

%40 TiC ve SiC PARTİKÜL KATKILI METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN POTANSİYODİNAMİK VE EIS ANALİZLERİ*

Burak DİKİCİ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi,
Erciş Meslek Yüksek Okulu, Erciş-Van
e-posta: burakdikici@yyu.edu.tr

Fevzi BEDİR

Süleyman Demirel Üniversitesi,
Müh. Fak., Makine Müh. Böl., Isparta
e-posta: fbedir@mmf.sdu.edu.tr

Hikmet ALTUN

Atatürk Üniversitesi,
Mühendislik Fak., Makina Müh. Böl.,
Erzurum
e-posta: haltun@atauni.edu.tr

Mehmet GAVGALI**

Atatürk Üniversitesi,
Müh. Fak., Makina Müh. Böl., Erzurum
e-posta: mgavgali@atauni.edu.tr

ÖZET

Günümüzde, metal matrisli kompozitlerin (MMK) üretimi için değişik toz karıştırma, döküm, infiltrasyon veya toz metalürjisi yöntemleri kullanılmaktadır, ancak bu metotlarla yüksek takviye oranlı MMK üretimi oldukça sınırlıdır. Ayrıca kullanılan takviye türü ile kompozitin; yoğunluk, mukavemet, elastik ve plastik özellikleri değiştirilebilir. Çünkü kullanılan kuvvetlendiricinin matrisle uyumlu ve kararlı bir arayüzey oluşturması oldukça güçtür. Bu çalışmada MMK üretiminde sıkça kullanılan iki farklı kuvvetlendirici partikülün (SiC_p ve TiC_p) yüksek oranlarda (%40) 2xxx serisi alüminyum matris alaşımına takviyesi durumunda kompozitin elektrokimyasal davranışı üzerinde oluşan değişimler araştırılmıştır. Kompozitler sıcak presleme (hot pressing) yöntemi ile üretilmiş olup, elektrokimyasal duyarlılıkları potansiyodinamik polarizasyon ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) teknikleri yardımıyla belirlenmiştir. Metalografik incelemeler SEM ve optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirildi. Elde edilen verilerden, SiC katkıli kompozitin hem ara yüzey özelliklerinin hem de polarizasyon direncinin daha iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sıcak presleme, MMK, SiC, TiC, polarizasyon, EIS

The Potentiodynamic and EIS Analyses Of %40 TiC and SiC Particulate Reinforced Metal Matrix Composites

ABSTRACT

Nowadays, the different powder mixing, casting, infiltration or powder metallurgy techniques is to use for the production of metal matrix composites (MMC), but production of MMC with high reinforcement rate by these methods is quite limited. Besides, the density, resistance, elastic and plastic behaviours of composite can be changed by the type of the used reinforcement. That is why an interface formation with compatible and stable of the used reinforcement with matrix is quite hard. In this study, the formed changes on the electrochemical behaviour of composite with two different reinforcements particulates (SiC_p and TiC_p), which is frequently used for production of MMC, that were reinforced into 2xxx aluminium matrix alloy at high rates (%40) were investigated. The electrochemical sensitivity was determined by using the potentiodynamic polarization and electrochemical empedans spectroscopy (EIS) methods after the composites were produced by hot pressing. The metallographic analyses were examined by using SEM and optic microscopy. It has been observed that SiC particle reinforced matrix has more good properties of the interface and resistance of the polarization.

Keywords: Hot pressing, MMC, SiC, TiC, polarization, EIS

* İletişim yazarı

** Bu makale 24-25 Kasım 2007 tarihlerinde, Makina Mühendisleri Odası Konya Şubesinde, düzenlenen IV. Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Metal matrisli kompozitlerin (MMK); alaşımlar ve diğer malzemelere alternatif hâle gelmelerinin en önemli nedeni aynı ağırlıktaki metallere oranla mukavemetlerinin çok daha yüksek olmasıdır. Buna ek olarak MMK'lar:

- Yüksek elastik modüle sahiptirler,
- Metallerin yüksek süneklik, seramiklerin yüksek sertlik özelliklerini aynı bünyede birleştirirler,
- Düşük yoğunluk değerleri verirler,
- Kolay şekillendirilebilirler,
- Düşük termal geçirgenlik özellikleri sergilerler,
- Aşınmaya karşı yüksek direnç gösterirler,
- Yeni tasarım esneklikleri sunarlar,
- Sıcaklık değişikliklerine karşı düşük hassasiyet gösterirler,
- Yüksek elektrik ve termal iletkenlik özelliklerine sahiptirler [13].

Matris malzemesi; polimer, seramik veya metal karakterli, kuvvetlendiriciler partikül (p), fiber (f), veya lameller (l) şeklinde olabilmektedir [4]. Bu kuvvetlendirici türlerinden parçacık esaslı olanları, esas itibarıyla izotropik kabul edilebilmektedir ve çeşitli döküm ve toz karıştırma metodlarıyla rahatlıkla üretilmektedir. Böylece istenilen şekiller, malzeme ikincil bir işleme tabi tutularak (işlenerek, ekstrüze yapılarak veya haddelenerek) elde edilebilir [5]. Parçacık (partikül) esaslı sistemler ayrıca diğer sistemlere göre çok daha düşük maliyete ve oldukça iyi rijitliğe de sahiptirler. Bu nedenle bu çalışmada parçacık takviyeli MMK'lar kullanılmıştır. MMK üretiminde kullanılan takviye elemanları hafif ve genelde kovalent bağa sahip olmalarından dolayı kuvvetli bağ yapısına sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı özellikle kara taşımacılığı, hava sanayi, enerji endüstrileri ve inşaat sektörlerinde uygulama alanı bulmaktadırlar [6]. Tablo 1'de alüminyum esaslı MMK'larda sıkça kullanılan kuvvetlendirici karbürlerin en önemli mekanik ve fiziksel özellikleri sunulmuştur.

Tablo 1. Bazı Seramik Karbür Kuvvetlendiricilerin Fiziksel Özellikleri [7]

Partikül	Yoğunluk (g/cm ³)	Erime Noktası (°C)	Modül (GPa)	Termal Genleşme Katsayısı (K ⁻¹ x10 ⁻⁶)
SiC	3,22	2300	450	4,5
TiC	4,95	3000	460	7,6
ZrC	6,75	3500	350	6,6
CrC	7,00	3660	370	11,0
HfC	12,70	3890	352	6,3
WC	15,50	2800	700	4,9

Alüminyum ve alaşımlarının seramik parçacıklar ile güçlendirilmesindeki en önemli faktörlerden biri yüksek mukavemet/yoğunluk oranı elde edilebilmesidir [8]. Tablo 1 incelendiğinde bu karbürlerden en düşük yoğunluk değerine sahip olanların TiC ve SiC kuvvetlendiriciler olduğu rahatlıkla görülebilir. Bu nedenle, bu çalışmada da kuvvetlendirici olarak bu iki tür tercih edilmiştir. Parçacık esaslı MMK'ların sergiledikleri mekanik özellikler, kuvvetlendiricinin boyut ve hacimsel oranlarına göre farklılık göstermektedir. Tablo 2'de bu çalışmada kullanılan kuvvetlendiricilerin oluşturduğu kompozitlerde, optimum özellikler elde edebilmek için, literatürde tavsiye edilen boyut ve konsantrasyon miktarları görülmektedir.

Tablo 2. MMK'larda Kullanılan TiC ve SiC Kuvvetlendiricilerin Boyut ve Konsantrasyon Aralıkları [9]

Kuvvetlendirici	Boyut (µm)	Konsantrasyon (%)
SiC partikül	16–120	3–20
TiC partikül	46	15

Bu kompozit malzemelerin kullanımını sınırlandıran en önemli etkenlerin başında; korozyon gelmektedir. Kompozit malzemeyi oluşturan bileşenler bir araya getirilirken, şayet her türlü bileşenin olumsuz özellikleri göz önüne alınmadan bir birleştirme gerçekleştirilirse bu olumsuzluklar nihai kompozit ürüne de yansır. Örneğin, kompoziti oluşturan matris organik çözücülere karşı dayanıksızsa, bu olumsuzluk onun oluşturduğu kompozite de aynen yansır. Dolayısı ile bu kompozit malzemenin organik çözücülerin bol bulunduğu ortamlarda kullanılması korozyon hasarını da beraberinde getirir. Aynı mantık sıcaklık, nem, asit yağmurları, yeraltı suları, vb. diğer kimyasal etkiler açısından da yürütülebilir. Özellikle çukurcuk korozyonu matris kompozisyonunun bir fonksiyonudur ve güçlendirici hacim oranı artımı ile bu duyarlılık da artar [8].

SiC katkılı MMK'lar tüm sıcaklıklarda elastik modül ve sertliğin artmasını sağladığı gibi termal genleşme katsayısının azalmasını da sağlarlar. SiC katkılı kompozitler, ısıl işlem

esnasında matris alaşıma benzer cevaplar verirler. Yüksek dislokasyon yoğunluğu nedeniyle kompozitin kayma gerilmesi matris malzemesinden daha büyüktür. Al için genleşme katsayısı yaklaşık 23×10^{-6} K-1 iken, %40 SiC katkılı kompozit için bu değer 11×10^{-6} K-1'dir. Bu kompozitlerin kırılma tokluğu değerleri ise matris alaşımından yine daha düşüktür [6, 7, 10]. TiC, mükemmel özellikleri nedeniyle genellikle yüksek korozyon ve aşınma dirençleri nedeniyle kesici takımların kaplanmasında yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, Al/TiC arayüzeyi büyük kırılma enerjisine de sahiptir [11].

Literatürde hem SiC hem de TiC parçacık takviyeli kompozit üretimi ve mekanik özellikleri üzerine birçok çalışma mevcuttur. Fakat yüksek oranlarda seramik takviyeli kompozitler üzerine çok az çalışma bulunmaktadır [12]. Bu çalışmada MMK üretiminde sıkça kullanılan iki farklı kuvvetlendirici (SiC ve TiC) partikülün %40 gibi yüksek oranlarda Al-%5Cu esaslı Al alaşımına takviyesi durumunda kompozitin elektrokimyasal davranışı üzerinde oluşan değişimleri araştırılmıştır.

DENEYSEL YÖNTEM

Kompozit Üretimi

SiC ve TiC partikül takviyeli alüminyum esaslı MMK'lar sıcak presleme (hot-pressing) yöntemiyle üretilmişlerdir. Kompozitlerde kullanılan matris alaşım 2xxx serisi bir alaşımdır ve ağırlıkça %5 Cu içermektedir. Anayapı toz karışımı içerisinde daha sonra ağırlıkça %40 oranında TiC ve

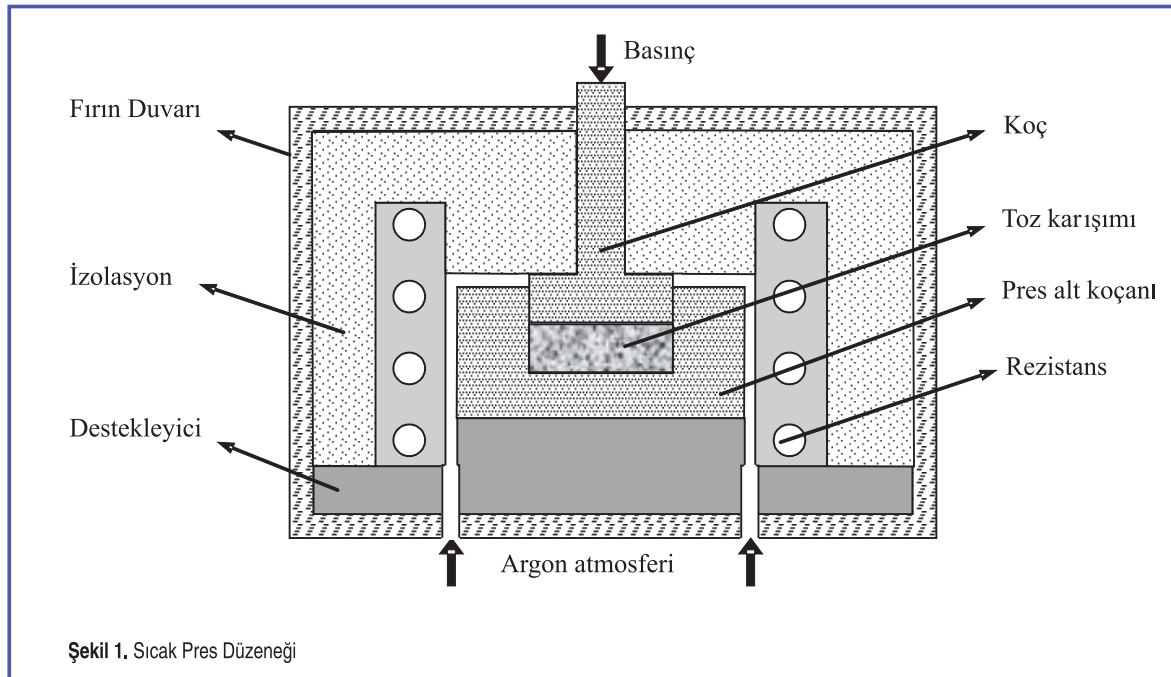
SiC katkı fazı ilave edilmiştir. Tozlar, seramik bir havan içerisinde elle karıştırılmıştır. Tozların homojen karışımını kolaylaştırmak amacı ile bir miktar izopropil alkol ilave edilmiştir. Karışımlar tek yönden basmalı dikdörtgen bir kalıpta ve argon (Ar) atmosferi altında sıcak olarak preslenmiştir. Presleme işlemi 150MPa basınçta 600-650°C sıcaklık aralığında yapılmıştır. Üretim sisteminin şematik bir resmi Şekil 1'de, kullanılan bileşenlerin ağırlıkça yüzde miktarları, partikül boyutları ve yoğunlukları ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Bu Çalışmada Kullanılan Partiküllerin Bazı Fiziksel Özellikleri ve % Miktarları

Materyal	Partikül Boyutu (μm)	Yoğunluğu (gr/cm^3)	Ağırlıkça Miktarları (%)
Al	26.2	2.7	Kalan
Cu	63	8.92	5
SiC	10	3.2	40
TiC	10	4.93	40

Porozite Ölçümleri

Porozite ölçümlerinde öncelikle kompozitlerin Halpin-Tsai (1) denklemine göre teorik yoğunlukları (D_t) bulunmuş, daha sonra Archimedean metoduna göre tüm kompozitlerin deneysel yoğunlukları (D_e) hesaplanmıştır. Bu iki yoğunluk değerleri arasındaki farktan kompozitlerin içerdikleri porozite miktarları tespit edilmiştir. Burada, ρ_c kompozitin yoğunluğunu, ρ_m matris alaşımın yoğunluğunu, ρ_p kuvvetlendirici partikülün yoğunluğunu, V_m matris alaşımın hacimsel oranını ve V_p kuvvetlendirici fazın hacimsel oranını göstermektedir.



Şekil 1. Sıcak Pres Düzenegi

$$\rho_c = \rho_m \cdot V_m + \rho_p \cdot V_p \quad (1)$$

Korozyon Deneyleri

Korozyon testleri kompozitlerin korozyon karakteristiklerinin nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla yapıldı. Korozyon numuneleri, üretim işlem sonrası, kesiti 10x10mm olacak şekilde bulk malzemelerden kesilerek hazırlandı. Testler %3,5'lük NaCl çözeltilerinde hem normal atmosfer şartlarında hem de oksijenden arındırılmış çözelti şartlarında tekrarlandı. Testler GAMRY firmasının ürettiği PCI14/750 test cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Korozyon ölçümlerinin tümü ASTM standartları baz alınarak gerçekleştirildi (ASTM G5-94) [13]. Potansiyodinamik polarizasyon ve EIS ölçümleri üç elektrot tekniğine göre, bir Ag/AgCl referans elektrot (RE), bir platin (Pt) karşıt elektrot (CE) ve çalışma elektrodu (WE) kullanılarak Pyrex cam hücre içerisinde yapıldı.

Karakterizasyon

Hazırlanan numunelerin mikroyapısal karakterizasyonu, oluşan boşlukların boyutunu ve yerini, seramik partiküllerin yeteri kadar homojen dağılıp dağılmadığını belirlemek ve korozyon öncesi ve sonrası yüzey topografisinin görünümünü, korozyon tipini ve oluşum şeklini tespit etmek

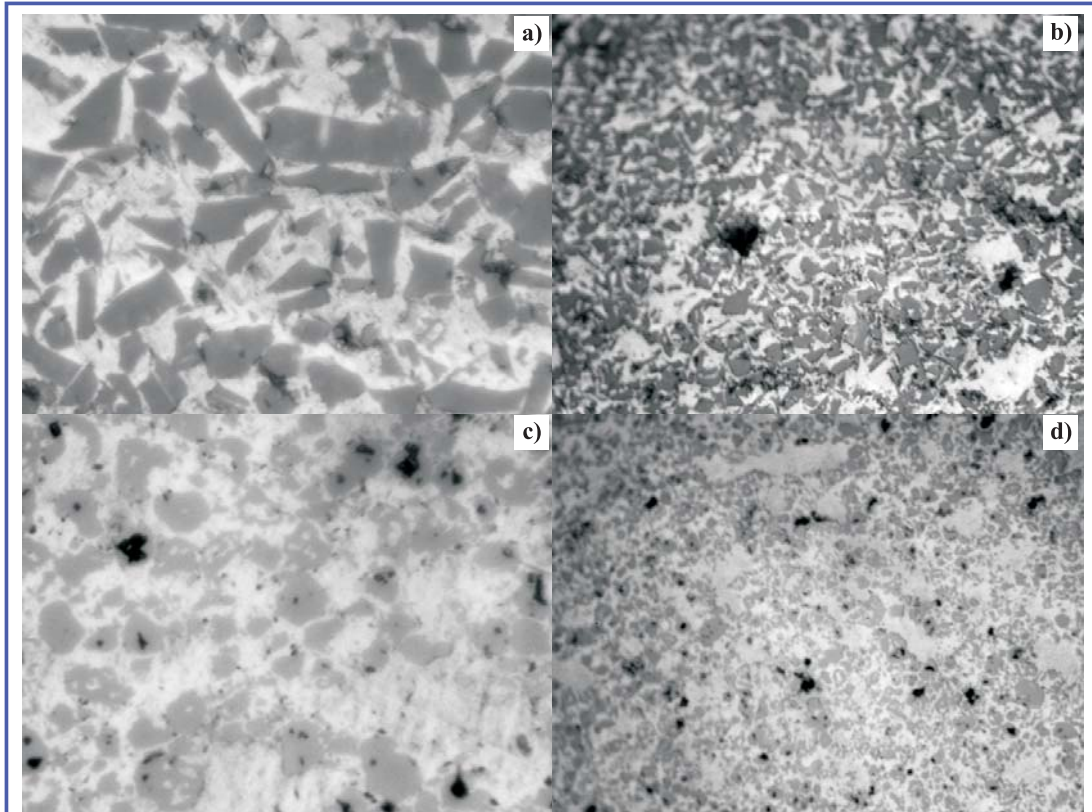
amacıyla METKON marka metal mikroskobu ve JEOL 6400 marka Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

BULGULAR

Şekil 2'de üretilen kompozitlerin mikroyapıları görülmektedir. Bu şekillerden kuvvetlendirici partikül dağılımının oldukça homojen olduğu söylenebilir. Buna ek olarak kompozitler, değişik tip ve boyutlarda poroziteler içermektedir. Porozitelerin, SiC partiküller ile kuvvetlendirilmiş kompozitlerde, TiC ile kuvvetlendirilmiş kompozitlere oranla sayıca daha az ancak boyut olarak daha büyük olduğu görülmektedir (Şekil 2. b-d). Tablo 4'de kompozitler üzerinde yapılan yoğunluk ölçümleri sonucu hesaplanan ortalama porozite oranları görülmektedir. Bu tablodan, TiC ile kuvvetlendirilmiş kompozitin porozite oranının SiC ile kuvvetlendirilmiş kompozitinkinden en az iki kat daha fazla olduğu görülmektedir.

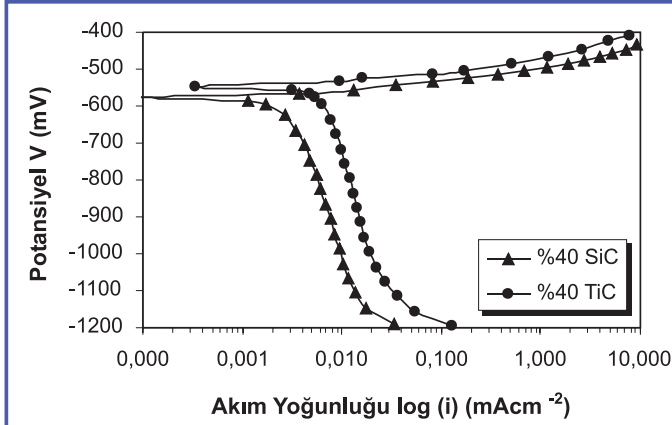
Tablo 4. Kompozitlerin Ortalama Porozite Miktarları

Kompozit	Porozite (%)
Al-5Cu/40SiC	4,48
Al-5Cu/40TiC	10,03

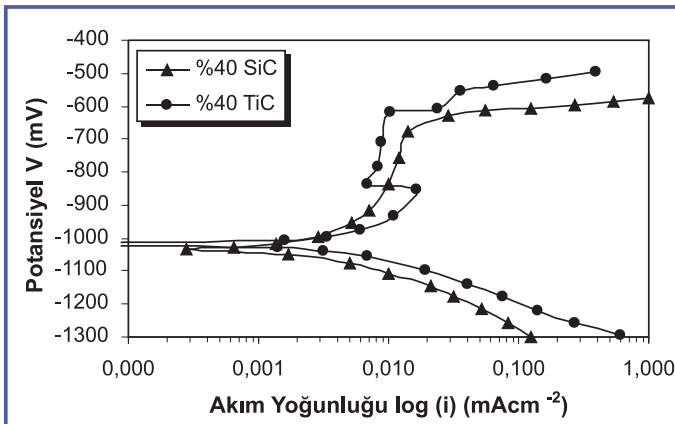


Şekil 2. Kompozitlerin Optik Mikroskop İncelemeleri: a) SiC Partikül Dağılımı, b) SiC Kompozitte Gözlemlenen Porozite Tipleri, c) TiC Partikül Dağılımı, d) TiC Kompozitte Gözlemlenen Porozite Tipleri ve Boyutları

Şekil 3'de TiC ve SiC kompozitlerin %3.5 NaCl çözeltisi içerisindeki normal atmosfer şartlarında elde edilen potansiyodinamik polarizasyon eğrileri, Şekil 4'de ise N₂ atmosferi altında elde edilen potansiyodinamik polarizasyon eğrileri görülmektedir. Bu eğrilerden, Tafel ekstrapolasyonu yardımıyla hesaplanan E_{corr}, E_{pit} ve i_{corr} değerleri de Tablo 5'de sunulmuştur.



Şekil 3. %40 SiC ve TiC Kuvvetlendirici İhtiva Eden Kompozitlerin Atmosfere Açık Şartlar Altında Elde Edilen Karşılaştırmalı Potansiyodinamik Polarizasyon Eğrileri

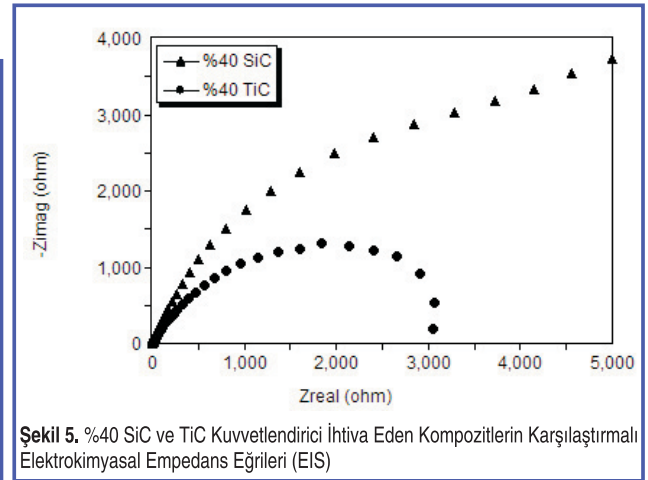


Şekil 4. %40 SiC ve TiC Kuvvetlendirici İhtiva Eden Kompozitlerin N₂ Atmosferi Altında Elde Edilen Karşılaştırmalı Potansiyodinamik Polarizasyon Eğrileri

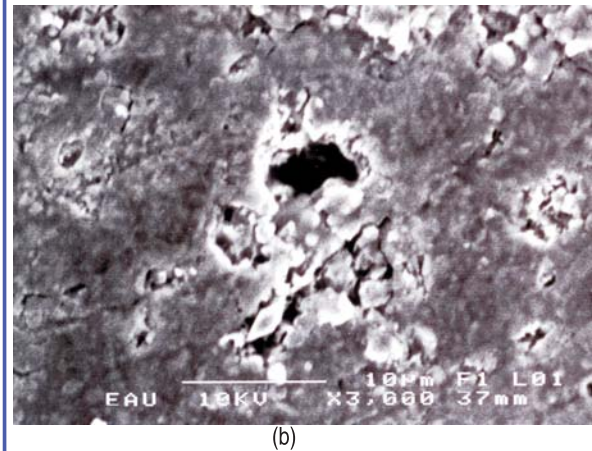
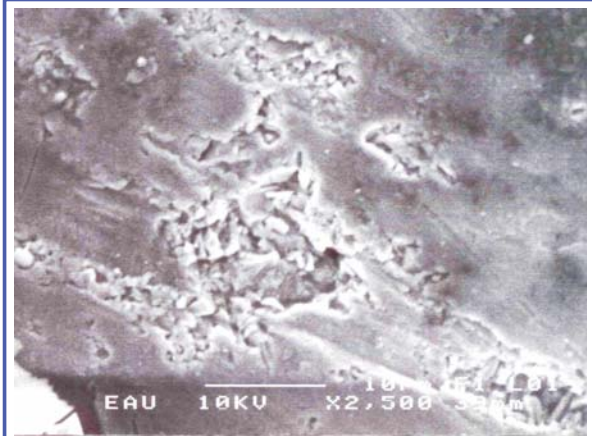
Tablo 5. %3.5 NaCl Çözeltisi İçerisindeki Kompozitlerin E_{corr}, E_{pit} Potansiyelleri ve i_{corr} Korozyon Akım Yoğunluğu Değerleri

Malzeme	E _{corr} (mV)	E _{pit} (mV)	i _{corr} (µA/cm ²)
%40 SiC [?]	-574	-565	1,2
%40 TiC [?]	-545	-535	5,0
%40 SiC*	-1035	-674	2,0
%40 TiC*	-1016	-616	3,8
[?] Normal atmosfer şartları altında		[*] N ₂ atmosferi altında	

Kompozitlerin EIS ölçümleri, 100000-0.01 Hz frekans aralığında, 10 point/decade hızında ve 1 cm² alanlı numuneler üzerinde gerçekleştirildi. EIS genellikle elektrokimyasal hücreye çok düşük bir AC voltaj uygulandığında hücre boyunca oluşan akımın ölçüsüdür. Bu yüzden testler esnasında numunelere 10mV'luk çok düşük bir AC voltaj uygulandı.



Şekil 5. %40 SiC ve TiC Kuvvetlendirici İhtiva Eden Kompozitlerin Karşılaştırmalı Elektrokimyasal Empedans Eğrileri (EIS)



Şekil 6. Kompozitlerin Korozyon Sonrası SEM Görüntüleri, a) SiC Takviyeli, b) TiC Takviyeli Kompozitler

Böylece her frekansa karşı gelen direnç ve kapasitans değerleri elde edilerek çizilen Nyquist eğrilerinden kompozitlerin korozyon davranışı yorumlanmaya çalışılmıştır. Şekil 5'de kompozitlerin sergiledikleri empedans davranışları görülmektedir.

Şekil 6'da TiC ve SiC takviyeli kompozitlerin korozyon sonrası SEM mikroyapıları görülmektedir. Kompozitlerin her ikisi içinde korozyon türü çukurcuk (pitting) şeklindedir. Ancak, çukurcuk şekli ve morfolojisi oldukça farklıdır. SiC içerikli kompozitte, çukurcuklar yaygın, keskin köşeli ve enlemesine büyümekte olduğu, TiC katkılı kompozitte ise, dar, yuvarlak köşeli ve derinlemesine büyümekte olduğu görülmektedir.

TARTIŞMALAR

Üretim işlemi esnasında uygulanan presleme işlemi nedeniyle, MMK'ları takviye eden partiküllerinin kırılabilirliği çok iyi bilinmektedir. Eriyik içinde parçacıkların transferi kontak açısı tarafından belirlenen ıslanma ile kolaylaştırılır. Kontak açısının azalması eriyik ve parçacık arayüzeyinde kimyasal reaksiyonların oluşmasına neden olur [14]. Tablo 6'da bu çalışmada kullanılan alüminyum-seramik sistemlerinde ıslanma/ıslanmama geçişi için sıcaklık aralıkları gösterilmektedir. Bu çalışmada her iki seramik çeşidi içinde hem partikül oranı hem de partikül boyutu aynı olmasına karşılık porozite miktarları TiC ile kuvvetlendirilmiş kompozitte daha büyüktü (Tablo 4), bu durum muhtemelen Al-TiC sisteminde kontak açısının daha küçük olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü sıcaklık arttıkça kontak açısı azalmakta ve yine sıcaklık arttıkça ıslanabilirlik azalmaktadır.

Tablo 6. Bazı Seramik Sistemleri İçin Islanabilirlik Geçiş Sıcaklıkları [14]

Sistem	Islanabilirlik Geçiş Sıcaklıkları (°C)
Al-SiC	780-870
Al-TiC	740

Tablo 5'e göre, SiC takviyeli kompozitin korozyon direnci TiC takviyeli kompozite göre daha yüksektir. Bu durumu sadece ıslanabilirlik açısına bağlamak pek doğru olmaz. Çünkü matristen takviye fazına iyi bir yük iletimi için, kuvvetli bağlara sahip bir ara yüzey bulunması gerekir. Bu nedenle ıslanmayı sağlayan ve takviye fazı ile aşırı reaksiyona girerek bağın zayıflamasına yol açan dengelere dikkat etmek gerekir. Bilindiği gibi aşırı etkileşim sonucunda Al matris ile kuvvetlendirici karbürlerin ara yüzeylerinde sert ve kırılğan Al₄C₃ fazı oluşmaktadır. Bu da nihai kompozitin hem mukavemet hem de korozif özelliklerini değiştirebilmektedir. Kompozitlerin korozyonunda ortaya çıkan diğer etkili faktörler ise şöyle sıralanabilir;

- Matris alaşıma katılan alaşım elementlerinin tercihli segregasyonu,
- Isıtma ve soğutmada ortaya çıkan kısmi rekristalizasyonlar,
- Termal gerilmeler ve partiküller etrafında oluşan dislokasyon yoğunlukları [15, 16].

Bizim çalışmamızda, TiC kuvvetlendiricilerin termal genleşme katsayısı, SiC kuvvetlendiricilerinkinden oldukça büyüktü (Tablo 1), ancak bu değerlerin yüzey oksit filmini oluşturan Al₂O₃ oksit filminin termal genleşme katsayısı ($5,9 \times 10^{-6}/K$) ile karşılaştırıldığında büyük farklılıklar olduğu görülebilir. Bu fark TiC takviyeli kompozitlerde daha büyüktür. Dolayısıyla, bu kompozitlerin SiC takviyeli kompozitlere göre daha düşük korozyon direncine sahip olmasının sorumlusu olarak, bu fark gösterilebilir.

Şekil 3 ve 4 karşılaştırıldığında, oksijen süpürme işlemi yapılmış çözeltilerde N₂ gazı nedeniyle konveksiyon oluşturulmuş, buna karşın atmosfere açık çözeltilerde çözültü hareketsiz kalmıştır. Oksijen süpürme işlemi yapılmış çözeltilerde kuvvetlendiricilerin daha soy değerlerde olması, alaşımın özelliğine bağlı olarak, matris üzerinde daha çok katodik (veya anodik) alanlar oluşturmasından kaynaklıdır, bunun sonucunda da korozyon potansiyelinde değişiklikler meydana gelir [15, 17]. Ayrıca, bazı araştırmacılara göre, Al matrisli kompozitlerde galvanik korozyon dikkate alınmalıdır, çünkü alüminyum, SiC veya TiC gibi soy kuvvetlendirici bileşenler ile birleştirildiğinde aktif bir metal olarak davranır. Bu nedenle, Al ve kuvvetlendirici bileşenler arasında bir galvanik çift oluşturma eğilimi vardır, elektrotlar üzerinde O₂ ve H⁺ redüksiyonu oluşabilir. Yapılan çalışmalar, özellikle atmosfere açık şartlarda yapılan deneylerde katodik reaksiyonun O₂ redüksiyonu şeklinde gerçekleştiğini göstermiştir [18]. Bu nedenle, bu çalışmadan da ortaya çıkan en önemli gerçeklerden biri: AMMK'lar için oksijen süpürme işleminin yapılmasının zorunlu olduğudur. Böylelikle, N₂ atmosferi altında yapılacak deneylerde galvanik korozyon etkisi minimize edilmiş olabilecektir. Çünkü yukarıda da anlatıldığı gibi, atmosfere açık durumda başlıca katodik reaksiyon oksijen redüksiyonudur.

Şekil 5 incelendiğinde ise, seramik kuvvetlendiriciler ile çukurcuk başlangıç bölgeleri arasında bir kolerasyon bulunduğu kolaylıkla görülebilir. Partiküllerin, çukurcuk morfoloji ve büyümelerini etkilediği daha önceleri Trzaskoma ve Turnbull [15, 17] tarafından da dile getirilmişti. Kompozit malzemeler en az iki yapı bileşeninden meydana geldiğinden, bileşenler arasında sınır oluşturan bir arayüzey mevcuttur. Bu arayüzey monolitik malzemelerdeki tane sınırına özdeştir. Bazı kompozitlerde bu yapı bileşenleri ya da soy karakterli takviye fazı çukurcuk büyümesine karşı fiziksel bir bariyer olarak hareket edebilmektedir. Sonuçta,

çukurcuğun morfolojisi de buna bağlı olarak değişebilmektedir.

SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışma ve irdelemelerden aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür;

- Partikül boyutu ve katkı miktarı özdeş olmasına karşın, SiC katkılı kompozitin korozyon direnci TiC katkılı kompozitten daha büyüktür, büyük bir olasılıkla bu durum; koruyucu oksit filmlerin termal genleşme katsayıları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır,
- Atmosfere açık durumda yapılan deneylerde, başlıca katodik reaksiyon oksijen redüksiyonudur.
- Bileşenler arasında sınır oluşturan arayüzeyler ya da soy karakterli takviye fazları çukurcuk morfolojilerini etkilemektedirler.

KAYNAKÇA

1. **Ersoy, H.Y.** 2001. "Kompozit Malzeme" Literatür Yayıncılık, İstanbul, s 1-15
2. **Gavgali, M., Aksakal, B.** 1998. "Effects of Various Homogenization Treatments On The Hot Workability Of Ingot Aluminium Alloy AA2014" *Materials Science and Engineering*, A254, s.189-199
3. **Sahin, Y.** 2003. "Preparation and Some Properties of SiC Particle Reinforced Aluminium Alloy Composites" *Materials and Design*, 24, s.671679
4. **Dikici, B.** 2004. "SiC Partikül Takviyeli Al-Si-Mg Bazlı Metal Matris Kompozitlerin Korozyon Davranışları" Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum/Türkiye, s.1-82
5. **Trowsdale, A. J., Noble, B., Haris, S.J., Gibbins, I. S.R., Thompson, G.F., Wood, G.C.** 1996. "The Influence of Silicon Carbide Reinforcement On The Pitting Behaviour Of Aluminium" *Corrosion Science*, 38 (2), s.177-191
6. **Huda, M.D., Hashmi, M.S.J. ve El-Baradie M.A.** 1995. "MMCs: Materials, Manufacturing and Mechanical Properties" *Key Engineering Materials*, 104-107, s.37-64
7. **Lucas, K.A., ve Clarke, H.** 1993. "Corrosion of Aluminium-Based Metal Matrix Composites" *Research Studies Pres Ltd*, s.1-137
8. **Pardo, A., Merino, M.C., Arrabal, R., S.Feli'u Jr., Viejo, F., Carboneras, M.** 2006. "Enhanced Corrosion Resistance of A3xx.x/SiCp Composites in Chloride Media by La Surface Treatments" *Electrochimica Acta* 51, s.4367-4378
9. **Rohatgi, P.K., Asthana, R., Das, S.** 1986. "Solidification, Structures, and Properties of Cast Metal-Ceramic Particle Composites" *Int. met. Rev.*, vol.31(27), s.115-139
10. **Lloyd, D.J., ve Jin, I.** 2000. "Melt Processed Aluminum Matrix Particle Reinforced Composites" *Comprehensive Composite Materials*, 3, s.555-577
11. **Liu, L.M., Wang, S.Q., Ye, H.Q.** 2004. "Adhesion and Bonding of the Al/TiC Interface" *Surface Science*, 550, s.4656
12. **Gavgali, M., Dikici, B., Bedir, F.** 2006. "Al-5Cu/50 TiC Metal Matrisli Kompozitin Korozyon Duyarlılığı", 5th GAP.Engineering Congress, Sanliurfa/TURKIYE, s.148-154
13. **ASTM G5-94** "Standard Reference Test Method For Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements" *ASTM International, USA*, 03.02 (2001) s.58-69.
14. **Ray, S.** 1995. "Casting of Metal Matrix Composites" *Key Engineering Materials*, vol.104-107, s.417-446
15. **Turnbull, A.** 1992. "Review of Corrosion Studies On Aluminium Metal Matrix Composites" *British Corrosion Journal*, 27(1), s.27-35
16. **Mansfeld, F., Lin, S., ve Shih, H.** 1990. "Pitting and Passivation of Al Alloys and Al-Based Metal Matrix Composites" *Journal of Electrochem Society*, 137(1), s.78-82
17. **Trzaskoma, P.P.** 1990. "Pit Morphology of Aluminum Alloy and Silicon Carbide/aluminum Alloy Metal Matrix Composites" *Corrosion*, 46(5), s.402-409
18. **Hihara, L.H., ve Latanision, R.M.** 1992. "Galvanic Corrosion of Aluminum-matrix Composites" *Corrosion*, 48(7), 546-552