

Araştırma Makalesi–Research Article

%3,5 NaCl Ortamında C95200 ve C95300 Alüminyum Bronzlarının Korozyon Davranışları

Corrosion Behaviors of C95200 and C95300 Aluminium Bronzes in 3,5% NaCl Environment

Meriç Metin¹, Mehmet Ünal², Halil Ahmet Gören^{3*}

Geliş / Received: 23/06/2022

Revize / Revised: 02/12/2022

Kabul / Accepted: 05/12/2022

ÖZ

Bu çalışmada C95200 ve C95300 alüminyum bronzlarının mikroyapı ve korozyon özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. C95200 ve C95300 alaşımları alüminyum bronz normlarında döküm olarak üretilmiştir. Üretilen alüminyum bronz ingotlarından mikroyapı ve korozyon numuneleri oluşturulmuştur. Optik mikroskop, SEM ve EDS araştırmaları yapıldı. Alaşımlara 72 saat %3,5 NaCl ortamında daldırma korozyon testi ve potansiyodinamik polarizasyon korozyon testi yapılmıştır. Mikroyapı incelemelerinde siyah bölgeler birincil α yapısını, tane sınırlarındaki beyaz bölgeler ikincil fazı (β) temsil etmektedir. Potansiyodinamik polarizasyon korozyon testinde C95200 alaşımının korozyon direncinin C95300 göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum daldırma korozyon testinde de gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler- C95200, C95300, Korozyon, Alüminyum Bronzları

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the microstructure and corrosion properties of C95200 and C95300 aluminium bronzes. C95200 and C95300 alloys are produced as cast in aluminium bronze norms. Microstructure and corrosion samples were formed from the produced aluminium bronze ingots. Optical microscope, SEM and EDS investigations were done. Corrosion test was performed on the alloys in 3,5% NaCl environment for 72 hours. In addition, potentiodynamic polarization corrosion test was performed. In microstructural studies, black areas represent primary α structure, white areas at grain boundaries represent secondary phase (β). In the potentiodynamic polarization corrosion test, it was determined that the corrosion resistance of the C95200 alloy was higher than the C95300. This was also observed in the immersion corrosion test.

Keywords- C95200, C95300, Corrosion, Aluminium Bronzes

¹İletişim: mericc.metin@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-9200-2633>)

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye

²İletişim: munal@karabuk.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-3836-4566>)

İmalat Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye

^{3*}Sorumlu yazar iletişimi: agoren@sinop.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-4455-4024>)

Mekatronik Programı, Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Sinop, Türkiye

I. GİRİŞ

Bakır alaşımları termal, elektriksel ve iyi mekanik özelliklerinden dolayı endüstriyel alanda tercih edilmektedir. Bu alaşımlar konnektörler, ısı eşanjörleri, borular, radyatörler gibi parçalarda kullanılmaktadır. Bakır alaşımlarının özelliklerini geliştirmek amacıyla Al, Zn, Cr, Ni, Sn, Pb, Nb, Be gibi farklı alaşım elementleri eklenmektedir. Alüminyum bronzları en önemli bakır bazlı (Cu-Al) alaşımlardan biridir. Alüminyum bronzları genellikle %5-%14 aralığında ana alaşım elementi olarak farklı alüminyum yüzdesine sahiptir, fakat alüminyum bronzlarına nikel, manganez, silikon ve kalay gibi alaşım elementlerinde eklenebildiği rapor edilmiştir [1]. Bronzlar, farklı tribolojik uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2]. Literatürde fiziksel, mekanik, tribolojik ve diğer özellikleri düzenlemek için istenen bir iç yapının elde edilmesinin önemli olduğu bildirilmiştir [3].

Yaklaşık %8'den fazla alüminyum içeren ticari alaşımlara demir ilavesi yapılabilir. Demir hem katılaşma hem de yavaş soğutma sırasında taneleri inceltir ve mekanik özellikleri iyileştirir [4-5]. Yaşar ve arkadaşları C95300 alaşımında α fazı ile birlikte tane sınırları boyunca ikincil β fazı varlığını bildirmişlerdir [6].

Literatürde polarizasyon deneyleri sonucunda, Al-Cu-Fe alaşımlarında bulunan diğer fazlara göre Cu ve Fe içeren yarı kristalli fazın en iyi korozyon performansı gösterdiği rapor edilmiştir [7].

Literatürde elektrokimyasal potansiyodinamik polarizasyon testi ile, klorür ortamında üç farklı Cu-Al intermetalik bileşiğin korozyon performansı karşılaştırılmıştır. Üç Cu-Al intermetalikleri arasındaki korozyon hızı büyükten küçüğe doğru $\text{Cu}_9\text{Al}_4 > \text{CuAl}_2 > \text{CuAl}$ olarak tespit edilmiştir. Metaller için korozyon hızı büyükten küçüğe doğru $\text{Cu} > \text{Al}$ olarak bildirilmiştir. Az miktarda Pd ilavesi korozyon direncini bir miktar artırmıştır [8].

Literatürde yapılan bir çalışmada, NaOH ve H_2SO_4 ortamındaki alüminyum bronz numunelerinin, sırasıyla döküm sarı altın renginden kahverengiye ve koyu renge kademeli olarak renk bozulması gösterdiği rapor edilmiştir. NaCl ortamında, NaOH ve H_2SO_4 ortamına kıyasla korozyona karşı daha yüksek direnç gösterdiği ve artan konsantrasyonda bile hafif renk açma etkisi meydana geldiği rapor edilmiştir [9].

Galvanik olarak bağlanmış Nikel-Alüminyum Bronz ve paslanmaz çeliğin (UNS S31603) üç haftalık doğal deniz suyunda korozyon davranışı incelenmiş ve sonuç olarak paslanmaz çeliğin Nikel-Alüminyum bronz tarafından katodik polarizasyonunun, paslanmaz çeliğin katot verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [10].

Literatürde (Cu-7Al) bronzunun korozyon davranışı incelenmiş ve alaşım%3,4 NaCl çözeltisinde uzun süreler boyunca bekletilmiştir. Bu durum numuneler üzerinde erken sürede aşındırıcı saldırı meydana getirmiş genel, çukur korozyonlarının birleşmesi ve büyümesi ile birden fazla oluk benzeri boşluk oluşmuş ve komşu çukurların bir araya gelmesiyle sonuçlandırılmıştır [11].

Cenoz yaptığı çalışmada, alüminyum bronz kalıcı kalıp içine döküm yapılmış ve yapıda α ile γ_2 ve yarı kararlı faz β' ve γ' meydana geldiğini tespit etmiştir. İlaveten ($\text{Al}_{13}\text{Fe}_4$, Fe_3Al ve Al_5Fe_2) intermetaliklerinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Ayrıca küresel demir parçacıkları oluştuğunu ve bu küresel parçacıkların alüminyum ile etkileşime girmediğini belirtmişlerdir [12].

Bu çalışmada döküm olarak elde edilen C95200 ve C95300 alüminyum bronzlarının mikroyapısal özellikleri, ayrıca daldırma korozyon testi ve potansiyodinamik polarizasyon testi kullanılarak korozyon özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Alaşımları üretmek için indüksiyon ocağında C95200 ve C95300 alüminyum bronzlarının ergitimi yapılmış ve kokil kalıp içerisine dökülmüştür. Ergitme işlemi iki dereceli olarak yapılmıştır. Öncelikle hazırlanan karışım ergitilmiş ve bu ergitilmiş alaşımlar, mikroyapısının homojen olması ve segregasyonun giderilmesi için tekrar ergitilmiş ve dökülmüştür. 1135 °C sıcaklığa kadar ergitilen alaşımlar 200 °C'ye ısıtılmış metal bir kalıba dökülmüştür. Böylece C95300 alaşımı ve sonra C95200 alaşımı Fe ilavesi ile üretilmiştir [6].

A. Alaşımların Kompozisyonu

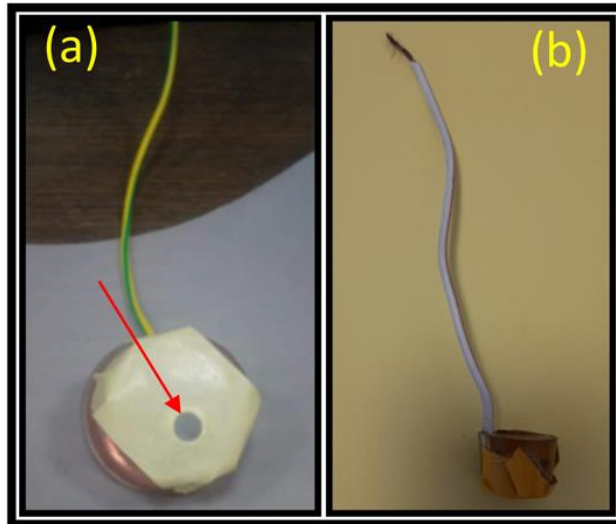
Alaşımlar döküm yöntemiyle üretilmiş ve sonrasında alınan numuneler üzerinde kimyasal element analizlerinin yapılmasında (X-Işınları Floresans) olarak bilinen XRF yöntemi kullanılarak Rigaku ZSX Primus II model cihaz vasıtasıyla test edilmiştir. XRF yöntemi ile elementlere özel farklı tipteki dalga boylarında floresans adı verilen ikincil tip ışımalarından yararlanılarak alaşımdaki elementlerinin % ağırlıkları tespit edilmiştir.

B. Mikroyapı Deney Metodu

Mikroyapı araştırmaları için döküm alaşımların numuneleri sırasıyla 400, 600, 800, 1000, 1200, 2000, zımparalar ile zımparalanmış ve ardından saf su ile temizlenmiştir. Ardından 1µm alümina ile parlatılan yüzeyler saf su ve alkol ile temizlenmiş ve kurutulmuştur. Sonrasında numuneler dağlanmış ve ardından tekrar saf su ve alkolle numunelerin yüzeyi durulanmış kurutulmuştur. Optik mikroskop incelemeleri Nikon markalı optik mikroskop ile gerçekleştirilmiştir. Ardından Carl Zeiss Ultra Plus Gemini markalı aygıt ile SEM, EDS incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

C. Potansiyodinamik Polarizasyon Deney Metodu

Potansiyodinamik polarizasyon deneyinde kullanılmak üzere döküm alaşımlardan Şekil 1 (a) ve (b)'de görülen numune hazırlanırken, numunelerin yan kısımları aşındırılmış ve aşınan bu bölgeden bakır tel ile sarılan numune üzerine, telin diğer tarafı 10 cm dışarıda kalacak şekilde epoksi reçine dökülmüştür. Telin bir kısmı numune ile beraber reçine içinde kalmakta, diğer uzun tarafı zımpara yapılmayan kısmından dışarı çıkmış şekilde reçine dışında kalmaktadır. Zımpara yapılan test yüzeyleri tamamen reçine ile kaplıdır ve tel bulunmamaktadır. Test edilecek yüzeyler 1200'e kadar SiC zımpara ile zımparalanmış numunelerin yüzeyine orta noktasında 0,25 cm yarı çapında daire şeklinde boş alana sahip güçlü yapışan bir bant yapıştırılmış ve numunelerin korozyon testlerinin eşit alanda yapılması hedeflenmiştir.



Şekil 1. Potansiyodinamik polarizasyon deney numunesi (a) Korozyona maruz kalan daire bölge (b) Numunenin yan görünüşü

Potansiyodinamik polarizasyon deneyleri %3,5 NaCl ortamında, bilgisayarlı DC105 korozyon analizine sahip Gamry model PC4/300 mA potansiyostat/galvanostat sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Deneyde karşıt elektrotun yerine grafit çubuk, referans elektrotun yerine doymuş kalomel elektrot (SCE), çalışma elektrotunun yerine numune yüzeyi kullanılmıştır. Klasik olarak üç elektrot bulunan hücre ile yapılmıştır. 1 mVs⁻¹ tarama hızı ile, -0,25 V (açık devre potansiyeli, E_{oc}) +0,25 V (E_{oc}) aralık bölgesinde tarama gerçekleştirilmiştir. Her numune için 3 test yapılmış ve ortalamalar kullanılmıştır.

D. Daldırma Korozyon Deney Metodu

Dökümü yapılmış alaşımlardan daldırma korozyon testi için 2x10x10 mm ebatlarındaki dikdörtgen prizma şeklinde numuneler hazırlanmış ve yüzeyleri zımparalanmıştır. Ultrasonik cihazda saf su dolu beher içinde temizlenmiştir. Ardından yüzey alanları hesaplanmış ve daldırma öncesinde ilk ağırlıkları 0,0001 gr hassasiyet gösteren terazi ile ölçülmüştür. Numuneler içerisinde %3,5 NaCl ile elde edilen saf su çözeltisi bulunan cam kavanozların içine file yardımı ile asılı halde daldırılmıştır. Daldırılan numuneler 3, 6, 9, 12, 24, 48 ve 72 saat ara ile çözülden çıkarılarak, yüzeyleri temizlenmiş ardından ağırlıkları ölçülüp kaydedilmiştir. Bu saat aralıklarında çözülden çıkarılan numunelerin temizlenme işlem sırası, önce 180 gr/L olarak sulu kromikasit çözeltisi içerisinde ultrasonik temizleme cihazında 5dk bekletilmiştir. Sonrasında saf su içerisinde ultrasonik temizleme cihazında 5 dakika bekletilmiştir. Son olarak yine ultrasonik temizleme cihazında 5 dakika alkol ile temizlenmiştir. Ölçümleri yapılan numuneler tekrar %3,5 NaCl içerisine daldırılmıştır.

III. DENEYSSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

A. Alaşımların Kompozisyon Sonuçları

C95200 ve C95300 alüminyum bronz alaşımları ergitilmiş ve kokil kalıp içerisine dökülmüştür. Numuneler incelendiğinde ana alaşım elementleri olan Cu, Al ve Fe elementlerinin bileşiminde küçük farklılıklar olsa da alaşımlardaki bileşimler (ASTM B148-78a) ASTM standartlarında belirlenmiş aralıklara uygundur [13-14]. Alaşımların kompozisyonu Tablo 1’de verilmiştir.

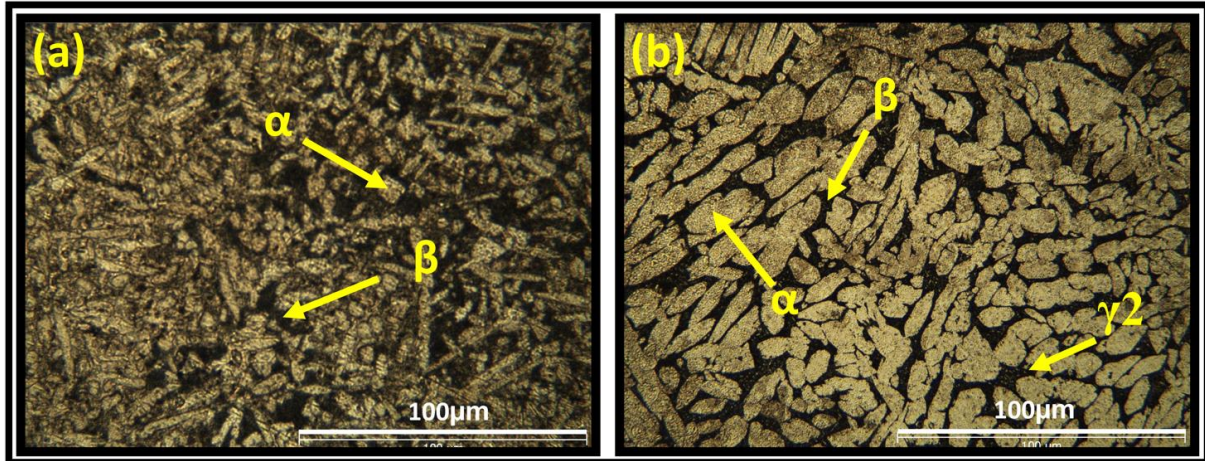
Tablo 1. Alaşımların kompozisyonu

Alaşım	% Al	% Fe	% Sn	% Ni	% Si	% Pb	% Zn	% Cu
C95200	8.678	2.510	0.043	0.006	0.062	0.016	0.116	Kalan
C95300	10.105	0.983	0.038	0.003	0.073	0.018	0.115	Kalan

B. Mikroyapı Deney Sonuçları

İncelenen Cu-Al-Fe alaşımlarının döküm olarak optik mikroskop görüntüleri Şekil 2(a) ve (b)’de gösterilmiştir. Fe içeriği daha yüksek ve alüminyum içeriği daha az olan C95200 alaşımının tane yapısı daha incedir. C95300 alaşımında ise alüminyum miktarı daha yüksek ve demir miktarı daha az tane yapısı daha büyüktür. Literatür incelendiğinde alüminyum bronzlarının mikroyapılarında çeşitli fazlar bulunabildiği rapor edilmiştir. Ayrıca ısıl işlem ve soğuma ile birlikte matris yapısı daha karmaşık bir hal aldığı bildirilmiştir. Bununla beraber alüminyum bronzlarında temelde üç fazın (α , β ve γ_2) sıklıkla görüldüğü ve mekanik özelliklerin bu fazlar tarafından belirlendiği açıklanmıştır. İlgili fazlar, mikroyapıda birbirinden ayrı yer alabileceği gibi bir arada kompleks bir dağılımda da yer alabilir. Alüminyum miktarının artmasıyla yapı tek fazdan çok çift faz olarak görülmeye başlar ve bronzun yoğunluğu azalır. Alüminyum bronzları ağırlıkça %8 alüminyum içeriğine kadar α fazına sahiptir. Diğer faz olan β ise ağırlıkça %8,0-11,0 alüminyum matris içerisinde gözlemlenebilir.

Matriste bulunan α fazı yumuşak bir karakteristiğe sahiptir ve sünekliği ile beraber korozyon direncini geliştirmektedir. Mikroyapıda bulunabilen β fazı sertlik olarak α fazının sertliğinden daha yüksektir ve matrisin sünekliğine ve korozyon direncine katkı sunmaktadır. Fakat γ_2 fazı oldukça sert ve gevrek bir yapıya sahip olarak korozyon direncinde bir miktar azalmaya sebep olabilir. Alüminyum bronzları yüksek sertliğe ve aşınma direncine sahiptir. Bundan dolayı işlenmeleri zordur. Bu bronz türünde alüminyum miktarı alaşımın işlenme kabiliyetini belirler [13, 14].



Şekil 2. Alaşımların mikroyapı görüntüleri: (a) C95200 ve (b) C95300

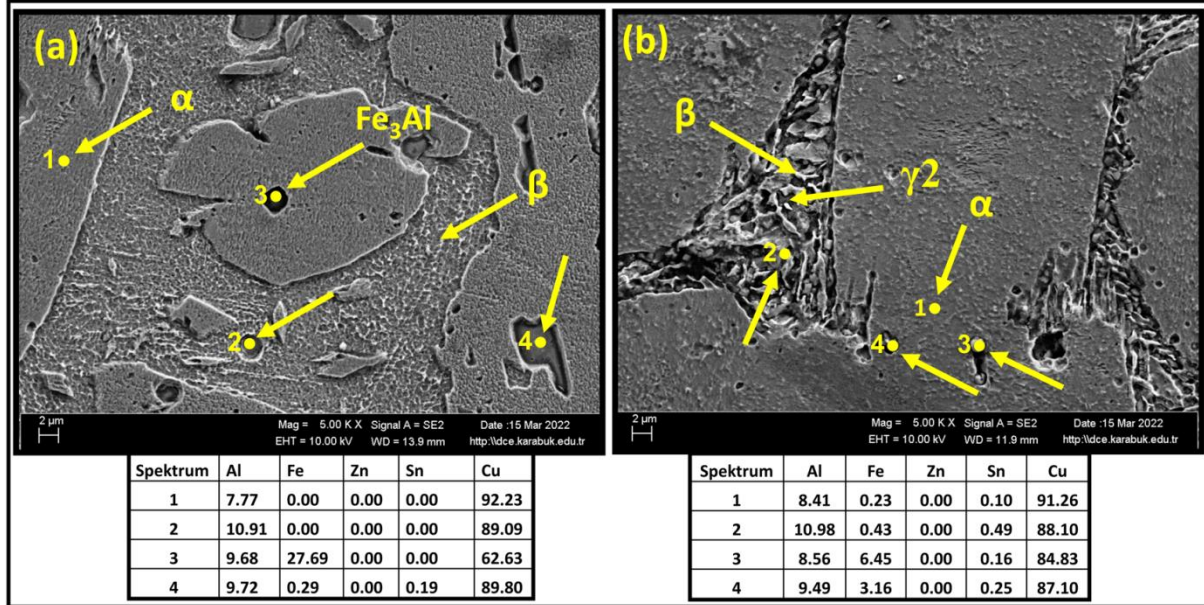
Şekil 3’de C95200 ve C95300 alaşımlarının SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 3 (a)’daki C95200 alaşımının SEM görüntülerinde 1 ile gösterilen nokta birincil α fazını temsil eder. Tane sınırlarındaki bölgelerde ikincil β fazı gösterilmiştir. Şekil 3 (b)’de 1 ile gösterilen noktada birincil α fazı, tane sınırlarında β fazı ayrıca γ_2 fazı gösterilmiştir.

Literatürde benzer çalışmalar incelendiğinde Yaşar ve arkadaşları C95300 alaşımı üzerinde yaptıkları çalışmada, α fazı ile birlikte tane sınırlarında ikincil β fazını rapor etmişlerdir. Buna alüminyum bronz perlit ($\alpha +$

γ_2) de denir. Perlitik yapı çeliklerde olduğu gibi lamellidir. Oda sıcaklığında β yapısına sahiptir ve iki fazlıdır. C95300, C95200'den daha fazla ve daha büyük β fazı alanına sahiptir [4-6].

Cenoz çalışmasında alüminyum bronzunu kalıcı kalıp içine döküm yapmıştır. α ile γ_2 ve yarı kararlı faz β' ve γ' meydana geldiğini tespit etmiştir. Ayrıca γ_2 ve γ' fazları dökümdeki mikro segregasyonlardan dolayı lokal olarak meydana geldiğini rapor etmiştir. Ayrıca demir ve alüminyum intermetalikleri bileşiklerinin ($Al_{13}Fe_4$, Fe_3Al ve Al_3Fe_2) oluştuğunu bildirmişlerdir [12].

Literatürde nominal bileşimde (ağırlıkça %) Cu-10Al-2.5Fe içeren Al bronzu incelenmiştir. Döküm olarak mikroyapıda α -fazında demir açısından zengin intermetalik çökeltiler bulunduğunu, α -fazi FCC bakır açısından zengin katı çözeltili olduğunu rapor etmişlerdir. Yapıda bulunan demir açısından zengin intermetalik Fe_3Al parçacıkları β -fazında çökeler ve α -fazının büyümesini bir dereceye kadar engelleyerek β -fazının çekirdeklenmesi için alan sağlayarak mikroyapının iyileştirilmesine neden olur [5]. Referans [5]'te anlatıldığı gibi Şekil 3 (a)'daki SEM görüntüleri ve EDS analizinde 3 ile işaretlenmiş noktada, β fazı bölgesinde çökelmiş Fe_3Al fazı gösterilmiştir.



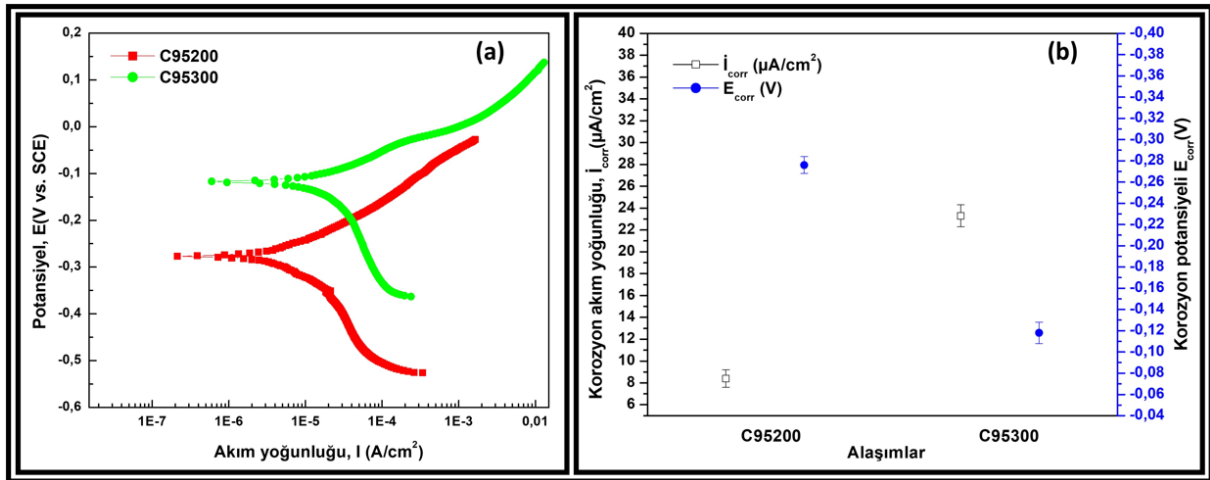
Şekil 3. Alaşımlarının SEM, EDS analizi sonuçları: (a) C95200 ve (b) C95300

C. Potansiyodinamik Polarizasyon Deney Sonuçları

Potansiyodinamik polarizasyon korozyon deneyleri yapılmıştır. Şekil 4'te C95200 ve C95300 alüminyum bronzlarının Tafel eğrileri ve I_{corr} ve E_{corr} değerleri verilmiştir. Bu eğriler Tafel ekstrapolasyon yöntemi ile incelenmiş ve şekilden korozyon potansiyeli (E_{corr}) ve bununla ilgili korozyon akım yoğunluğu (I_{corr}) sonuçları elde edilmiştir. Polarizasyon eğrileri incelendiğinde C95300 alaşımı C95200 alaşımına göre daha pozitif potansiyel değerinde kalmıştır. Bu durumu daha net şekilde açıklamak için I_{corr} ve E_{corr} değerlerindeki incelememiz gerekir.

I_{corr} akım yoğunluğudur, I_{corr} arttıkça malzemenin korozyona karşı direnci zayıflar [15]. Sırasıyla C95200 ve C95300 alaşımlarının I_{corr} değerleri 8,39 ve 23,3 V. olarak belirlenmiştir. Bu tanıma göre C95300 alaşımının I_{corr} değeri C95200 alaşımından daha yüksektir ve korozyon direnci daha zayıftır. Bu göre; I_{corr} değeri düşük olan C95200 alaşımının korozyon direncinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum daldırma korozyon testi sonuçları ile örtüşmektedir.

E_{corr} değeri akımların aşması gerektiği bariyerdir. E_{corr} pozitifeye yaklaştıkça akımların aşması lazım gelen bariyer yükselir bunun sonucunda malzemenin korozyona karşı direnci artmaktadır [15]. Burada sırasıyla C95200 ve C95300 alaşımlarının E_{corr} değerleri -0,276 ve -0,118 V. olarak tespit edilmiştir. Alaşımların korozyon dayanımları tespit edilirken, potansiyodinamik polarizasyon korozyon testi sonuçları ile daldırma korozyon testi sonuçlarını birlikte değerlendirmek daha aydınlatıcı bir sonuç verecektir.

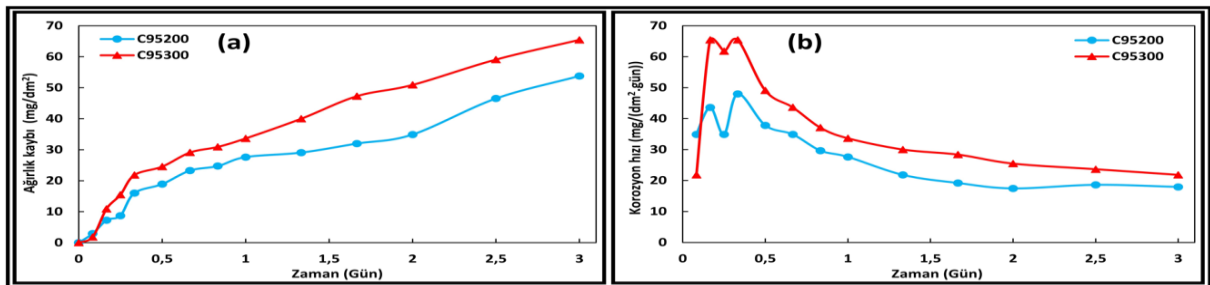


Şekil 4. Alaşımların (a) Tafel eğrileri (b) i_{corr} ve E_{corr} değerleri.

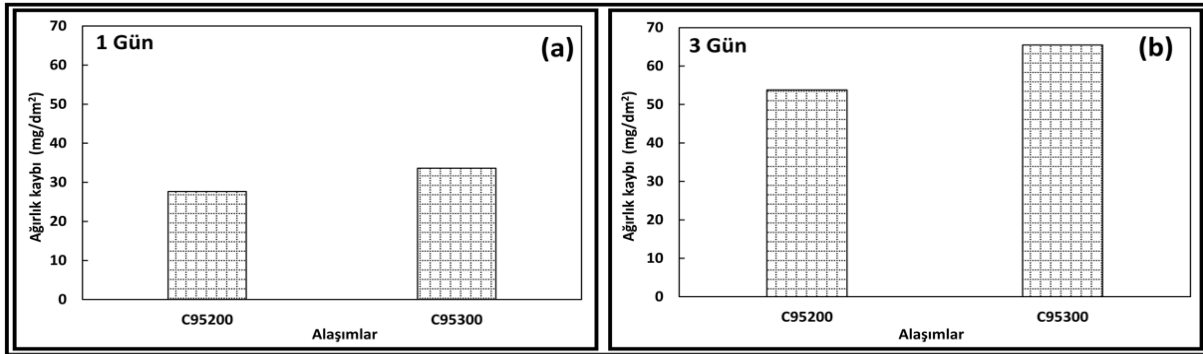
Saarivirta ve Tiainen tarafından yapılan çalışmada potansiyodinamik polarizasyon deneyleri sonucunda Al-Cu-Fe alaşımlarının tuzlu çözeltilerde korozyon hızı, esas olarak yapıda mevcut Cu bakımından zengin fazların miktarı ile belirlendiği bildirilmiştir. Asidik çözeltilerde, Cu bakımından zengin fazlar korozyona uğramadan kalırken, daha az Cu içeren fazlar korozyona duyarlı olduğu rapor edilmiştir. Nötr ve bazik çözeltilerde oksidasyon birincil yüzey reaksiyonu olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, Cu'nun oksit tabakasına gözenekler soktuğu bulunmuş ve Fe oksidasyon sürecini inhibe ettiği belirtilmiştir. Bu nedenle, nötr ve bazik çözümlerde, incelenen Al-Cu-Fe alaşımlarında bulunan diğer fazlara göre Cu ile birlikte Fe içeriğine sahip yarı kristalli faz en iyi korozyon performansı gösterdiği rapor edilmiştir [7]. Al-bronzunun (Cu-7Al) korozyon davranışı incelenmesinde %3,4 NaCl çözeltisinde uzun süreler boyunca bekleyen numuneler üzerinde aşındırıcı saldırı çok erken başlamış ve oluşan komşu çukurların bir araya geldiği rapor edilmiştir [11]. Referans [7]'deki bakırın Fe oksidasyon sürecini inhibe etmesive referans [11]'deki NaCl ortamındaki uzun süren bekleme sonrasında meydana gelen korozyon numuneleri üzerinde aşındırıcı saldırılar, bu çalışmadaki korozyon deneyini aydınlatmaya yardımcı olabilir.

D. Daldırma Korozyon Deney Sonuçları

Şekil 5.'de alaşımların daldırma korozyon testindeki ağırlık kaybı ve korozyon hızları görülmektedir. Daldırma korozyon testi sonuçları incelendiğinde Şekil 5 (a)'da görülen 3 gün (72 saat) ağırlık kaybı testinde C95300 alaşımı daha fazla ağırlık kaybı yaşamış ve korozyon direncinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. C95200 alaşımı daha az ağırlık kaybı yaşamış ve korozyon direncinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum potansiyodinamik polarizasyon korozyon test sonuçları ile örtüşmektedir. Şekil 5 (b)'de görülen korozyon hızı grafiği incelendiğinde C95300 alaşımının korozyon hızı C95200 alaşımına göre daha yüksektir. Şekil 6 (a) ve (b)'de sırasıyla 1 günlük ve 3 günlük ağırlık kayıplarının gün geçtikçe nasıl bir değişime uğradığı gösterilmiştir. C95300 alaşımının ağırlık kaybının 1'inci ve 3'üncü günlerde çok daha fazla olduğu görülmektedir.

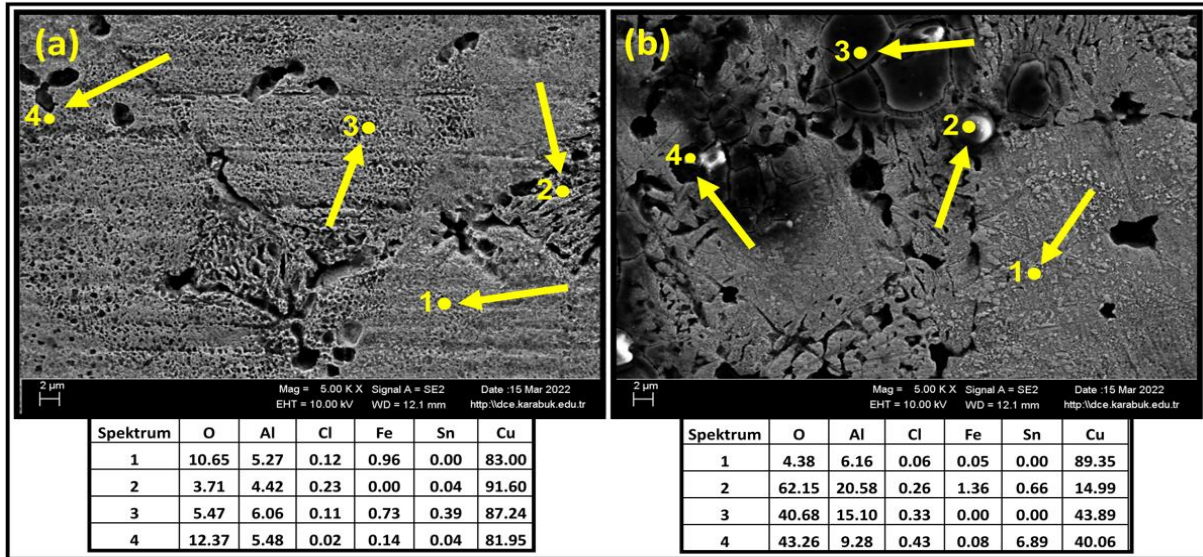


Şekil 5. Alaşımlarının daldırma korozyon testindeki (a) Ağırlık kaybı (b) Korozyon hızı



Şekil 6. Alaşımlarının daldırma korozyon testindeki (a) 1. gün sonundaki ağırlık kaybı (b) 3. gün sonundaki ağırlık kaybı

Şekil 7 (a) ve (b)'de daldırma korozyon deneyi SEM, EDS sonuçları verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde C95300 alaşımının 2, 3 ve 4'üncü bölgelerdeki oksijen (O) yüzdesi yüksektir fakat C95200 alaşımındaki noktalarda oksijen (O) yüzdesi düşüktür. Literatürdeki bir çalışma Al-Cu-Fe alaşımlarında bulunan diğer fazlara göre Cu içeriği yüksek olan fazların korozyondan neredeyse etkilenmediğini rapor etmişlerdir [7].



Şekil 7. Alaşımlarının daldırma korozyon testi sonrasındaki SEM, EDS analizi sonuçları: (a) C95200 ve (b) C95300

IV. SONUÇLAR

Döküm ile üretilen C95200 ve C95300 alaşımlarının mikroyapı ve korozyon davranışlarının karşılaştırılmasının sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Mikroyapılarda siyah bölgeler birincil α yapısını temsil eder. Tane sınırlarında görüldüğü gibi beyaz bölgeler ikincil (β) fazıdır. 95200 alaşımı Fe içeriğinin daha fazla olmasından dolayı daha ince tane yapısına sahiptir ve daha az (β) fazına sahiptir. Ayrıca yapısında Fe_3Al intermetaliti bulunmaktadır. C95300 alaşımı taneleri daha iridir ve daha fazla (β) fazına sahiptir.

Potansiyodinamik polarizasyon testinde I_{corr} değeri düşük olan C95200 alaşımının korozyon direncinin daha fazla olduğu görülmektedir. Fe miktarının artmasıyla Cu-Fe içeren fazın korozyon dayanımını geliştirdiği düşünülmektedir.

Daldırma korozyon testi bir önceki potansiyodinamik polarizasyon testini desteklemektedir. C95200 alaşımının korozyon direnci C95300 alaşımına göre daha iyi olduğu ağırlık kayıplarından anlaşılmış ve bu değerler daldırma korozyon testi sonrası alınan SEM görüntüleriyle de desteklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Proje No: KBÜBAP-21-YL-083 numaralı proje ile Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Gohar G. A., Manzoor T. & Shah A. N. (2018). Investigation of Thermal and Mechanical Properties of Cu-Al Alloys with Silver Addition Prepared by Powder Metallurgy, *Journal of Alloys and Compounds*, 735, 802-812.
- [2] Kimura T., Shimizu K. & Terada K. (2007). Sliding Wear Characteristic Evaluation of Copper Alloy for Bearing, *Wear*, 263, 1-6, 586-591.
- [3] Sadykov F.A., Barykin N.P. & Aslanyan I.R. (1999). Wear of Copper and Its Alloys with Submicrocrystalline Structure, *Wear*, 225-229, 1, 649-655.
- [4] Yaşar M. & Altunpak Y. (2009). The Effect of Aging Heat Treatment on The Sliding Wear Behaviour of Cu-Al-Fe Alloys, *Materials & Design*, 30 (3) 878-884.
- [5] Hasan F., Iqbal J. & Ridley N. (1985). Microstructure of As-Cast Aluminium Bronze Containing Iron, *Materials Science and Technology (United Kingdom)*, 1 (4), pp. 312-315.
- [6] Yaşar M., Demiral M., Özyürek D. & Ünal M. (2009). Investigation of Wear Behaviors of C95200-C95300 Cu-Al-Fe Alloys, *Industrial Lubrication and Tribology*, 61, 1, 40-46.
- [7] Huttunen-Saarivirta E., Tiainen T. (2004). Corrosion Behaviour of Al-Cu-Fe Alloys Containing a Quasicrystalline Phase, *Materials Chemistry and Physics*, 85, 2-3, 383-395.
- [8] Lim A. B. Y., Neo W. J., Yauw O., Chylak B., Gan C. L. & Chen Z. (2015). Evaluation of The Corrosion Performance of Cu-Al Intermetallic Compounds and The Effect of Pd Addition, *2015 IEEE 17th Electronics Packaging and Technology Conference (EPTC)*, pp. 1-5.
- [9] Babalola B., Bodunrin M., Borode J. & Alaneme K. (2013). Corrosion Characteristics of As-Cast Aluminium Bronze Alloy in Selected Aggressive Media, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 1 (5), 245-249.
- [10] Krogstad H. N. & Johnsen R. (2017). Corrosion Properties of Nickel-Aluminium Bronze in Natural Seawater-Effect of Galvanic Coupling to UNS S31603, *Corrosion Science*, 121, 43-56.
- [11] Ateya, B. G., Ashour, E. A., & Sayed, S. M. (1994). Corrosion Of A-Al Bronze in Saline Water. *Journal of The Electrochemical Society*, 141(1), 71-78.
- [12] Cenoz I. (2011). Effect of Different Cooling Rates on The Microstructure of Cu-Al-Fe Alloy, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 50 (1) 80-84.
- [13] Tüfekçi T. (2019). *Cr ve Si Katkısı ile Modifiye Edilmiş Alüminyum Bronzlarının Tribolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [14] Ünal M. (1999). *Alüminyum Bronzunda Farklı Katılma Hızlarının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [15] Kılınç M. (2021). *5083 Kalite Al Alaşımının Mekanik Özelliklerine Termomekanik Isıl İşleminin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.