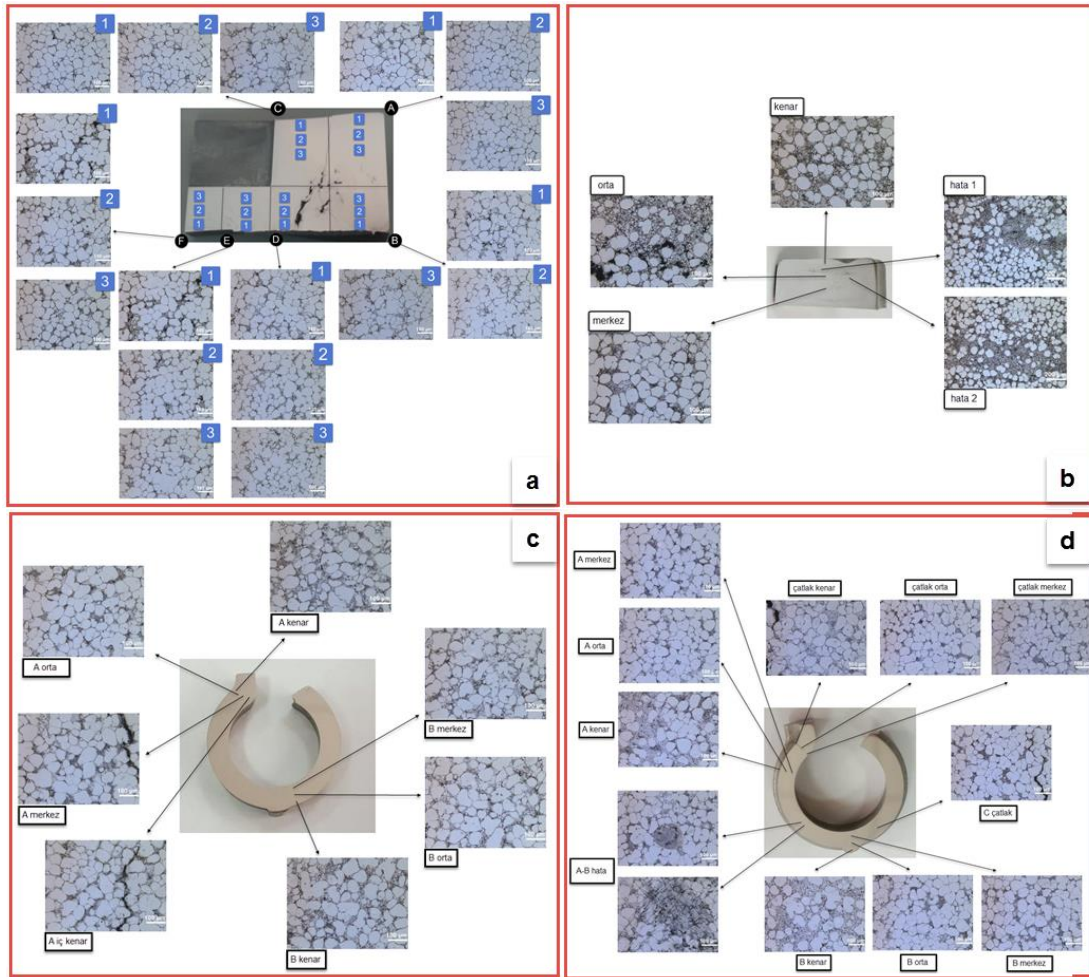
Şekil 6. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağının a) X-ışını radyografisi ile tespit edilen çekme boşluğu b) Sıvı penetrant muayenesi ile tespit edilen sıcak yırtılma (Pictures of reo-cast ambulance stretcher's foot; a) Shrinkage detected by X-ray radiography and b) Hot tearings detected by liquid penetrant test)

Ambulans sedye ayağı AA7075 alüminyum alaşımından 610°C 'de reo-dökümle üretildiğinden, şekillendirme sıcaklığında mikroyapısı eş eksenli yapıda bulunan

sınırlarında aynı zamanda metaller arası bileşiklerin olduğu görülmüştür. Metaller arası bileşikler tane sınırlarına çökelerek tane büyümesini engellemiştir. [7]



Şekil 7. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımının mikroyapısı (The microstructure of rheo-cast AA7075 aluminum alloy)



Şekil 8. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımının farklı bölgelerdeki mikroyapıları; a) gövde, b) kulak, c) orta halka ve d) dış halka (Microstructures of different regions of rheocast AA 7075 alloy; a) body, b) ear, c) the center ring and d) an outer ring).

birincil α -Al tanecikleri ile ötektik yapıdan oluşmuştur (Şekil 7). Geleneksel döküm yöntemine göre elde edilmesi beklenen birincil α -Al hücreleri dendritik morfolojiden farklı olarak reo-dökümle üretildiği için küresel şekilde oluşmuştur. Tane sınırlarındaki sıvı bölgelerde ise ötektik katılaşma meydana gelmiştir. Tane

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımı ambulans sedye ayağından çıkarılan Şekil 3'de gövde, kulak, orta halka ve dış halka olarak tanımlanan bölgenin mikroyapıları Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8.a'da görüldüğü gibi gövde numunesi 6 bölgeye ayrılmış ve her bölgeden kenar-orta-merkez olmak üzere farklı

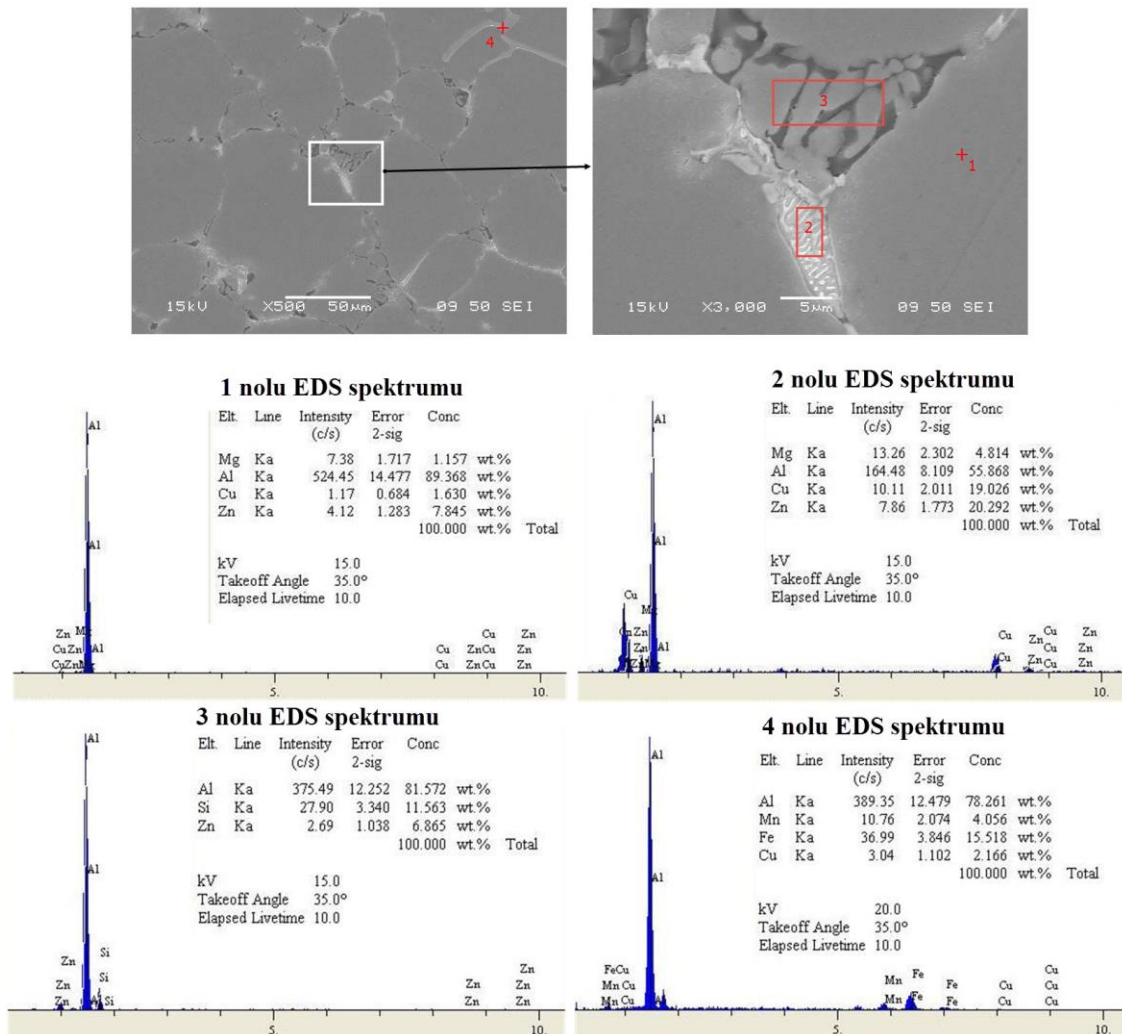
büyütmelerde görüntüler alınarak incelemeler yapılmıştır. Tane sınırları arasındaki sıvıların, tane sınırlarının hareketinden kaynaklanan tane birleşmesinin tanelerin içinde küçük sıvı havuzcuklarını oluşturdukları gözlemlenmiştir (Şekil 8). Daha önce yapılan çalışmalarda da araştırmacılar yarı katı dökümde sıvı havuzcuklarının oluştuğunu tespit etmişlerdir [3,4,13,15].

Kulak numunesinde kenara yakın bölgelerde yoğun bir şekilde sıvı segregasyonu gözlenmiştir. Orta ve merkez bölgelerde ise eş eksenli α -Al tanelerinin daha yoğun olduğu gözlenmiştir (Şekil 8.b). Metalografik incelemede, eş eksenli α -Al tane boyutunu homojen olmadığı gözlemlenmiştir. Sıvı segregasyonun ise hızlı soğumanın etkisiyle homojen olmayan bir şekilde küresel tanelerin arasında kaldığı tespit edilmiştir.

Dış halka ve orta halka numunelerinin mikroyapıları benzer olup, yapıda α -Al taneleri ve Al-Zn-Mg-Cu

gözlenmiştir. Ayrıca kenar bölgelerde yüksek basınçlı pres ile şekillendirmede, yüksek basıncın etkisinden kaynaklı hidrostatik basıncın etkisiyle sıvıca daha zengin bölgeler tespit edilmiştir.

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alaşımı EDS analizi ile mikroyapısı karakterize edilmiştir (Şekil 9). Matris mikroyapısının Al, Zn Cu ve Mg'dan oluştuğu ve sırasıyla ağırlıkça %89,368, % 7,845, %1,63 ve %1,157 konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 9-1 nolu EDS spektrumu). α -Al tane sınırlarında ve üçlü birleşim bölgelerinde (triple junctions) yer alan yapıda ise iki farklı ötektik yapı tespit edilmiştir. Birincisi Al(%55,868) - Zn(%20,292) - Cu(%19,026) - Mg(%4,814) çoklu ötektik (Şekil 9-2 nolu EDS spektrumu) diğeri ise Al(%81,572) - Si(%11,563) - Zn(6,865) üçlü ötektik yapı (Şekil 9-3 nolu EDS spektrumu) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca α -Al tane sınırlarında üçlü birleşim bölgelerinin dışında Al (Fe,

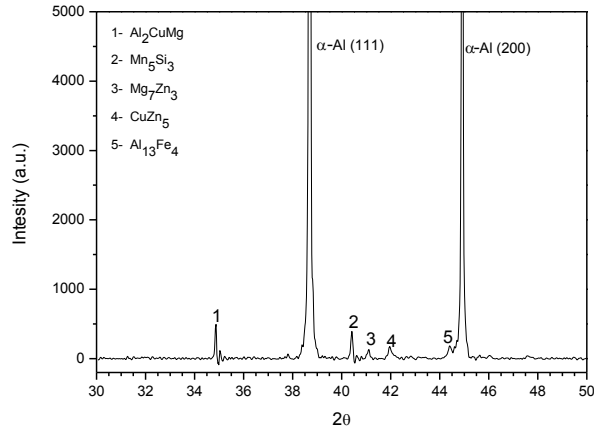


Şekil 9. Gövde numunesini SEM mikroyapıları ve farklı bölgelerin EDS spektrumları (SEM micrographs of the body specimen and EDS spectrums of different zones)

ötektik belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 8.c-d). Yarı katı döküm yöntemlerinde besleyici bulunmaması nedeniyle en son katılaştıkları bölgeler sıvı fazca beslenemediğinden bu bölgelerde mikro çekme

Mn, Cu) intermetalik fazı belirlenmiştir (Şekil 9-4 nolu EDS spektrumu).

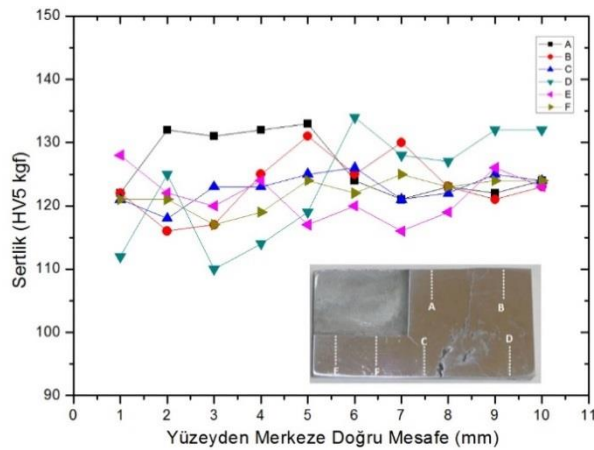
Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımının X-ışınları kırınım deseni Şekil 10'da verilmiştir. X-ışınları kırınım desenine göre mikroyapıda Al_2CuMg , Mn_5Si_3 , Mg_7Zn_3 , $CuZn_5$, $Al_{13}Fe_4$ metallerarası bileşiklerin (intermetalikler) varlığı tespit edilmiştir.



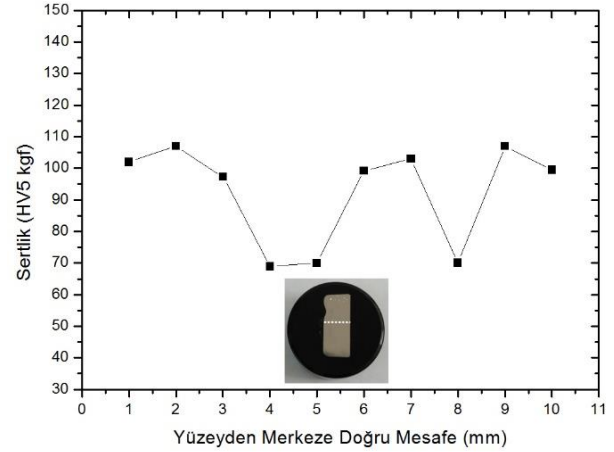
Şekil 10. Gövde numunesine ait X-ışınları kırınım deseni (X-RD pattern of the body specimen)

3.2. Reo-Dökümle Üretilmiş Parçanın Sertliği (The hardness of the rheocast part)

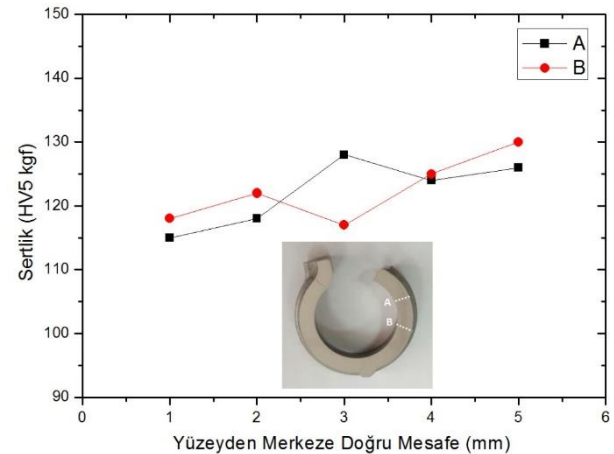
Reo-dökümle şekillendirme sonrası numunelerin yüzeyden merkeze doğru sertlik değişimleri Şekil 11-14'de verilmiştir. Sertlik değerleri yüzeyden merkeze doğru 1 mm eşit aralıklarla alınmıştır. Şekillerden görülebileceği üzere yüzeyden merkeze doğru sertlik taraması sonucu sertlik değerlerinin 110 HV ile 130 HV arasında değiştiği belirlenmiştir. Yalnızca kulak numunesinde daha düşük sertlik değeri ve daha geniş sertlik değeri dağılımı (60 HV- 110 HV) tespit edilmiştir.



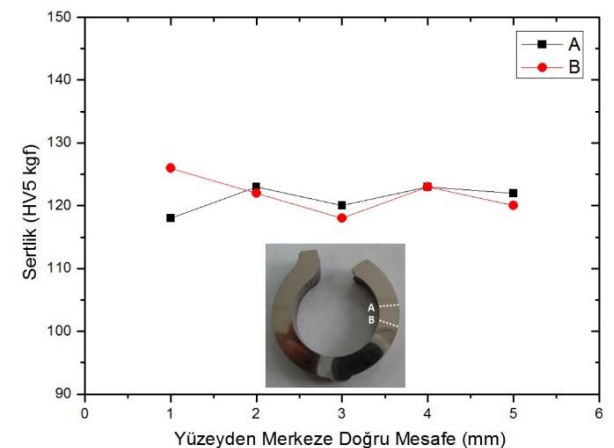
Şekil 11. Gövde numunesinde yüzeyden merkeze doğru sertliğin değişimi (Variation of the hardness of the body specimen from the surface to the center)



Şekil 12. Kulak numunesinde yüzeyden merkeze doğru sertliğin değişimi (Variation of the hardness of the ear specimen from the surface to the center)



Şekil 13. Dış halka numunesinde yüzeyden merkeze doğru sertliğin değişimi (Variation of the hardness of the outer ring specimen from the surface to the center)



Şekil 14. Orta halka numunesinde yüzeyden merkeze doğru sertliğin değişimi (Variation of the hardness of the center ring specimen from the surface to the center)

Çizelge 2’de reo-dökümle şekillendirilen numunelerin ortalama sertlikleri ve standart sapma değerleri verilmiştir. Numunelerin ortalama sertlik değerleri 121 HV - 126 HV arasında olup reo-dökümle şekillendirilen parçadan çıkarılan ve metalografik incelemesi yapılan numunelerde oldukça homojen bir sertlik dağılımı olduğu söylenebilir. Benzer şekilde diğer araştırmalarda da sertlik dağılımının üniform olduğu rapor edilmiştir [4,15]. Ancak kulak numunesinin kesitinde homojen olmayan bir sertlik dağılımı gözlenmiştir (Şekil 12). Bu durum sıvı segregasyonu nedeniyle homojen olmayan mikroyapıya atfedilmektedir (Şekil 8.b).

olan bölgelerde sertlik değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Çalışmamızın gerçekleştirilmesinde kullanmış olduğumuz altyapı ve laboratuvar imkânlarının kurulmasını sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine (Proje No: 07 / 2013-01, Proje No: 07 / 2015-02, Proje No: 07 / 2015-08, Proje No: 07 / 2013-02) teşekkür ederiz. Ayrıca reo-döküm parçanın üretimi ve temini için, Altun Döküm A.Ş.’den (Konya) Sayın Ahmet Cevdet Altun’a teşekkür ederiz.

Çizelge 2. AA7075 alaşımından reo-dökümle üretilen numunelerin ortalama sertlik değerleri (Average hardness values of AA7075 alloy specimens produced by rheocasting)

Gövde A	Gövde B	Gövde C	Gövde D	Gövde E	Gövde F	Orta halka A	Orta halka B	Dış halka A	Dış halka B	Kulak
126.4	123.3	122.8	123.3	121.5	122.0	121.2	121.8	122.2	122.4	92.4
± 4.7	± 4.6	± 2.3	± 8.5	± 3.6	± 2.4	± 1.9	± 2.7	± 4.9	± 4.8	± 15.2

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımının metalografik incelenmesinin yapıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1. Dövme bir alüminyum alaşımı olan AA7075 alaşımı kullanılarak reo-döküm yöntemiyle karmaşık şekilli parça üretimi gerçekleştirilebilmektedir.
2. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında dentritik mikroyapı yerine küremsi α -Al tanelerinden oluşan mikroyapı oluşmuştur.
3. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında, sıvı fazca zengin olan bölgelerde mikro segregasyonun sıcak yırtılmaya neden olduğu anlaşılmıştır. Sıvı fazca zengin olan bölgelerin kenar yakın bölgelerde ve kesit farklılıklarının olduğu bölgelerde tespit edilmiştir.
4. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında α -Al tane sınırlarında ve üçlü birleşim bölgelerinde (triple junctions) yer alan yapıda iki farklı ötektik yapı tespit edilmiştir. Ayrıca α -Al tane sınırlarında üçlü birleşim bölgelerinin dışında Al (Fe, Mn, Cu) intermetalik fazı belirlenmiştir.
5. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında radyografik muayene ve penetrant testi sonucunda yüzeyde sıcak yırtılmanın neden olduğu çatlaklar, merkezde ise çekme boşluklarının varlığı tespit edilmiştir.
6. Sertlik deneyi sonucunda numunelerimizin merkez ve kenar bölgelerinde mikro segregasyondan dolayı sertlik değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
7. Reo-dökümle üretilmiş AA7075 alüminyum alaşımında sertlik dağılımının kesit boyunca homojen olduğu belirlenmiştir. Ancak sıvı segregasyonu varlığı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Hatch J.E., “Aluminum: Properties and Physical Metallurgy”, *ASM International*, USA, (1984).
2. Kaufman J.G., “Introduction to Aluminum Alloys and Tempers”, *ASM International*, USA, (2000).
3. Kiliçli V., Akar N., Erdogan M. and Kocatepe K., “Microstructural Investigation of Casting Defects in AA7075 Alloy Produced by Thixocasting”, *Machines Technologies Materials Journal (MTM Journal)*, 9: 25-28, (2012).
4. Kiliçli V., Akar N., Erdogan M., Kocatepe K., “Tensile fracture behavior of AA7075 alloy produced by thixocasting”, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 26: 1222-1231, (2016).
5. Akar N. and Mutlu İ., "Effect of Predeformation Rate in SIMA Process on Thixotropic Structure of AA2024 Aluminium Alloy". *Journal of The Faculty of Engineering And Architecture of Gazi University*, 25: 663-670, (2010).
6. Akar N., “The effect of reheating temperature on the production of thixotropic structure with SIMA process in AA2024 alloy”, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26: 381-388, (2011).
7. Taneroğlu H., Akar N. and Kiliçli V., “Examination of microstructure and mechanical properties of Al2024 alloy produced by thixocasting”, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28: 803-809, (2013).
8. Dautre D., Hay G., Wales P. and Gabathuler J.P. “SEED: A new process for semi-solid forming”, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 43: 265-272, (2004).
9. Dautre D., Langlais J., and Roy S., “The SEED process for semi-solid forming”, *8th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites*, Limassol, Cyprus, 397-408, (2004).
10. Curle, U.A. and Govender, G. “Semi-solid rheocasting of grain refined aluminum alloy 7075”, *Transactions of*

- Nonferrous Metals Society of China*, 20: 832-836, (2010).
11. Curle, U.A., "Semi-solid near-net shape rheocasting of heat treatable wrought aluminum alloys", *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 20: 1719-1724, (2010).
 12. Curle, U.A. "Rheocasting an engine mounting bracket in commercial 7075", *Materials Science Forum*, 690: 133-136, (2011).
 13. Bin, Y., Weimin, M., and Xiaojun, S, "Microstructure characteristics and mechanical properties of rheocasting 7075 aluminum alloy", *China Foundry*, 10: 277-281, (2013).
 14. Guo, H.M., Yang, X.J., Wang, J.X., Bin, H.U. and Zhu, G.L., "Effects of rheoforming on microstructures and mechanical properties of 7075 wrought aluminum alloy". *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 20: 355-360, (2010).
 15. Kılıçlı V., "Yarı-Katı Döküm Tekniği ile Üretilen Al-Zn Alaşımlarında Yapı-Özellik İlişkisinin İncelenmesi", *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).
 16. Vaneetveld G., Rassili A., Lecomte-Beckers J. and Atkinson H.V. "Thixoforging of 7075 aluminium alloys at high solid fraction", *Solid State Phenomena*, 116: 762-765, (2006).
 17. Eskin D.G., Suyitno Kool, W.H. and Katgerman L., "Mechanical properties in the semi-solid state and hot tearing of aluminium alloys", *Progress in Materials Science*, 49: 629-711, (2004).
 18. Kang C.G. and Lee S.M., "Effect of solid fraction and pressure on microstructure and mechanical properties and reduction in liquid segregation in the thixo-die-casting process with Al-7 pct Si alloy", *Metallurgical and Materials Transactions A*, 39:1213-1224, (2008).
 19. Chayong S, Atkinson H.V. and Kapranos P., "Thixoforming 7075 aluminium alloys", *Materials Science and Engineering A*, 390: 3-12, (2005).
 20. Atkinson H.V., Kapranos P., Liu D., Chayong S.A. and Kirkwood D.H. Thixoforming of normally wrought aluminium alloys. *Materials Science Forum*, 396: 131-136, (2002).