

تأثیر ذرات کاربید سیلیسیم بر رفتار خوردگی کامپوزیت A356-SiC در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم

آرش فتاح الحسینی*^۱، محمد رنجبران^۲، سعید وجدی وحید^۳، مهشید صباغی جونی^۴

۱- استادیار، گروه مهندسی مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مواد، دانشکده مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد، دانشکده مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

۴- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

* a.fattah@basu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۱۱)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر افزودن ذرات کاربید سیلیسیم بر رفتار خوردگی کامپوزیت A356-SiC مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، نمونه‌ها پس از غوطه‌وری به مدت ۳۰ دقیقه در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم برای رسیدن به حالت پایا، تحت آزمون‌های پلاریزاسیون تافل و طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی قرار گرفتند. برای انجام آزمون‌های طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی، از پتانسیل تحریک ۱۰ میلی‌ولت و دامنه فرکانسی ۱۰۰ کیلو هرتز تا ۱۰ میلی‌هرتز استفاده شد. نتایج منحنی‌های پلاریزاسیون تافل نشان داد که با افزودن درصد حجمی کاربید سیلیسیم، چگالی جریان خوردگی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج آزمون‌های طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی نیز آشکار ساخت که افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم باعث کاهش مقاومت پلاریزاسیون می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

کامپوزیت، کاربید سیلیسیم، رفتار خوردگی، طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی.

۱- مقدمه

آلومینیم افزایش می‌دهد که غالباً برای بهبود استحکام در کاربردهای هوافضا و یا اجزای اتومبیل استفاده می‌شوند [۱-۵]. کامپوزیت‌های زمینه فلزی تقویت شده با ذرات، به‌طور عمده همگن هستند و می‌توانند به‌وسیله ریخته‌گری هم‌زدنی، متالورژی پودر یا نفوذدهی فشاری تولید شوند [۶-۷].

ترکیبات فلز-سرامیک امروزه نقش مهمی در توسعه مواد پیشرفته دارند. در مقایسه با آلیاژهای فلزی، کامپوزیت‌های زمینه فلزی تقویت شده با سرامیک دارای خواص مکانیکی بهتری هستند. افزودن ذرات تقویت‌کننده‌ای مانند کاربید سیلیسیم، استحکام و سختی زمینه را به‌خصوص در کامپوزیت‌های زمینه

کامپوزیت) استفاده شد. ذرات سرامیکی کاربید سیلیسیم با اندازه میانگین ۵۰ میکرون با خلوص بیش از ۹۹ درصد (ساخت کشور ایتالیا) به عنوان ماده تقویت کننده در درصد های حجمی ۵، ۱۰ و ۱۵ برای ایجاد ۳ نوع کامپوزیت استفاده شد. برای مخلوط سازی ذرات تقویت کننده با زمینه و ساخت کامپوزیت ها، از کوره الکتریکی با حداکثر دمای ۱۲۰۰ سانتی گراد و شامل تجهیزات جانبی مانند نازل گاز آرگن، ترموکوپل، پایه و همزن استفاده شد که در شکل ۱ (الف) شمایی از آن نشان داده شده است. هم چنین شمایی از همزن ساخته شده از گرافیت فشرده در شکل ۱ (ب) نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل (۱): (الف) کوره الکتریکی و تجهیزات جانبی استفاده شده برای ساخت کامپوزیت ها و (ب) همزن ساخته شده از جنس گرافیت فشرده و با زاویه پره ای ۴۵ درجه.

برای ذرات کاربید سیلیسیم، عملیات حرارتی اکسیداسیون سطحی در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت انجام شد تا در سطح ذرات یک لایه اکسید سیلیسیم تشکیل شود که نسبت به کاربید سیلیسیم ترشوندگی بهتری با ذوب دارند. سپس ذرات با نرخ ثابت ۰/۳ گرم بر ثانیه توسط قیف به مذاب تلفیح شدند. مخلوط سازی ذرات تقویت کننده بعد از تشکیل گرداب و

با وجود این که پژوهش های گسترده ای در مورد خواص مکانیکی کامپوزیت های زمینه آلومینیمی انجام شده است، اما اطلاعات در مورد رفتار خوردگی این کامپوزیت ها کامل نیست. این مساله یکی از اشکالات اصلی استفاده گسترده از کامپوزیت های زمینه فلزی در کاربردهای مهندسی است. به طور کلی مقاومت به خوردگی کامپوزیت های زمینه آلومینیمی، توسط یک لایه اکسیدی محافظ تامین می شود و افزودن فاز تقویت کننده باعث ناپوستگی یا نقص در این لایه محافظ می گردد. بنابراین طبیعی است که این ناپوستگی باعث افزایش مکان های شروع خوردگی حفره ای شود [۸-۱۰].

در تحقیقی [۱۱] گزارش شده است که وجود ذرات کاربید سیلیسیم اثری روی خوردگی گالوانیکی در فصل مشترک زمینه/تقویت کننده نخواهد داشت. چند پژوهش در زمینه خوردگی کامپوزیت های زمینه فلزی نشان داده که ذرات تقویت کننده کاربید سیلیسیم به علت واکنش های مکانیکی و شیمیایی مانند جدایش آلیاژی، لایه های اکسیدی و محصولات واکنش فصل مشترک یا ذرات ثانویه، شدیداً روی رفتار خوردگی آلیاژ زمینه، تاثیرگذار هستند و هم چنین برخی از خواص فیزیکی مانند مقاومت ویژه الکتریکی و کسر حجمی را نیز متاثر می سازند [۱۲-۱۳].

در تحقیق دیگری نشان داده شده است که حفرات در این نوع از کامپوزیت ها به طور عمده بیش تر سطحی تر و گسترده تر از آلیاژ زمینه می باشد [۱۴].

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر افزودن ذرات تقویت کننده کاربید سیلیسیم بر رفتار خوردگی کامپوزیت زمینه A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم است که در این راستا از آزمون های مختلف الکتروشیمیایی استفاده شده است.

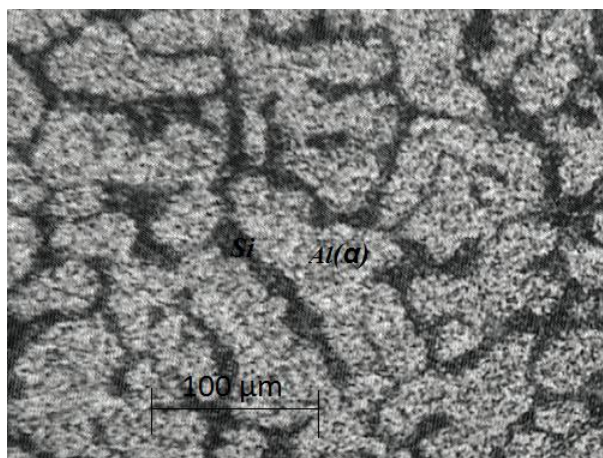
۲- مواد و روش تحقیق

در این پژوهش از آلیاژ A356 با ترکیب شیمیایی (درصد وزنی) ۷/۰۲ سیلیسیم، ۰/۴۱ آهن، ۰/۳۳ روی، ۰/۰۲ تیتانیوم، ۰/۳۶ منیزیم، ۰/۱۷ مس و باقی مانده آلومینیم (به عنوان زمینه فلزی

برای انجام تمامی آزمون‌های الکتروشیمیایی، از دستگاه پتانسیواستات/گالوانواستات میکروآتولب و نرم‌افزار نووا استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

شکل ۲ ریزساختار آلیاژ آلومینیمی A356 بدون ذرات تقویت‌کننده را نشان می‌دهد.



شکل (۲): ریزساختار آلیاژ A356 (محلول اچ: ۰/۵ درصد اسید فلوریدریک، زمان اچ: ۳۰ ثانیه).

در شکل ۳(الف) پخش یکنواخت ذرات تقویت‌کننده کاربید سیلیسیم در زمینه کامپوزیت حاوی ۵ درصد حجمی مشاهده می‌شود. ذرات تقویت‌کننده کاربید سیلیسیم به دلیل تطابق شبکه کریستالی و عدم واکنش‌های غیرمخرب در فصل مشترک بین ذره و زمینه، پیوندی قوی با زمینه برقرار کرده است. هم‌چنین در شکل ۳(ب) برای کامپوزیت شامل ۱۰ درصد حجمی ذرات تقویت‌کننده کاربید سیلیسیم، توزیع یکنواختی از ذرات در زمینه مشاهده می‌شود و این توزیع یکنواخت ذرات سبب افزایش خواص مکانیکی در کامپوزیت می‌شود.

گاززدایی آلیاژ زمینه با گاز آرگون در دمای ۷۰۰ درجه سانتی-گراد انجام شد. پس از هم‌زدن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۷۵ دور بر دقیقه، مذاب کامپوزیتی به‌درون قابل‌فلزی ریخته‌گری شد.

در ادامه نمونه‌ها مورد عملیات حرارتی پیرسازی قرار گرفتند. برای این منظور ابتدا عملیات آنیل انحلالی نمونه‌ها در دمای ۵۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت انجام شد و سپس نمونه‌ها به سرعت در آب کوئنچ شدند. در مرحله آخر عملیات رسوب-سختی در دمای ۱۵۵ سانتی‌گراد به مدت ۳/۵ ساعت انجام شد. برای مشاهده ریزساختار با میکروسکوپ نوری، عملیات اچ نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی سطحی مطلوب با محلول ۰/۵ درصد اسید فلوریدریک به مدت ۳۰ ثانیه انجام شد.

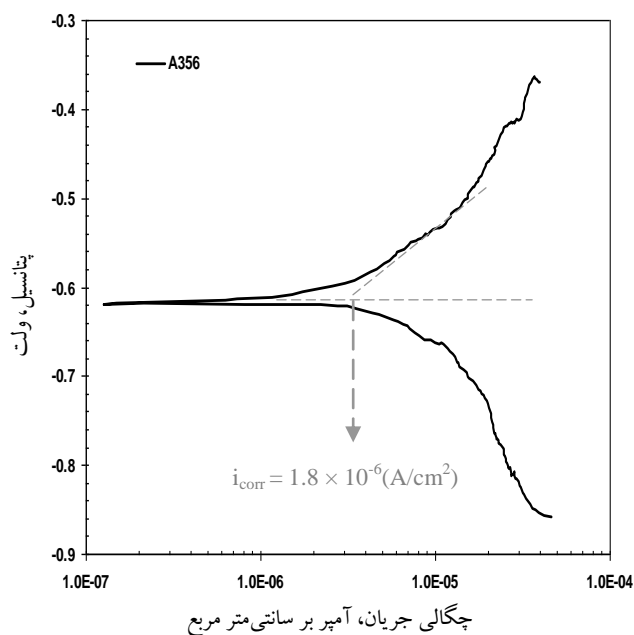
برای انجام آزمون‌های الکتروشیمیایی، از کامپوزیت‌های تولیدی الکترودهای کار با مساحت ۱ سانتی‌متر مربع تهیه و پس از اتصال سیم مسی روکش‌دار به نمونه‌ها و انجام مانت سرد، عملیات سنباده‌زنی تر تا سنباده ۱۲۰۰ انجام شد. سپس نمونه‌ها با آب دوبار تقطیر شسته و پس از خشک کردن با دمش هوا، به سرعت تحت آزمون‌ها قرار گرفتند.

تمامی آزمون‌ها با استفاده از سل استاندارد سه الکترودی، یک عدد الکتروود پلاتین به‌عنوان الکتروود کمکی و الکتروود نقره/کلرید نقره به‌عنوان الکتروود مرجع انجام شدند. لازم به‌ذکر است که در این پژوهش، تمامی پتانسیل‌ها نسبت به این الکتروود مرجع گزارش شده است. برای انجام تمامی آزمون‌های الکتروشیمیایی، از محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم استفاده شد.

به‌منظور ارزیابی تاثیر تقویت‌کننده‌های کاربید سیلیسیم بر رفتار خوردگی کامپوزیت‌ها در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم، ابتدا هر نمونه در پتانسیل مدار باز به مدت زمان ۳۰ دقیقه غوطه‌ور شد تا به حالت پایدار برسد. سپس آزمون‌های پلاریزاسیون تافل (با نرخ روبش ۱ میلی‌ولت بر ثانیه [۱۵-۱۶]) و هم‌چنین طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی در پتانسیل مدار باز و در محدوده فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۰ میلی‌هرتز با دامنه طول موج ۱۰ میلی‌ولت انجام شد [۱۶-۱۷].

کلوخه‌ای شدن ذرات دیده می‌شود.

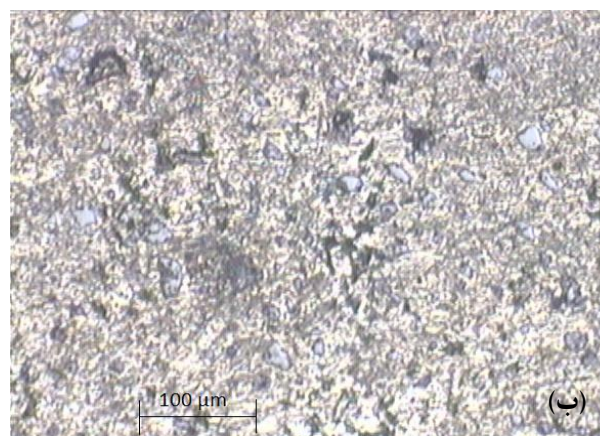
در شکل ۴ منحنی پلاریزاسیون تافل آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود پتانسیل خوردگی ۰/۶۱۹- ولت و چگالی جریان خوردگی 1.8×10^{-6} آمپر بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.



شکل (۴): منحنی پلاریزاسیون تافل آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری تحت شرایط پتانسیل مدار باز.

شکل‌های ۵ (الف)، ۵ (ب) و ۵ (ج) به ترتیب منحنی‌های پلاریزاسیون تافل کامپوزیت‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم را نشان می‌دهد.

در جدول ۱ مقادیر پتانسیل و چگالی جریان خوردگی حاصل از منحنی‌های پلاریزاسیون تافل نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود با افزودن ذرات کاربید سیلیسیم، چگالی جریان خوردگی برای ۳ نوع کامپوزیت تولیدی نسبت به آلیاژ A356 افزایش می‌یابد زیرا افزودن فاز تقویت کننده باعث ناپیوستگی یا نقص در لایه محافظ اکسیدی تشکیل شده بر سطح



شکل (۳): ریزساختار (الف) A356-5%SiC، (ب) A356-10%SiC و (ج) A356-15%SiC (محلول اچ: ۰/۵ درصد اسید فلوریدریک، زمان اچ: ۳۰ ثانیه).

شکل ۳ (ج) ریزساختار کامپوزیت حاوی ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم را نشان می‌دهد که برای آن حالت

آلیاژ A356 می‌شود [۸-۱۰].

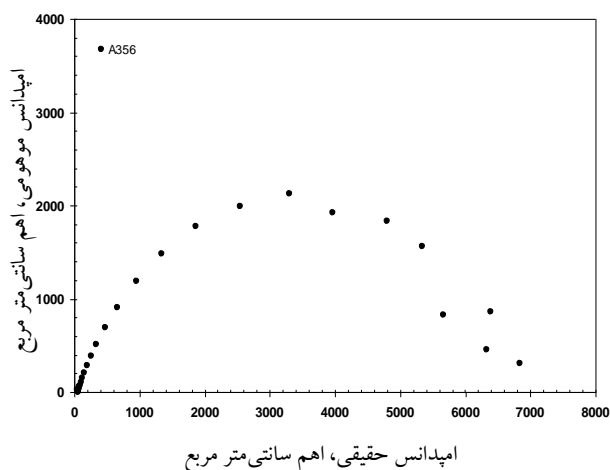
پتانسیل خوردگی برای ۳ نوع کامپوزیت تولیدی نسبت به آلیاژ A356 به سمت مقادیر منفی تر انتقال می‌یابد.

جدول (۱): مقادیر پتانسیل و چگالی جریان خوردگی به دست آمده از منحنی های پلاریزاسیون تافل.

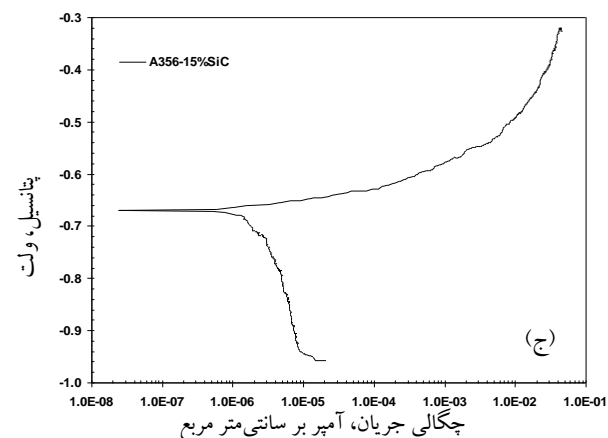
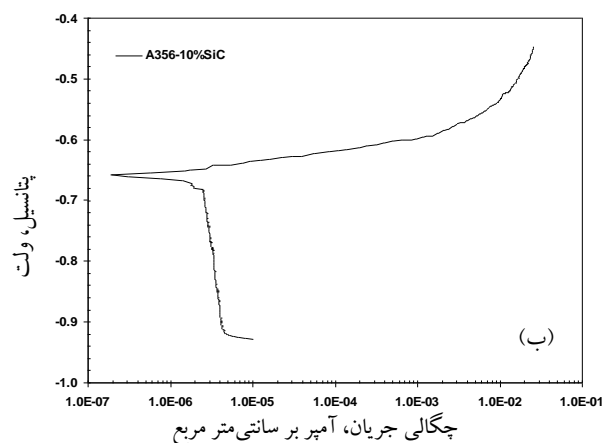
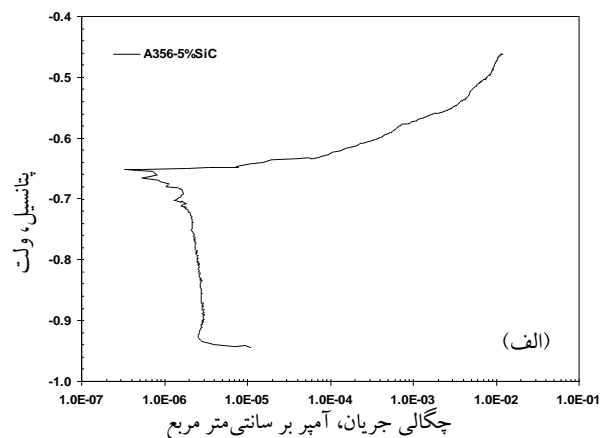
پتانسیل خوردگی (ولت)	چگالی جریان خوردگی (آمپر بر سانتی متر مربع)	الکتروود کار
-۰/۶۱۹	$1/8 \times 10^{-6}$	A356
-۰/۶۵۱	$2/1 \times 10^{-5}$	A356-5%SiC
-۰/۶۵۷	$2/6 \times 10^{-5}$	A356-10%SiC
-۰/۶۶۹	$3/5 \times 10^{-5}$	A356-15%SiC

هم‌چنین در جدول ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم در کامپوزیت‌ها از ۵ به ۱۵، چگالی جریان خوردگی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش مقاومت به خوردگی است.

در شکل ۶ منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم تحت شرایط پتانسیل مدار باز بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری نشان داده شده است.



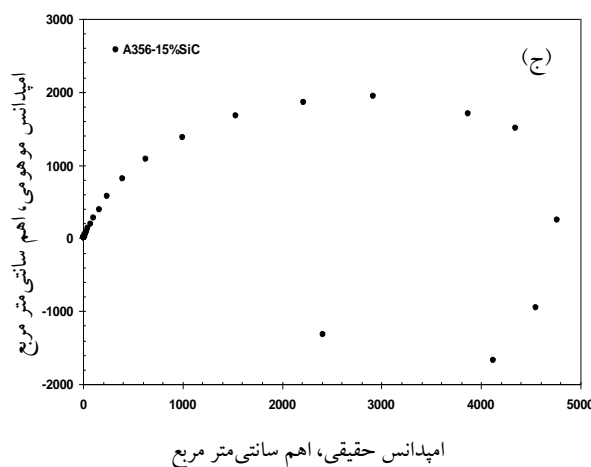
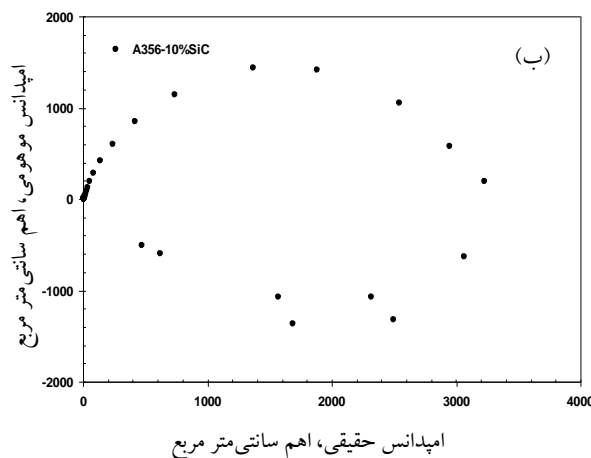
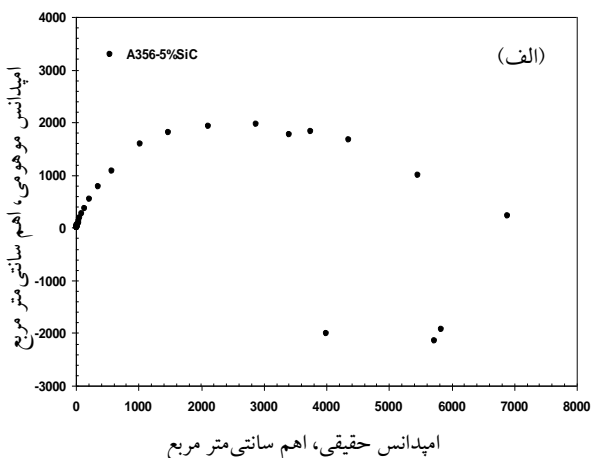
شکل (۶): منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری تحت شرایط پتانسیل مدار باز.



شکل (۵): منحنی های پلاریزاسیون تافل (الف) A356-5%SiC، (ب) A356-10%SiC و (ج) A356-15%SiC در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری تحت شرایط پتانسیل مدار باز.

در جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزودن ذرات کاربید سیلیسیم،

است [۱۹-۲۰].



شکل (۷): منحنی نایکویست (الف) A356-5%SiC، (ب) A356-10%SiC و (ج) A356-15%SiC در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری تحت شرایط پتانسیل مدار باز.

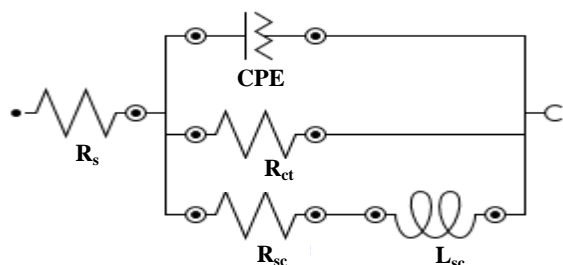
منحنی نایکویست یکی از روش‌های مطلوب نمایش داده‌های امپدانس الکتروشیمیایی است. در این قالب نمایش، داده‌ها در مختصات مختلط امپدانس حقیقی برحسب امپدانس موهومی در محدوده‌ای از فرکانس تحریک رسم می‌شوند. اصلی‌ترین مزیت منحنی‌های نایکویست این است که به‌سادگی می‌توان اثرات مقاومت اهمی را در آن مشاهده کرد.

در شکل‌های ۷ (الف)، ۷ (ب) و ۷ (ج) به ترتیب منحنی‌های نایکویست کامپوزیت‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم تحت شرایط پتانسیل مدار باز بعد از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود منحنی‌های نایکویست دارای رفتار مشابهی هستند و دو ثابت زمانی را نشان می‌دهند. در محدوده فرکانس‌های بالا یک حلقه خازنی و در چند فرکانس انتهایی یک رفتار القایی برای منحنی‌ها مشاهده می‌شود. ایجاد حلقه خازنی در محدوده فرکانس‌های بالا به وجود لایه اکسیدی روی سطح و رفتار القایی به جذب آنیون کلر به درون این لایه مرتبط می‌شود که توسط دیگر محققان برای کامپوزیت‌های مشابه زمینه آلومینیمی نیز گزارش شده است [۱۸].

به‌طور کلی یک رفتار الکتروشیمیایی را با به‌دست آوردن معادله امپدانس آن می‌توان مطالعه نمود. به‌طور نوعی، طیف امپدانس به‌کمک مدار معادل مناسب مدل‌سازی و سپس طیف تجربی مورد نظر با آن تطبیق داده می‌شود و به این ترتیب مقادیر المان-های مدار معادل به‌دست می‌آید. سپس این مقادیر به پدیده‌ای شیمیایی- فیزیکی ارتباط داده می‌شود تا ثابت شود که مدار معادل حاصله، نمایش قابل قبولی از پدیده‌های در حال اتفاق است.

برای مدل‌سازی منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم، از مدار معادل شکل ۸ استفاده شد. دلیل این انتخاب شکل منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم است که یک ثابت زمانی را نشان می‌دهد. در این مدار: CPE المان فاز ثابت مربوط به فصل مشترک آلیاژ/ محلول، R_{ct} مقاومت انتقال بار و R_s مقاومت جبران ناپذیر محلول

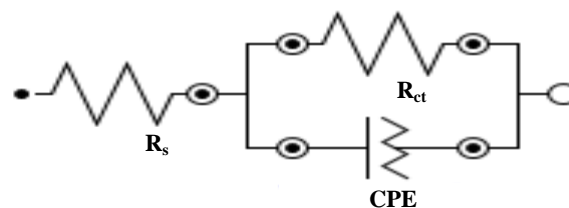
جذب اجزای فعال الکتروشیمیایی در فصل مشترک کامپوزیت/ محلول و R_s مقاومت جبران ناپذیر محلول است [۲۱-۲۳].



شکل (۱۰): مدار معادل الکتریکی برای مدل‌سازی منحنی نایکویست کامپوزیت‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم [۲۱-۲۳].

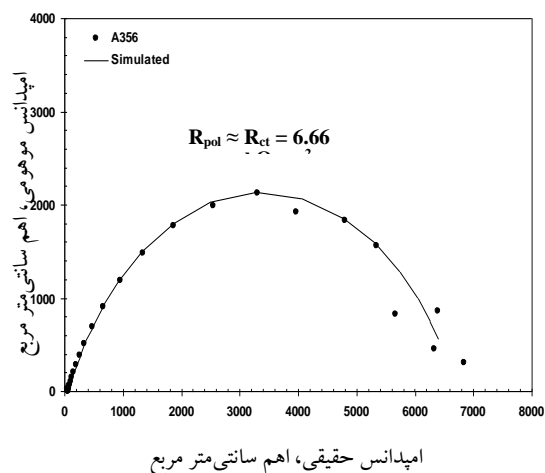
در شکل‌های ۱۱ (الف)، ۱۱ (ب) و ۱۱ (ج) به ترتیب نمودارهای نایکویست به همراه نمودارهای به دست آمده از مدل‌سازی با مدار معادل شکل ۱۰ برای کامپوزیت‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است انطباق مناسبی بین منحنی‌های حاصل از آزمایش و منحنی‌های مدل‌سازی شده مشاهده می‌شود.

در جدول ۲ مقادیر المان‌های حاصل از مدل‌سازی با استفاده از مدار معادل شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار R_{ct} از ۵/۶۱ کیلو اهم سانتی‌متر مربع برای کامپوزیت حاوی ۵ درصد حجمی کاربید سیلیسیم به ۴/۵۸ کیلو اهم سانتی‌متر مربع برای کامپوزیت حاوی ۱۵ درصد حجمی کاربید سیلیسیم کاهش یافته است. هم‌چنین مقدار R_{sc} از ۲/۵۹ کیلو اهم سانتی‌متر مربع برای کامپوزیت حاوی ۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم به ۲/۴۳ کیلو اهم سانتی‌متر مربع برای کامپوزیت حاوی ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم کاهش یافته است. مقاومت پلاریزاسیون از تفاضل این دو مقاومت به دست می‌آید [۲۳] و در جدول ۲ مقادیر آن نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که مقاومت پلاریزاسیون با افزایش درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم کاهش یافته که نشان‌دهنده



شکل (۸): مدار معادل الکتریکی برای مدل‌سازی منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم [۱۹-۲۰].

در شکل ۹ نمودار نایکویست به همراه نمودار به دست آمده از مدل‌سازی با مدار معادل شکل ۸ برای آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است انطباق مناسبی بین منحنی حاصل از آزمایش و منحنی مدل‌سازی شده مشاهده می‌شود.



شکل (۹): منحنی نایکویست آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم و منحنی حاصل از مدل‌سازی با مدار معادل شکل ۸.

برای مدل‌سازی منحنی‌های نایکویست کامپوزیت‌های حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی کاربید سیلیسیم از مدار معادل شکل ۱۰ استفاده شد. در این مدار: CPE المان فاز ثابت مربوط به فصل مشترک فولاد/ محلول، R_{ct} مقاومت انتقال بار، L_{sc} القای القای مربوط به جذب اجزای فعال الکتروشیمیایی، R_{sc} مقاومت مربوط به

جدول (۲): مقادیر المان های حاصل از مدل سازی با استفاده از مدار معادل شکل ۱۰.

	A356-5%SiC	A356-5%SiC	A356-5%SiC
R_s ($\Omega \text{ cm}^2$)	۶/۸	۶/۲	۷/۳
R_{ct} ($k\Omega \text{ cm}^2$)	۵/۶۱	۳/۳۵	۴/۵۸
Y_{odi} ($\mu\text{F cm}^{-2} \text{ s}^{-n-1}$)	۵۹/۳	۶۱/۵۵	۱۷۹/۷۸
n_{di}	۰/۸۱	۰/۸۵	۰/۸۰
R_{sc} ($k\Omega \text{ cm}^2$)	۲/۵۹	۰/۵۱	۲/۴۳
L_{sc} (mH cm^2)	۷۸/۵	۱۰/۸	۷۰/۲
$R_{pol} = R_{ct} - R_{sc}$ ($k\Omega \text{ cm}^2$)	۳/۰۲	۲/۸۳	۲/۴۵

۴- نتیجه گیری

۱- تصاویر متالوگرافی نشان داد که توزیع ذرات تقویت کننده کاربید سیلیسیم در کامپوزیت های حاوی ۵ و ۱۰ درصد حجمی یکنواخت و مناسب است، در حالی که برای کامپوزیت حاوی ۱۵ درصد حجمی کاربید سیلیسیم، آگلومره شدن ذرات اتفاق می افتد و توزیع یکنواخت نخواهد بود.

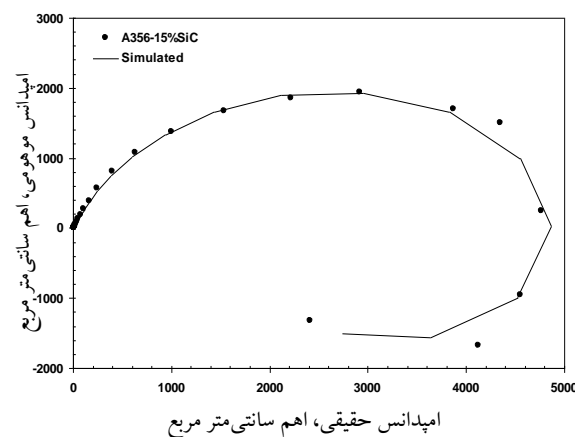
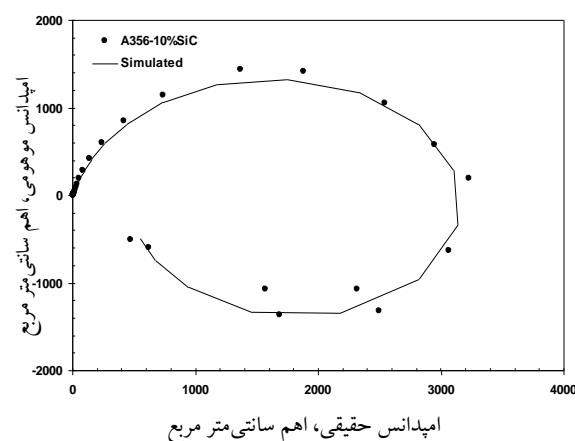
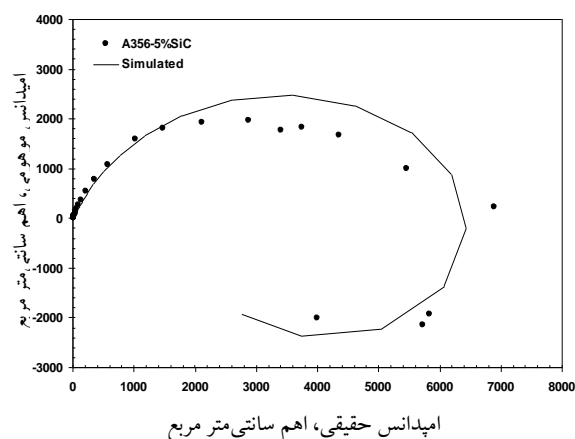
۲- آزمون پلاریزاسیون تافل آلیاژ A356 در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم نشان داد که این آلیاژ مقاومت به خوردگی مناسبی از خود نشان می دهد.

۳- هم چنین آزمون های پلاریزاسیون تافل نشان دادند که با افزودن ذرات تقویت کننده کاربید سیلیسیم به آلیاژ A356، چگالی جریان خوردگی در مقایسه با آلیاژ A356 افزایش خواهد یافت که دلیل آن ایجاد ناپوستگی یا نقص در لایه محافظ اکسیدی تشکیل شده بر سطح آلیاژ A356 می باشد.

۴- با توجه با نتایج آزمون های پلاریزاسیون تافل و طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی مشخص شد که بهترین مقاومت به خوردگی در کامپوزیت های تولیدی، مربوط به کامپوزیت حاوی ۵ درصد حجمی کاربید سیلیسیم است.

۵- نتایج طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی ضمن تایید نتایج آزمون های پلاریزاسیون تافل، نشان داد که برای کامپوزیت های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی ذرات کاربید سیلیسیم، مقاومت پلاریزاسیون نسبت به کامپوزیت حاوی ۵ درصد حجمی ذرات

کاهش مقاومت به خوردگی است و با نتایج جدول ۱ نیز در انطباق کامل است.



شکل (۱۱): منحنی های نایکوئیست A356-5%SiC، A356-10%SiC و A356-15%SiC در محلول ۳/۵ درصد کلرید سدیم و منحنی های حاصل از مدل سازی با مدار معادل شکل ۱۰.

کاربید سیلیسیم کاهش می‌یابد.

۵- مراجع

- [10] M. Gavgali, B. Dikici & C. Tekmen, "The effect of SiCp reinforcement on the corrosion behavior of Al Based Metal Matrix Composites", *Corrosion Reviews*, Vol. 24, pp. 27–37, 2006.
- [11] M.A. Gonzalez, C.A. Numez-Lopez, P. Skeldori, G.E. Thompson, H. Karimzadeh, P. Lyon & T.E. Wilks, "A non-chromate conversion coating for magnesium alloys and magnesium-based metal matrix composites", *Corrosion Science*, Vol. 37, pp. 1763–1772, 1995.
- [12] A.J. Trowsdale, B. Noble, S.J. Haris, I.S.R. Gibbins, G.E. Thompson & G.C. Wood, "The influence of silicon carbide reinforcement on the pitting behaviour of aluminium", *Corrosion Science*, Vol. 38, pp. 177–191, 1996.
- [13] E.K. Grigoris, M.S. Stefanos & G.P. Eleni, "A study on pitting behaviour of AA1913/SiCp composites using the double cycle polarization technique", *Corrosion Science*, Vol. 41, pp. 1185–1203, 1999.
- [14] P.P. Trzaskoma, "Pit Morphology of Aluminum Alloy and Silicon Carbide/Aluminum Alloy Metal Matrix Composites", *Corrosion*, Vol. 46, pp. 402–409, 1990.
- [15] W. Huang, M. Wang, H. Wang, N. Ma & X. Li, "The electrodeposition of aluminum on TiB2/A356 composite from ionic liquid as protective coating", *Surface & Coatings Technology*, Vol. 213, pp. 264–270, 2012.
- [16] P.D. Reena Kumari, Jagannath Nayak & A. Nityananda Shetty, "Corrosion behavior of 6061/Al-15 vol. pct. SiC(p) composite and the base alloy in sodium hydroxide solution", *Arabian Journal of Chemistry*, doi:10.1016/j.arabjc.2011.12.003.
- [17] W. Huanhuan, M. Hui, "Study of corrosion protection of the composite films on A356 aluminum alloy", *Journal of Rare Earths*, Vol. 29, pp. 991–996, 2011.
- [18] G.M. Pinto, J. Nayak & A.N. Shetty, "Corrosion Behaviour of 6061 Al - 15vol. Pct. SiC Composite and its Base Alloy in a Mixture of 1:1 Hydrochloric and Sulphuric Acid Medium", *International Journal of*
- [1] S. Candan, "Effect of SiC particle size on corrosion behavior of pressure infiltrated Al matrix composites in a NaCl solution", *Materials Letters*, Vol. 58, pp. 3601–3605, 2004.
- [2] K. Abedi, M. Emamy, "The effect of Fe, Mn and Sr on the microstructure and tensile properties of A356–10% SiC composite", *Materials Science and Engineering A*, Vol. 527, pp. 3733–3740, 2010.
- [3] S. Das, D.P. Mondal, R. Dasgupta & B.K. Prasad, "Mechanisms of material removal during erosion–corrosion of an Al–SiC particle composite", *Wear*, Vol. 236, pp. 295–302, 1999.
- [4] Y.L. Saraswathi, S. Das & D.P. Mondal, "Influence of microstructure and experimental parameters on the erosion–corrosion behavior of Al alloy composites", *Materials Science and Engineering A*, Vol. 425, pp. 244–254, 2006.
- [5] J. Dutta Majumdar, B. Ramesh Chandra & I. Manna, "Friction and wear behavior of laser composite surfaced aluminium with silicon carbide", *Wear*, Vol. 262, pp. 641–648, 2007.
- [6] M. Montoya-Dávila, M.I. Pech-Canul & M.A. Pech-Canul, "Effect of SiCp multimodal distribution on pitting behavior of Al/SiCp composites prepared by reactive infiltration", *Powder Technology*, Vol. 195, pp. 196–202, 2009.
- [7] S. Candan, "An investigation on corrosion behaviour of pressure infiltrated Al–Mg alloy/SiCp composites", *Corrosion Science*, Vol. 51, pp. 1392–1398, 2009.
- [8] G.M. Pinto, J. Nayak & A. Nityananda Shetty, "Corrosion inhibition of 6061 Al–15 vol. pct. SiC(p) composite and its base alloy in a mixture of sulphuric acid and hydrochloric acid by 4-(N,N-dimethyl amino) benzaldehyde thiosemicarbazone", *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 125, pp. 628–640, 2011.
- [9] S. Candan, E. Bilgic, "Corrosion behavior of Al–60 vol.% SiCp composites in NaCl solution", *Materials Letters*, Vol. 58, pp. 2787–2790, 2004.

- tungsten in acidic solutions”, *Electrochimica Acta*, Vol. 42, pp. 3489–3498, 1997.
- [22] M. Bojinov, “Modelling the formation and growth of anodic passive films on metals in concentrated acid solutions”, *Journal of Solid State Electrochemistry*, Vol. 1, pp. 161–171, 1997.
- [23] D.A. Harrington, P. van den Driessche, “Mechanism and equivalent circuits in electrochemical impedance spectroscopy”, *Electrochimica Acta*, Vol. 56, pp. 8005–8013, 2011.
- Electrochemical Science, Vol. 4, pp. 1452–1468, 2009.
- [19] M.A. Ameer, A.M. Fekry & H.F. El-Taib, “Electrochemical behavior of passive films on molybdenum-containing austenitic stainless steels in aqueous solutions”, *Electrochimica Acta*, Vol. 50, pp. 43–49, 2004.
- [20] S. Ningshen, U.K. Mudali, G. Amarendra, P. Gopalan, R.K. Dayal, H.S. Khatak, “Hydrogen effects on the passive film formation and pitting susceptibility of nitrogen containing type 316L stainless steels”, *Corrosion Science*, Vol. 48, pp. 1106–1121, 2006.
- [21] M. Bojinov, “The ability of a surface charge approach to describe barrier film growth on