



Recep Çatar
Emin Uslu
Murat Çolak

Bayburt University, Bayburt-Turkey
recepçatar@yahoo.com; eeminuslu@gmail.com; mcolak@bayburt.edu.tr

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.2.2A0113>

Cu İLAVESİNİN ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KOROZYON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Alüminyum döküm alaşımları başta ağırlık/dayanım oranının yüksek olması gibi korozyon dayanımı, yüksek termal iletkenlik, iyi işlenebilirlik süneklik gibi birçok avantajlı özelliği sahiptir. Bu sebeple birçok endüstriyel alanda kullanılmakta ve özellikle otomotiv sektöründe kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Ancak kullanım yerine bağlı olarak alaşıma çeşitli alaşım ilaveleri ile belirli özelliklerinin artması beklenmektedir. Bu yönde çalışmalar artan ihtiyaç ve kalite beklentileri doğrultusunda devam etmektedir. Al alaşımına Cu ilavesi ile mekanik özelliklerin artırmakla birlikte korozyon direncinde azalmaya neden olmaktadır. Bu çalışmada, ticari saflıkta (%99.8 Al) Alüminyum alaşımına farklı oranlarda (%2-%6-%8) Cu ilave edilerek kum kalıba döküm yöntemi ile Al-Cu alaşımları üretilmiştir. Çalışmada spektrometro ile kimyasal bileşim belirleme, yoğunluk ölçümleri, mikro yapı ve SEM incelemeleri ile elektrokimyasal davranışları incelenmiştir. Cu ilavesinin alüminyum alaşımlarının korozyon özelliklerine etkisi; %3.5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyodinamik polarizasyon yöntemi ile araştırılmıştır. Deneyler sonucunda, Cu ilavesi arttıkça Al alaşımının korozyon direncini azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Al-Cu Alaşımı, Korozyon, Döküm, Alaşımlandırma, Korozyon

INVESTIGATION OF THE EFFECT of Cu ADDED TO CORROSION PROPERTIES OF ALUMIUM ALLOY

ABSTRACT

Aluminum casting alloys have many advantageous primarily high weight/strength ratio such as high corrosion resistant, high thermal conductivity, ductility and good machinability. Therefore, the alloys have been used in many industrial fields, and especially the alloys usage in the automotive industry have been increasing with each passing day. However, some ceratin properties, depending on the place of usage, are expected to increase with certain aspects of various alloying additions in the alloy. The study with reagard to this aspect is carrying on in line with the growing needs and quality expectations. Although mechanical properties of Al alloys are increased by adding copper Cu, the corrosion resistance drops. In this study, Al-Cu alloys were produced by adding different proportions of Cu (%2-%6-%8) to the commercial purity (99.8% Al) aluminum alloys with sand mold casting method. The spectrometer was used to determine the chemical composition, density measurements, microstructure, and electrochemical behavior, by using SEM analysis, was investigated. The corrosion properties of aluminum alloys, after addition of Cu, were investigated by potentiodynamic polarization method in 3.5% NaCl solution. As a result of experiments, it was found that copper reduces the corrosion resistance of Al alloy, when addition of Cu is increased.

Keywords: Al-Cu Alloys, Corrosion, Casting, Alloying, Corrossion

How to Cite:

Çatar, R., Uslu, E. ve Çolak, M., (2017). Cu ilavesinin Alüminyum Alaşımlarının Korozyon Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, **Technological Applied Sciences (NWSATAS)**, 12(1):66-72, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.2.2A0113.



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alüminyum döküm alaşımları, yüksek mukavemet, korozyon dayanımı, yüksek termal iletkenlik, iyi işlenebilirlik, süneklik ve hafiflik gibi üstün özelliklere sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı başta otomotiv olmak üzere birçok endüstriyel alanlarda yaygınca kullanılmaktadır ve kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır[1]. Otomotiv endüstrisi için hafiflik, yakıt tasarrufuna ve dolayısıyla yakıt tasarrufu da çevreye olumsuz etkilerin azaltılmasının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu yüzden otomotiv sanayinde birçok parçanın üretiminde malzeme seçeneği olarak alüminyum tercih edilmektedir. Alüminyum alaşımlarına duyulan ilgi ile birlikte kalite beklentileri de artmakta, maliyetlerinin düşmesi beklenmektedir. Bu amaçla alüminyum alaşımlarının mikro yapı ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir [1 ve 3]. Alüminyum alaşımlarının kullanıldığı ve kullanılması düşünülen alanlara bakıldığında zaman saldırgan ortamlarda bulunan Al alaşımlarının korozyona dirençli olması en faydalı özelliklerindedir. Alüminyumun elektrot potansiyeli hidrojene göre 1.66 Volt daha aktiftir. Yüksek korozyon eğilimine karşın, alüminyum başta atmosferik ve sular olmak üzere birçok ortamda korozyona karşı yeterli dirençlilik sergiler.

Atmosferik koşullara bırakılan metalin yüzeyinde oluşan oksit filmi (Al_2O_3) korozyona karşı koruyucudur [2]. Alüminyum pH değeri 4-11 arasında değişen tatlı sularda güvenle kullanılır. Ancak tuzlu sularda, özellikle deniz suyunda çukurcuk korozyona duyarlıdır. Çukurcuk oluşumu dar ve tıkanık bölgelerde etkinlik gösteren farklı havalandırma hücreleri ile başlatılır ve sürdürülür. İşte bu sebeple özellikle korozyon dayanımının arandığı durumlarda, alüminyum saflığının %99.5'un altında olması gerekmektedir [2]. Alüminyum alaşımlarının özelliklerinin geliştirilmesinde üretim yöntemlerinde çeşitli yeniliklerin yanı sıra en yaygın uygulanan yöntem alaşım elementi ilavesidir. Alüminyum için alaşım elementleri arasında en yaygın kullanılan alaşım elementi bakır olarak karşımıza çıkmaktadır. Cu elementi alüminyuma %12 oranına kadar katıldığında dayanımı artırır, daha fazlası ise gevreklik yaratır. Genellikle yüksek sıcaklık özellikleriyle işlenebilirliği artırır. %4-6 arasında katıldığında yaşlandırılabilir alaşımlar oluşturur. Dökümü zorlaştırır ve gerilim yenimini azaltır [5]. Al-Cu döküm alaşımları yüksek mukavemet ve sertlik değerlerinden dolayı birçok endüstriyel parça üretiminde kullanılmaktadır. Ancak Cu ilavesi ile Al-Cu alaşımının akıcılığı ve korozyon direnci değerlerinde düşme tespit edilmiştir[4-6]. Bu çalışmada ticari saflıkta Al alaşımına %2, %6 ve %8 oranlarında katılan Cu ilavesinin alaşımın korozyon direncine olan etkisi incelenmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Alüminyum alaşımları düşük özgül ağırlık, ısı ve elektriği iyi iletme, kolay şekillendirme kabiliyetine sahip olması gibi üstün özelliklerden dolayı oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Alüminyum alaşımlar genellikle paslanmaz çelik gibi üzerine oksit tabakasını oluşturarak korozyona karşı dirençli hale gelmektedir. Cu elementi alüminyum alaşımlarına özellikle mekanik özelliklerini iyileştirmek ve işlenebilirliği artırmak amacıyla katılmaktadır. Yapılan bu çalışmada Cu ilavesinin alüminyum alaşımlarının %3.5 NaCl çözeltisi içerisindeki korozyon direnci etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda saf alüminyum ve %2-6-8 oranlarında Cu katkılı alüminyum alaşımları incelenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDY)

3.1. Alaşımların Hazırlanması (Preparation of Alloys)

Deneylerde Al alaşımlarına Cu ilavesinin etkisini incelemek üzere ticari saflıkta alüminyum ve %2, %6 ve %8 oranlarında Cu içeren alaşımlar üretilmiştir. Bu alaşımların hazırlanmasında %99.8 saflıkta ticari 8E alaşımı kullanılmıştır. Ergitme işlemleri 8 kg. alüminyum ergitme kapasitesine sahip karbür esaslı pota içerisinde elektrik direnç ocağında gerçekleştirilmiştir. Alaşımın Cu miktarını istenen seviyelere getirmek için ergimiş saf alüminyumun içerisine aşağıda hesaplamalarda verildiği gibi uygun miktarda %98 Cu içeren çubuklar ilave edilmiştir. Deneylerde kullanılan 8E alaşımına ait standart bileşim aralıkları aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ticari saflıktaki Al alaşımına ait kimyasal bileşim aralıkları (%Ağ.)

(Table 1. Chemical composition ranges of Al alloy in commercial purity (% wt.))

| Al | Fe | Si | Cu | Zn | Ti | Mn |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 99.78 | 0.07 | 0.11 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |

Hesaplamalarda alaşım içerisindeki gerekli Cu miktarını ayarlamak için aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır. İlave Miktarı=[(Hedef Değer-Mevcut değer)/(Tenör-Hedef Değer)]xOcak ağırlığı

İlave miktarı : Ocağa atılacak element miktarı
Hedef Değer : İlave yapıldıktan sonra elementin çıkması istenen değer
Mevcut değer : Elementin mevcut değeri
Tenör : İlave edilecek malzeme içerisinde eklenmesi istenen element yüzdesi
Ocak ağırlığı : Ocakta mevcut alaşım ağırlığı

5 kg alaşım hazırlamak için yapılan hesaplamalara her bir alaşım için ayrı ayrı verilmiştir.

%2 Cu içeren Al2Cu alaşımı dökümü için gerekli alaşım hesaplamaları;

$[(2-0)/(98-2)] \times 5 = 0.115$ kg olarak katılması gereken %98 saflıktaki Cu oranı bulundu. 110 gr Cu yüklendikten sonra ergime sonrası döküm 720°C'de gerçekleştirilmiştir.

%6 Cu içeren Al6Cu alaşımı dökümü için gerekli alaşım hesaplamaları;

$[(6-0)/(98-6)] \times 5 = 0.326$ kg olarak katılması gereken %98 saflıktaki Cu oranı bulundu. 326 gr Cu yüklendikten sonra ergime sonrası döküm 720°C'de gerçekleştirilmiştir.

%8 Cu içeren Al8Cu alaşımı dökümü için gerekli alaşım hesaplamaları;

$[(8-0)/(98-8)] \times 5 = 0.444$ kg olarak katılması gereken %98 saflıktaki Cu oranı bulundu. 444gr Cu yüklendikten sonra ergime sonrası döküm 720°C'de gerçekleştirilmiştir.

3.2. Kalıpların Hazırlanması (Preparation of Molds)

Model tasarımı Şekil 1'deki gibi planlanan test modeli, çift taraflı plak model olarak imal edilmiş ve kum kalıp hazırlama işlemlerinde kolaylık olması açısından sandık tipi çıkma derece içerisinde yapılmıştır. Hazırlanan kum kalıpların kapatılmasını sağlamak açısından alt dereceye dişi, üst dereceye erkek merkezleme pimleri yapılmıştır.



Şekil 1. Döküm deneylerinin yapıldığı model ölçüleri ve katı model görüntüsü
(Figure 1. Model measurements of casting tests and solid model figure)

Kalıp kumu; 90-110 AFS tane boyutuna sahip kuru silis kumu içerisine %2,5 oranında sodyum silikat reçine eklenerek kum mikserinde karıştırılarak elde edilmiştir. Kalıp hazırlanması için öncelikle kalıp kumunun modele yapışmasını önlemek için kalıp ayırıcı madde olarak grafit serpilmiştir. Sonrasında hazırlanmış kalıp kumu kademeli olarak derece içerisine doldurulmuş ve tokmakla sıkıştırılmıştır. Derecenin tamamı kumla doldurulduktan sonra düz tokmakla kum sıkıştırılmış ve fazlalık kumlar masterla sıyırılmıştır. Sonrasında kalıp uygulanan gazın kalıbı daha iyi sertleştirebilmesi için şiş çekilmiştir. Kalıba şekli verilip şiş çekildikten sonra CO₂ gazı ile sertleştirilmesiyle kalıp hazırlama işlemi tamamlanmıştır. Kalıplama işlemi sonrası hazırlanan kalıp dereceye ve modellere verilen koniklik sayesinde rahatça modelden ayrılabilir. Hazırlanan kalıplar birbirine merkezleme maçaları ile yerleştirilmekte ve dereceler kapatıldıktan sonra plakalar arasında işkence ile sıkıştırılarak döküme hazır hale gelmektedir.

3.3. Alaşımın Ergitilmesi ve Döküm İşlemi (Melting of Alloy and Casting Process)

Ergitme işlemi 2 kW gücünde, azami 1000°C sıcaklığa çıkabilen, 8kg ergitme kapasitesine sahip elektrik direnç ocağı içerisindeki SiC potada gerçekleştirilmiştir. Ocak astarı kalsiyum oksit türü dökme astar ile imal edilmiş ve yüksek termal izolasyon özelliğine sahiptir. Yeteri miktarda tartılarak tartılarak ocağa yüklenen alüminyum alaşımı tamamen ergimesi için ocak sıcaklığı 750°C'ye yükseltilmiştir. Sıvı metalin çözülmüş hidrojen gazından arındırılması amacı ile yaklaşık 730°C'de potaya daldırılan grafit sabit lans yardımı ile sıvı azot ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra sıvı metal üzeri bir ticari toz flaks ile kaplanarak metalin sıcaklığının pota içerisinde 750°C'ye çıkarıldı ve bu sıcaklıkta sıvı metalin yüzeyinden sıyırma yöntemi ile cüruf tabakası temizlenerek hazırlanan kalıba döküm gerçekleştirilmiştir. Döküm sonrası kalıplar açılarak deney numuneleri çıkartılmıştır. Döküm numuneleri kumları temizlendikten sonra ilk etapta gözle kontrol edilmiştir. Döküm numunelerin çapakları kesildikten sonra kimyasal bileşim kontrolü, mikro yapı incelemeleri ve korozyon testleri için numuneler alınmıştır.

3.4. Korozyon Deneyleri (Corrosion Experiments)

Korozyon deneyleri için 3 mm kalınlığında numuneler kesilmiş ve 400-800-1200 gritlik zımparalama işlemi ardından alümina süspansiyonu ile parlatılmıştır. Elektrokimyasal ölçümler %3.5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyostat/galvaniyostat cihazında 1 mV/s tarama hızında gerçekleştirilmiştir. Karşıt elektrot olarak grafit ve referans elektrot olarak Ag/AgCl kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

4.1. Döküm Alaşımların Kimyasal Bileşimlerinin Kontrolü (Control of Chemical Composition of Cast Alloys)

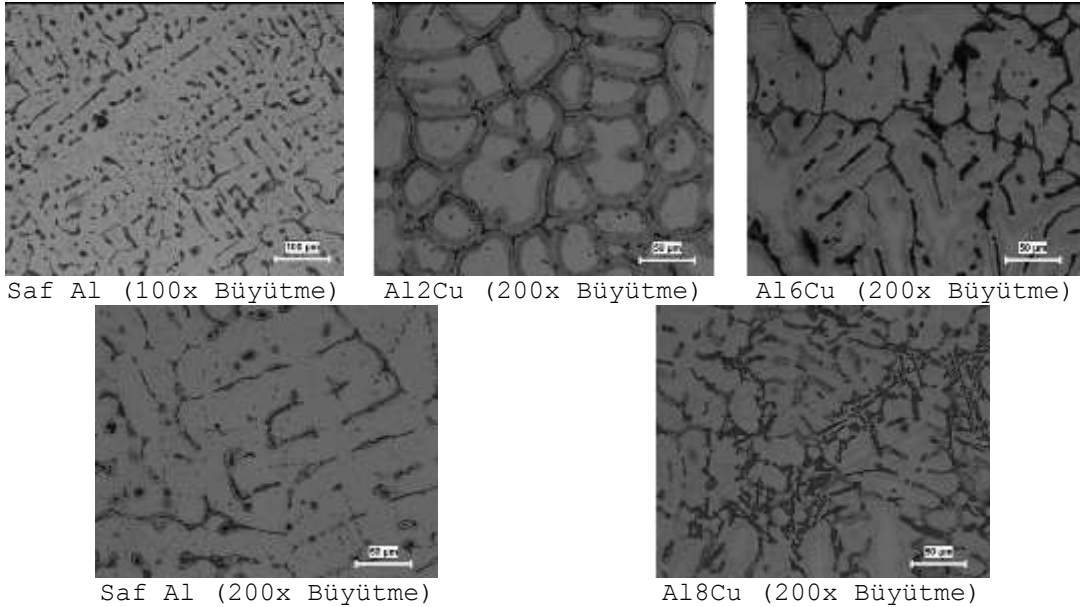
Deney numunelerinin için alaşımlar hazırlandıktan sonra, kimyasal bileşimin uygunluğunun kontrol edilmesi için dökümlerden alınan numunelerin kimyasal analizleri Spectromax X spektral analiz cihazı ile belirlenmiştir. Kullanılan alaşımlara ait spektrometre ile alınan kimyasal analiz değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'de verilen sonuçlar incelendiğinde alaşımların hedeflenen Cu içeriklerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2. Alaşımlara ait kimyasal analiz değerleri (% ağı.)
(Table 2. Chemical analysis values of alloys (% wt.))

| Alaşım | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Al |
|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Al | 0.10 | 0.15 | 0.03 | 0.021 | 0.009 | Kalan |
| Al2Cu | 0.11 | 0.21 | 2.04 | 0.023 | 0.012 | Kalan |
| Al6Cu | 0.12 | 0.17 | 6.12 | 0.019 | 0.014 | Kalan |
| Al8Cu | 0.14 | 0.19 | 7.96 | 0.022 | 0.015 | Kalan |

4.2. Mikroyapı İncelemeleri (Microstructure Investigations)

Mikroyapı incelemeleri için döküm parçalardan kesilen numuneler bakalite alınmıştır. Bakalite alınan numuneler 60-180-400-800-1200-2500 gritlik zımpara ile kaba ve ince zımparalamanın ardından alümina süspansiyonu ile parlatılmış ve Keller çözeltisi ile dağlanarak mikroyapı incelemelerine tabi tutulmuştur. Metalografik olarak hazırlanan yüzeylerden mikroskopik incelemeler Nikon Eclipse L150A ışık mikroskobu ve buna bağlı çalışan bir Clemex dijital kamera ile alınan görüntüler üzerinden Clemex Vision Lite görüntü analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikro yapı incelemeleri sonucu alınan görüntüler Şekil 2'de verilmiştir. İncelemeler 100x ve 200x büyütmede yapılmıştır.



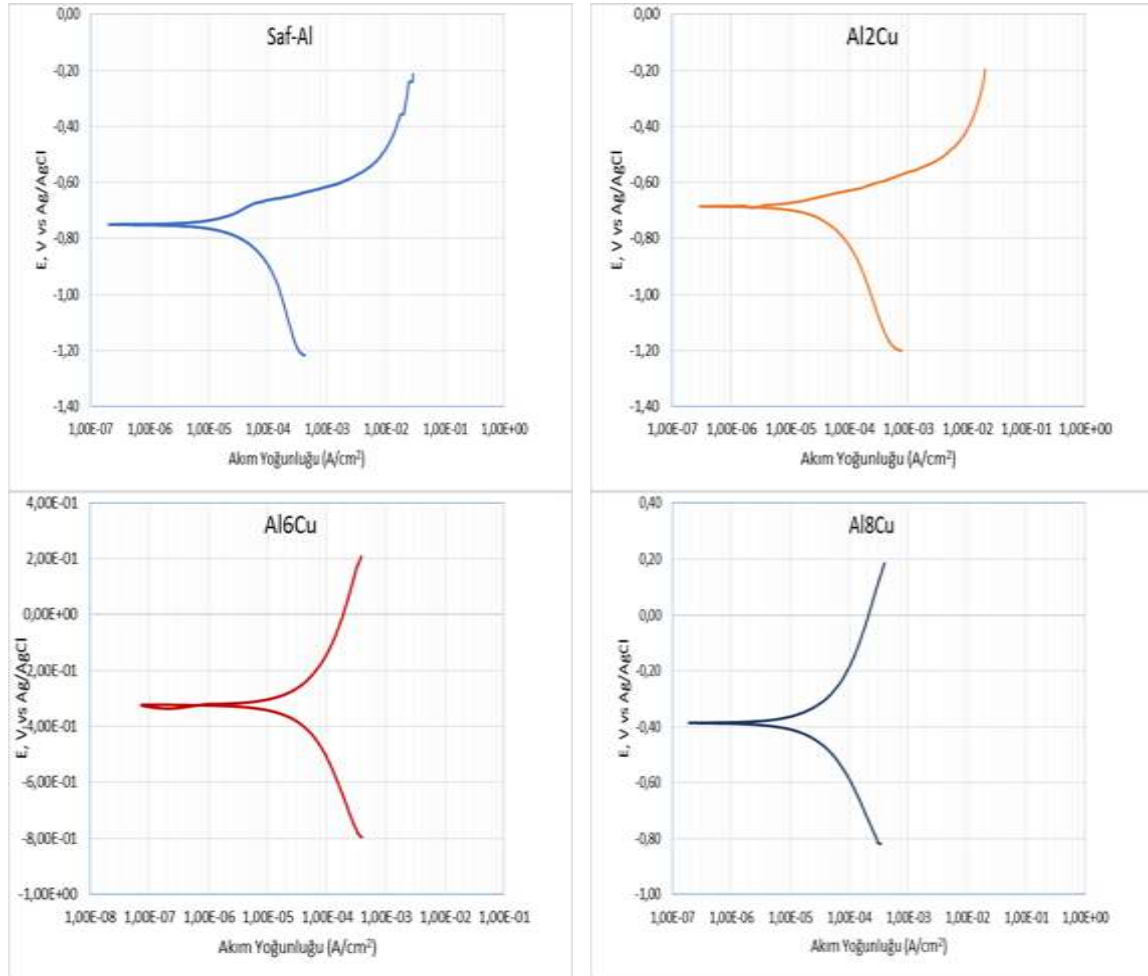
Şekil 2. Deney alaşımları mikroyapı resimleri
(Figure 2. Microstructure figures of experiment alloys)

Mikroyapı resimlerinden de görüldüğü gibi farklı alaşımlara ait döküm numunelerin içyapıları kimyasal bileşime bağlı olarak çeşitli şekilde katılaşma sergilemiştir. Mikroyapı resimlerinde görüldüğü gibi

yapı, α ana matrisi ile Cu içeriğine bağlı olarak değişen oranlarda AlCu bileşikleri içermektedir. Bileşimindeki Cu miktarının artmasıyla daha fazla oranda AlCu bileşikleri görülmektedir.

4.3. Korozyon Deneyleri (Corrosion Experiments)

Korozyon deneylerinden elde edilen potansiyel-akım yoğunluğu grafikleri Şekil 3'de verilmiştir. Akım potansiyel grafikleri yardımıyla çizilen tafel eğrilerinden AlCu bileşiklerinin korozyon akım yoğunluğu, korozyon potansiyeli ve korozyon hızı değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Gerilim-Akım yoğunluğu grafikleri
(Figure 3. Voltage-Current density graphs)

Tablo 3. Korozyon deney sonuçları
(Table 3. Corrosion experiment results)

| Numune | E _{corr} | I _{corr} | Korozyon Hızı (mpy) |
|--------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| Saf-Al | -750 mV | 8.10x10 ⁻⁶ | 8.950 |
| Al ₂ Cu | -686 mV | 28.30x10 ⁻⁶ | 11.90 |
| Al ₆ Cu | -692 mV | 30.03x10 ⁻⁶ | 12.63 |
| Al ₈ Cu | -386 mV | 119.6x10 ⁻⁶ | 49.79 |

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan bu çalışma sonucunda alüminyum alaşımına yapılan Cu ilavesi ile α ana matrisi ile Cu içeriğine bağlı olarak değişen oranlarda AlCu bileşikleri oluşmuştur. Bileşimindeki Cu miktarının



artmasıyla daha fazla oranda AlCu bileşikleri görülmüştür. Korozyon deneyleri sonucunda Cu içeriği arttıkça alüminyum alaşımının korozyon direncinin azaldığı görülmektedir. Saf alüminyum alaşımı %2, %6, %8 Cu oranı içeren alüminyum alaşımlarına göre en yüksek korozyon direncine sahip olmuştur. Cu ilavesinin mikro-galvanik etki oluşturduğu ve bu sebeple Cu oranı arttıkça korozyon direncinin azaldığı düşünülmektedir.

NOT (NOTE)

Bu çalışma, 5-7 Ekim 2016 tarihleri arasında Bayburt'ta düzenlenen 14. Uluslararası Korozyon Sempozyumunda sözlü sunum bildiri olarak sunulduktan sonra genişletilmiş ve yeniden yapılandırılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sigworth, G.K. and Kuhn, T.A., (2007). Refinement of Aluminium Casting Alloys, AFS Transactions, Vol:115, pp:1-12.
2. Doruk, M., (2014). Metalik Malzemeler ve Korozyon, Ankara.
3. Jones, A.D., (1996). Principles and Prevention of Corrosion, Prentice Hall, New Jersey, USA.
4. Samuel, F.H., Samuel, A.M., and Doty, H.W., (1996). Factors Controlling the Type and Morphology of Cu-containing Phases in 319 Al Alloy, AFS Trans., 104, 893-901.
5. Cacers, C.H., Djurdjevic, M.B., Stockwell, T.J., and Sokolowski, J.H., (1999). The Effect of Cu Content on the Level of Microporosity in Al-Si-Cu-Mg Casting Alloys, Scripta Mater., 40(5), 631-637.
6. Shabestari, S.G. and Moemeni, H., (2004). Effect of Copper and Solidification Conditions on the Microstructure and Mechanical Properties of Al-Si-Mg Alloys, Journal of Materials Processing Technology, 153-154, 193-198.