



Emin Uslu, Recep Çatar, Murat Çolak
Bayburt University, Bayburt-Turkey
eeminuslu@gmail.com; recepcatar@yahoo.com; mcolak@bayburt.edu.tr

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.3.1A0381>

Si VE Cu ELEMENTLERİ İÇEREN ALÜMİNYUM DÖKÜM ALAŞIMLARININ KOROZYON ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZ

Otomotiv sanayinde birçok parçanın üretiminde malzeme seçeneği olarak alüminyuma duyulan ilgi ile birlikte kalite beklentileri de artmakta, maliyetlerinin düşmesi beklenmektedir. Alüminyumun en belirgin özelliği ağırlıkça hafif olması, yüksek korozyon dayanımı ve alaşımlandırılarak yapı çeliklerinden bile daha fazla mukavemet değerleri kazandırılabilmesidir. Alüminyum içerisine belli oranlarda farklı alaşım elementleri katılarak çeşitli standartlarda alaşımlar oluşturulmuştur. Ülkemizde de uluslararası standartlar baz alınarak Seydişehir Eti Alüminyum fabrikası çeşitli alüminyum döküm alaşımlarını primer külçe olarak üretmektedir. Bu çalışmada kum kalıba döküm yöntemiyle üretilen Etial 140, Etial 160, Etil 171 ve Etial 220 alüminyum döküm alaşımlarının korozyon davranışları incelenmiştir. Korozyon deneyleri %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyodinamik polarizasyon yöntemi ile araştırılmıştır. Farklı standartta alaşımların korozyon dirençleri tespit edilerek alüminyum alaşımına ilave edilen alaşım elementlerinin korozyon direncine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada kum kalıba döküm, mikro yapı inceleme, SEM analizi, elektrokimyasal test teknikleri kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, alaşımların kimyasal içeriğine bağlı olarak korozyon dirençlerinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Al Döküm Alaşımları, Al Korozyon Direnci, Etial Standardı, Si, Cu

DETERMINATION AND COMPARISON OF CORROSION PROPERTIES OF ALUMINUM CASTING ALLOYS CONTAINING Si AND Cu

ABSTRACT

With growing demands on Al materials used within the automotive industry, the quality of the materail increased. In addition, the cost is expected to decrease in short-term. Al are light weight, corrosion resistance and high strength even more value at structural steel can be gained by alloying a variety of different standards of alloying elements were formed by adding alloying elements, different proportions, to aluminum alloys. In our country, Seydişehir Eti Aluminium factory is producing a variety of primary aluminum casting alloy ingots under international standards. In this study, Etial 140 Etial 160, Etial 171 and Etial 220 were produced by sand mold casting method and corrosion behaviors of these casting alloys were investigated. Corrosion tests were carried on by potentiodynamic polarization method in 3.5% NaCl solution. By determining corrosion resistances of the alloys, the effects of alloying elements added to standard Al on corrosion resistance of the alloys were evaluated. Sand mold casting operation, microstructure analysis, SEM analysis, electrochemical testing techniques are used. According to the results, it was found that corrosion resistances of the alloys, depending on the chemical composition, are changing.

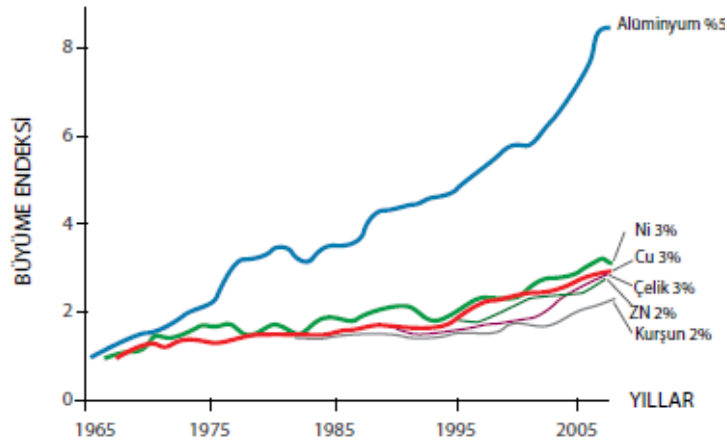
Keywords: Al Casting Alloys, Al Corrosion Resistance, Etial Standart, Si, Cu

How to Cite:

Uslu, E., Çatar, R. ve Çolak, M., (2017). Si ve Cu Elementleri İçeren Alüminyum Döküm Alaşımlarının Korozyon Özelliklerinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 12(3): 133-140 , DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.3.1A0381.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alüminyum, metal pazarında demir-çelikten sonra ikinci sırayı almaktadır. 1900'lü yılların başlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanan alüminyumun birçok üstün özellikleri sayesinde endüstride kullanım alanı her geçen gün artmaktadır [1]. Bronz, bakır, kurşun ve demir gibi yüzyıllardır bilinen ve üretilen malzemelere rağmen çok daha yeni bir malzeme olmasına karşın günümüzde en çok kullanılan demir dışı metal alüminyumdur. Yapılan araştırmalara göre alüminyum kullanımının yılda yaklaşık 20 milyon tondan daha fazla olduğu tahmin edilmektedir [2 ve 3]. Alüminyum, otomotiv, havacılık, gıda endüstrisi, dekorasyon, ısı yalıtımı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [4]. Alüminyum döküm parçalarına olan talepte, dünya genelinde her yıl ortalama %9,5 oranında artış beklenmektedir. Otomotiv sektörünün Türkiye'de kapasite artırması, ayrıca yurt dışı siparişlerin sürekli artması nedeniyle Türkiye'de yılda ortalama %15 seviyesinde talep artışı beklenmektedir. Üretilen döküm parçalarının yaklaşık %85'i ihraç edilecektir. Dünya genelinde toplam üretim 2004 yılında 29.9 milyon tondan 2005 yılında 31.8 milyon tona ulaşmıştır [5]. Şekil 1'de dünyada en çok kullanılan metallerin karşılaştırmalı büyüme oranları verilmiştir. Görüldüğü gibi alüminyum kullanımı diğer metallere göre çok daha yüksek bir hızla artış göstermektedir. Bu artışın temelde üç ana sebebi bulunmaktadır. Bir tanesi alüminyumun mekanik ve fiziksel özellikleri nedeniyle kolaylıkla alternatif malzemeler ile yer değiştirilebilmesi, ikinci ana sebep, artan dünya nüfusu ve artan talepler karşısında dünyadaki bulunurluğunun yüksek oluşu nedeniyle, üçüncü sebep ise artan çevre kirliliği, ısınan dünya gibi konuların getirdiği çevre koruma mevzuatlarıdır [6 ve 7].



Şekil 1. Dünyada en çok kullanılan metallerin karşılaştırmalı büyüme oranları [8]

(Figure 1. Comparative growth rates of the most commonly used metals in the world)

Alüminyum endüstrisindeki hızlı büyüme, bu metalin mükemmel karakteristiklerine sahip olmasından ileri gelmektedir. Bu karakteristikler alüminyumu çok yönlü yapı ve mühendislik malzemelerinden biri haline getirmektedir. Alüminyumun yoğunluğu 2.7g/cm^3 olup, çeliğin yaklaşık üçte biri ağırlığındadır. Mukavemet/ağırlık kıyaslamasında çelikten daha fazla mukavemet sağlanmaktadır. Ayrıca alüminyum alaşımlarının hafifliği dışında yüksek korozyon dayanımı, iyi elektrik ve ısı iletkenliği, ışığı yansıtma özelliği, düşük sıcaklıklardaki iyi dayanımı, süneklik ve geri dönüşüm özellikleri gibi avantajları da mevcuttur [9 ve 10]. Alüminyum döküm alaşımları bileşiminde bulunan ana alaşım elementine

göre Alüminyum Birliği tarafından sınıflandırılması Tablo 1'de görülmektedir [11]. Tablo 2'de alüminyum alaşımlarının standartları ve uluslararası karşılaştırma tabloları verilmiştir [12].

Tablo 1. Alüminyum Birliği standartlarına göre alüminyum döküm alaşımlarının sınıflandırılması [11]
(Table 1. Classification of aluminum casting alloys according to Aluminum Union standards)

1xx.x	Saf Alüminyum (%99'dan Fazla Al İçeren Alaşımlar)
2xx.x	Bakır (Başlıca alaşım elementi)
3xx.x	Silisyum, Bakır ve/veya Magnezyum ile
4xx.x	Silisyum
5xx.x	Magnezyum
7xx.x	Çinko
8xx.x	Kalay
9xx.x	Diğer Elementler
6xx.x	Kullanılmayan Seri

Tablo 2. Alüminyum alaşımlarının standartları ve uluslararası karşılaştırma tabloları [12]
(Table 2. Standards of aluminum alloys and international comparison tables)

ETİNORM	TSE	GERMANY	USA	FRANCE	ENGLAND	ISO	CSA	A.S.T.M
		DIN	AA	NF	BS			
ETİAL-110	AlSi5Cu3	-	319	A-S5U3	LM4	AlSi5Cu3	SC53	BC640
ETİAL-120	AlSi5	AlSi5	B443	-	LM18	AlSi 5	S5	S5A
ETİAL-140	AlSi12	G-AlSi12	A413	AS13	LM6	AlSi 12	-	A13
ETİAL-141	AlSi12Fe	GD-AlSi12	413	A-S 12	LM 20	AlSi 12Fe	S12P	S12C
ETİAL-145	-	-	A332	A-S 12UN	LM 13	-	L2551	SN122A
ETİAL-147	-	-	-	-	-	-	-	-
ETİAL-150	-	-	-	-	-	-	-	-
ETİAL-160	AlSi8Cu3Fe	G-AlSi8Cu3	A-380	A-S 9U3A	LM 24	AlSi8Cu3Fe	L2630	380
ETİAL-171	AlSi10Mg	G-AlSi10Mg	A-360	A-S9GU	-	-	-	360
ETİAL-175	-	-	Fe332	-	LM 26	-	-	SC103A
ETİAL-177	-	-	A357	-	-	-	C135	-
ETİAL-178	-	-	-	-	-	-	-	-
ETİAL-180	-	-	-	-	LM2	-	-	A03831
ETİAL-195	-	-	392,1	-	-	-	-	392
ETİAL-220	AlCu4Si	GAlCu4,5	-	A-U50-T	L91	-	225	-
ETİAL-221	AlCu4Ti	GAlCu4Ti	-	-	LM11	AlCu4Ti	226	-
ETİAL-509	-	GDA1Mg9	-	-	-	-	-	-

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 1.66Volt 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 (Al₂O₃) korozyona karşı koruyucudur [13]. 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 [13]. Alüminyum alaşımlarına ilave edilen alaşım elementleri ile çeşitli özelliklerinin artırılması sağlanmıştır. İstenen özellik kombinasyonuna göre çeşitli bileşim aralıklarına sahip standart alaşımlar geliştirilmiştir.

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

Ergitme işlemi 2kW gücünde, azami 1000°C sıcaklığa çıkabilen, 8kg ergitme kapasitesine sahip elektrik direnç ocağı içerisindeki SiC potada gerçekleştirilmiştir. Sıvı metalin çözülmüş hidrojen gazından arındırılması amacı ile yaklaşık 750°C'de potaya daldırılan grafit sabit lans yardımı ile azot ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra sıvı metal üzeri bir ticari toz flaks ile kaplanarak, sıvı metalin yüzeyinden sıyırma yöntemi ile cüruf tabakası temizlenerek hazırlanan kalıba döküm gerçekleştirilmiştir. Döküm öncesi sıvı metal kalitesinin uygunluğunun kontrolü amacıyla vakum altında katılaştırma yapılarak RPT (Düşürülmüş basınç testi) numuneler alınmıştır. İncelenen RPT numunelerinin kesit yüzey görüntülerinden sıvı metalin temizleme işlemi sonrası döküm için uygun olduğuna karar verilmiştir. 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 3mm 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 1mV/s tarama hızında gerçekleştirilmiştir. Karşıt elektrot olarak grafit ve referans elektrot olarak Ag/AgCl kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

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

Alaşımlar primer külçe olarak Seydişehir Eti Alüminyum tesislerinde üretilmiştir. Temin edilen külçelerden spektral analiz için numuneler alınarak alaşımın kimyasal bileşiminin uygunluğu Altun Döküm San. Tic. Ltd. Şti (Konya) firmasında Spectero marka, Spectromax M1156235 model alüminyum ve alaşımlarının optik emisyon spektrometre cihazında analizi yapılmıştır. Kullanılan alaşımlara ait spektrometre ile alınan kimyasal analiz değerleri Tablo 4.de gösterilmiştir.

Tablo 4. Deney numunelerine ait ölçülen kimyasal bileşim değerleri (%Ağ.)

(Table 4. The measured chemical composition values of the test specimens %Wt.)

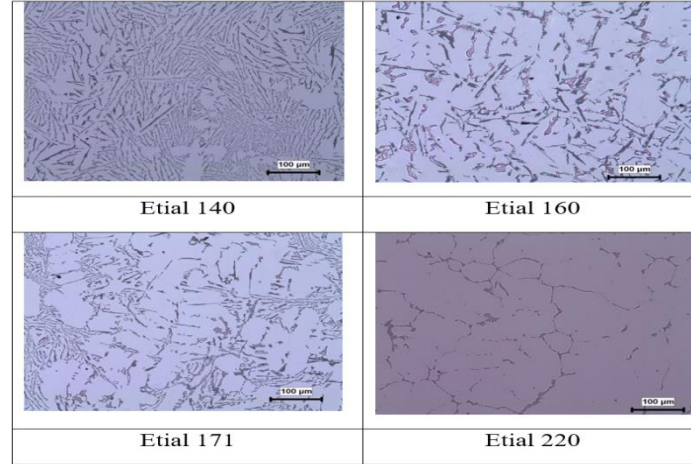
Alaşım	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti
Etial 140	0.26	12.21	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03
Etial 160	0.81	8.73	3.52	0.07	0.03	0.35	0.05	0.05
Etial 171	0.27	9.62	0.02	0.46	0.44	0.02	0.01	0.03
Etial 220	0.28	0.13	4.45	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02

Tablo 4'de verilen sonuçlar incelendiğinde deneylerde kullanılmak üzere temin edilen külçelerin kimyasal bileşim aralıklarının Etial normlarına uygun olduğu görülmektedir.

4.2. Mikro yapı İncelemeleri (Microstructure Investigations)

Mikro yapı 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 büyütmede yapılmıştır.



Şekil 3. Deney alaşımları mikroyapı resimleri
(Figure 3. Microstructure figures of test alloys)

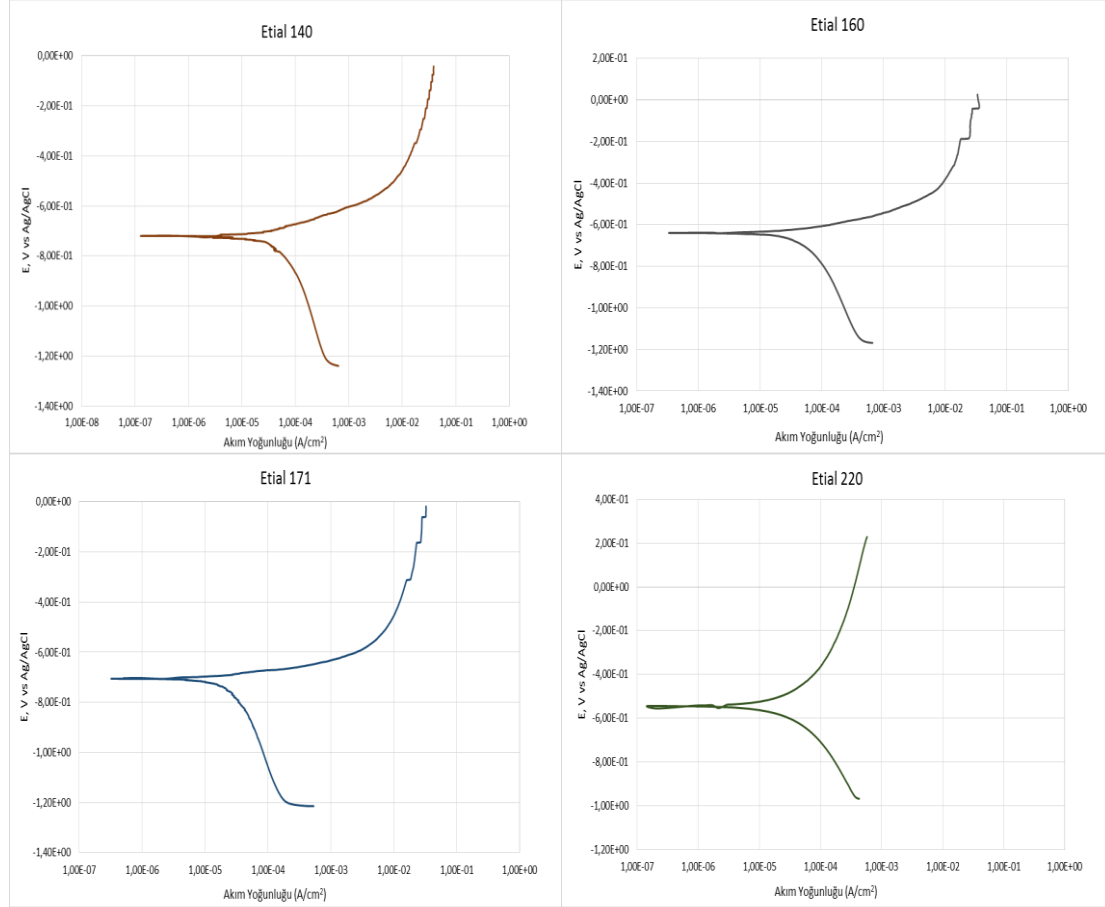
Şekil 3’de görüldüğü gibi farklı alaşımlara ait döküm numunelerin içyapıları kimyasal bileşime bağlı olarak çeşitli şekilde katılaşma sergilemiştir. Bileşiminde Si içeren alaşımlar ötektik öncesi α ve ötektik $\alpha + \text{Si}$ yapısı içermektedir. %12 Si içeriğine sahip olan Etial 140 alaşımında ise ötektik yapı $\alpha + \text{Si}$ şeklindedir. Bileşiminde sadece %4 Cu içeren Etial 220 alaşımında AlCu bileşikleri mevcuttur.

4.3. Korozyon Deneyleri (Corrosion Experiments)

Korozyon deneylerinden elde edilen potansiyel-akım yoğunluğu grafikleri Şekil 4’de verilmiştir. Akım potansiyel grafikleri yardımıyla çizilen tafel eğrilerinden Etial 140, Etial 160, Etial 171 ve Etial 220 alüminyum alaşımlarının korozyon akım yoğunluğu, korozyon potansiyeli ve korozyon hızı değerleri Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Korozyon deney sonuçları
(Table 5. Corrosion test results)

Numune	E _{corr}	I _{corr}	Korozyon Hızı (mpy)
Etial 140	-720mV	15.30×10^{-6}	6.425mpy
Etial 160	-639mV	22.56×10^{-6}	9.452mpy
Etial 171	-705mV	18.10×10^{-6}	7.607mpy
Etial 220	-547mV	27×10^{-6}	11.34mpy



Şekil 4. Gerilim-Akım yoğunluğu grafikleri
(Figure 4. Voltage-Current density graphs)

Şekil 4 ve Tablo 5’de görüldüğü üzere Etial 140 alüminyum alaşımının korozyon potansiyeli değeri -720mV, korozyon akım yoğunluğu değeri $15.30 \cdot 10^{-6} \text{A/cm}^2$ ve korozyon hızı değeri de 6.425mpy olarak gerçekleşmiştir. Etial 220 alüminyum alaşımının korozyon potansiyeli -547mV, korozyon akım yoğunluğu değeri $27 \cdot 10^{-6} \text{A/cm}^2$ ve korozyon hızı değeri de 11.34mpy olarak gerçekleşmiştir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen veriler şu şekilde sıralanabilir:

- Farklı alaşımlara ait döküm numunelerin içyapıları kimyasal bileşime bağlı olarak çeşitli şekilde katılaşma sergilemiştir. Bileşiminde Si içeren alaşımlar ötektik öncesi α ve ötektik α +Si yapısı içermektedir. %12 Si içeriğine sahip olan Etial 140 alaşımında ise ötektik yapı α +Si şeklindedir. Bileşiminde sadece %4 Cu içeren Etial 220 alaşımında AlCu bileşikler mevcuttur.
- Korozyon direnci en yüksek olan alaşım Etial 140 olmuştur. Bu alaşımda silisyum oranı diğer alaşımlara göre yüksekti. Silisyumun alaşımın korozyon direncine olumlu etkide bulunduğu düşünülebilir.
- Korozyon direnci en düşük olan alaşım ise Etial 220 olmuştur. Etial 220 alaşımında oluşan AlCu bileşiklerinin mikro galvanik etki oluşturduğu ve korozyon direncini azaltabileceği gözlemlenmiştir.



NOT (NOTE)

Bu çalışma, 5-7 Ekim 2016 tarihleri arasında Bayburt'ta düzenlenen 14. Uluslararası Korozyon Sempozyumunda sözlü sunum bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Aydın, B., (2002). AA2014 Alaşımında Yaşlandırma Isıl İşleminin İşlenebilirlik Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı.
2. Dwight, J., (2002). Aluminium design and construction, Taylor and Francis, ABD.
3. CHEN, W.F. and LUI, E.M., (2005). Handbook of Structural Engineering, CRC Press, ABD.
4. <http://www.afsa.org.za/aluminium-and-alloys.asp>, (Erişim Tarihi: 16.07.2016).
5. Brooks, C.R., (1984). Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys, ASM, Ohio, USA, 115-137.
6. Alan, S., (2008). Alüminyum Raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 30.
7. Yılmaz, M., (2013). Türkiye Alüminyum Sektörünün 2023 Projeksiyonu, Türk Döküm Dergisi, Sayı:29, ss:62-69.
8. Mayr, E., (2011). Global Aluminium FRP Industry, 4th Aluminium Outlook Conference, Chicago.
9. Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği Raporu, 2011.
10. Kissel, J.R. and Ferry, R.L., (2002). Aluminum structures, a guide to their specifications and design, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.
11. Metals Handbook, Vol.2., (1990). Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials, ASM International Handbook Committee, ss:400, Metals Park, OH, ASM International.
12. <http://www.etialuminyum.com/>, (Erişim Tarihi: 18.08.2016).
13. Doruk, M., (2014). Metalik Malzemeler ve Korozyon, ODTÜ Yayınları, 1.Baskı, Ankara.