

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت از مواد

بررسی مقاومت به خوردگی پوشش نانوساختار TiO_2/CeO_2 بر فولاد زنگ نزن ۳۱۶L به روش سل-ژل در محلول کلرید سدیم ۳/۵٪ و محلول شبیه سازی شده بدن.

آمنه قاسمی

استاد راهنما:

دکتر تقی شهبابی فراهانی

استاد مشاور:

دکتر سهراب سنجابی

بهار ۱۳۸۸

ج

تقدیم به همسر م

تقدیم به قلب زیبا، روح بزرگ و عشق بی همتایش

تشکر و قدردانی

پروردگار متعال را سپاس می‌گوییم که توفیق اجرای این تحقیق را تحت عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد عنایت فرمود. آرزو دارم که این تحقیق و تحقیق‌های دیگری که انجام خواهیم داد، بهانه‌ای برای کشف قدرت بی‌انتهای او باشد و حرکتی در جهت رضای او.

به حکم وظیفه و ادب از بزرگوارانی که در مراحل مختلف تحقیق، مرا یاری رساندند تشکر و قدردانی دارم:

از پدر و مادر عزیزم که راه موفقیت مرا هموار نمودند؛

از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر تقی شهرابی، که راهنمایی این پایان‌نامه را به عهده داشتند و مشوق همیشگی من در طول انجام این تحقیق بودند؛

از جناب آقای دکتر سهراب سنجابی که مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند؛

از همه دوستان و همکاران آزمایشگاه مخصوصاً جناب آقای حسن‌نژاد که در طول انجام تحقیق مرا یاری کردند.

چکیده

در این تحقیق پوشش‌های نانوساختار TiO_2 - CeO_2 و TiO_2 به روش سل-ژل و تکنیک پوشش‌دهی چرخشی بر روی فولاد زنگ نزن ۳۱۶L اعمال گردید و سپس مقاومت به خوردگی پوشش‌ها در محلول ۳/۵٪ NaCl با استفاده از روش پلاریزاسیون دینامیکی و امپدانس مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ترکیب پوشش‌ها توسط آنالیز تفرق اشعه X (XRD)، EDX، FTIR و DTA مورد آنالیز قرار گرفته و نیز مورفولوژی پوشش به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تعیین گردید. در بررسی خواص خوردگی و ساختاری پوشش‌ها، نقش عواملی چون نسبت مولی Ce/Ti، دمای عملیات حرارتی و تعداد لایه‌ها در نظر گرفته شد. نسبت مولی Ce/Ti، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲، دمای عملیات حرارتی، 300°C ، 400°C و 500°C و تعداد لایه‌ها، ۲، ۳ و ۴ لایه انتخاب گردید. همچنین سرعت چرخش در فرآیند پوشش‌دهی چرخشی ۳۰۰۰ rpm انتخاب گردید. سپس مقاومت به خوردگی پوشش دارای بهترین خواص خوردگی در محیط قبلی، در محلول شبیه‌سازی شده بدن (رینگر) مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که بهترین مقاومت به خوردگی هنگامی به دست آمد که عملیات حرارتی پوشش در دمای 300°C انجام گرفت. در این دمای عملیات حرارتی، پوشش اکسید تیتانیوم-سریم به صورت آمورف بوده و با افزایش دما پوشش‌ها کریستاله شده که دارای مقاومت به خوردگی پایین‌تری بوده است. همچنین پوشش‌های سه لایه نسبت به دو و چهار لایه همگن‌تر و یکنواخت‌تر بوده و میزان ترک در آن‌ها به میزان زیادی کاهش پیدا کرده است و لذا دارای مقاومت به خوردگی بالاتری بوده است. به علاوه ملاحظه گردید که با افزایش میزان سریم، رفتار خوردگی پوشش‌های نانو اکسید تیتانیوم-سریم تضعیف گردیده است. با افزایش میزان سریم، PH محلول پوشش‌دهی کاهش یافته و باعث تسریع واکنش کانداسیون گردیده و در نتیجه تخلخل پوشش افزایش یافته است. افزایش تخلخل، فشردگی پوشش را کاهش داده و باعث کاهش مقاومت به خوردگی پوشش گردیده است. بنابراین پوشش TiO_2 - CeO_2 ۳ لایه دارای نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ که در دمای 300°C مورد عملیات حرارتی قرار گرفته است، بیشترین مقاومت به خوردگی را نسبت به سایر پوشش‌ها داشته است. بنابراین این پوشش به عنوان پوشش دارای بهترین خواص خوردگی در بین سایر پوشش‌های تولید شده انتخاب گردیده است.

کلمات کلیدی: پوشش‌های نانوساختار TiO_2 - CeO_2 ، سل-ژل، پوشش‌دهی چرخشی، فولاد زنگ نزن ۳۱۶L، دمای عملیات حرارتی، نسبت مولی Ce/Ti.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	فصل اول - مقدمه
۸	فصل دوم - مروری بر تحقیق
۸	۱-۲-۱- روش سل-ژل
۸	۱-۲-۱-۱- مقدمه
۱۰	۱-۲-۲- تعاریف و مفاهیم اولیه سل-ژل
۱۲	۱-۲-۳- انواع فرآیند سل ژل
۱۲	۱-۲-۳-۱- مسیر آلکوکسیدی
۱۳	۱-۲-۳-۲- مسیر کلوئیدی
۱۴	۱-۲-۴- مراحل فرآیند سل-ژل
۱۵	۱-۲-۵- واکنش های شیمیایی سل-ژل
۱۵	۱-۲-۵-۱- هیدرولیز
۱۶	۱-۲-۵-۲- کندانسیون
۱۷	۱-۲-۵-۳- زنجیره هیدروکسیدی
۱۷	۱-۲-۵-۴- زنجیره اکسیژنی
۱۸	۱-۲-۶- اثرکاتالیست در واکنش های هیدرولیز و کندانسیون
۱۹	۱-۲-۷- چلیشن

۱۹	۲-۲- فیلم‌های نازک
۲۰	۱-۲-۲- روش‌های تولید فیلم‌های نازک
۲۱	۲-۲-۲- فرآیند پوشش‌دهی لایه‌های نازک
۲۲	۱-۲-۲-۲- روش غوطه‌وری
۲۳	۲-۲-۲-۲- روش پوشش‌دهی چرخشی
۲۵	۳-۲- اکسید تیتانیوم
۲۵	۱-۳-۲- کاربردهای اکسید تیتانیوم
۲۷	۲-۳-۲- پوشش اکسید تیتانیوم
۲۸	۱-۲-۳-۲- کاربرد پوشش اکسید تیتانیوم
۲۹	۲-۲-۳-۲- روش اعمال پوشش اکسید تیتانیوم
۲۹	۳-۲-۳-۲- تأثیر تعداد لایه‌ها بر خواص پوشش TiO_2
۳۲	۴-۲- سریم
۳۴	۵-۲- پوشش نانو اکسید تیتانیوم- سریم
۳۶	۱-۵-۲- کاربرد پوشش نانو اکسید تیتانیوم- سریم
۳۶	۱-۱-۵-۲- کاربردهای پزشکی
۳۷	۲-۱-۵-۲- کاربردهای اپتیکی
۳۸	۳-۱-۵-۲- کاربرد در ساخت سنسورهای گاز
۳۸	۴-۱-۵-۲- کاربرد به عنوان فوتوکاتالیست
۳۹	۲-۵-۲- تأثیر دمای عملیات حرارتی بر خواص پوشش نانو اکسید تیتانیوم- سریم

۴۳	۳-۵-۲- تأثیر PH بر خواص پوشش نانو اکسید تیتانیوم- سریم
۴۵	۲-۶- مواد کاشتنی در بدن
۴۸	فصل سوم- روش تحقیق
۴۸	۳-۱- تهیه محلول
۴۸	۳-۱-۱- مواد اولیه مصرفی
۴۸	۳-۱-۲- تهیه محلول تیتانیوم- سریم
۴۹	۳-۱-۳- تهیه محلول تیتانیوم
۵۱	۳-۲- فرآیند پوشش دهی
۵۱	۳-۲-۱- نمونه های مورد استفاده در تحقیق
۵۱	۳-۲-۲- آماده سازی نمونه ها
۵۲	۳-۲-۳- پوشش دهی
۵۳	۳-۲-۳-۱- روش پوشش دهی
۵۴	۳-۳- روش های ارزیابی پوشش ها
۵۴	۳-۳-۱- بررسی ساختار فازی
۵۴	۳-۳-۲- مطالعات ریزساختار
۵۵	۳-۳-۳- مطالعات خوردگی
۵۶	۳-۳-۳-۱- سل الکتروشیمیایی
۵۶	۳-۳-۴- آنالیز حرارتی
۵۷	۳-۳-۵- آنالیز طیف سنجی عبوری مادون قرمز (FTIR)

۵۹	فصل چهارم - نتایج و بحث
۵۹	۱-۴- بررسی اثر دمای عملیات حرارتی بر خواص پوشش‌های TiO_2 و $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۵۹	۱-۱-۴- بررسی اثر دمای عملیات حرارتی بر روی ریزساختار پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۶۶	۲-۱-۴- بررسی اثر دمای عملیات حرارتی بر روی خواص خوردگی پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۷۶	۲-۴- بررسی اثر میزان Ce بر خواص پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۷۶	۱-۲-۴- بررسی اثر میزان Ce بر روی خواص فازی پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۷۷	۲-۲-۴- بررسی اثر میزان Ce بر روی خواص خوردگی پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۸۷	۳-۴- تأثیر تعداد لایه‌ها بر خواص پوشش‌های $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$
۹۹	۴-۴- بررسی پایداری پوشش نانو اکسید تیتانیوم- سریم
۱۰۲	۵-۴- بررسی مقاومت به خوردگی پوشش $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2$ در محلول شبیه‌سازی شده بدن
۱۰۶	فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۱۰	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان	شماره شکل
۹	انواع محصولات سل-ژل	۱-۲
۲۲	ضخامت لایه بر حسب آهنگ خروج از محلول	۲-۲
۲۳	شماتیک روش پوشش‌دهی چرخشی	۳-۲
۳۰	تصویر AFM نانوذرات TiO_2 پوشش‌داده شده بر فولاد ۳۱۶L برای ۴ بار	۴-۲
۳۰	طیف تفرق XRD پوشش ۴ لایه TiO_2	۵-۲
۳۲	ضخامت فیلم TiO_2 بر حسب تعداد دفعات پوشش‌دهی	۶-۲
۴۰	طیف تفرق XRD لایه نازک TiO_2 در دماهای مختلف عملیات حرارتی	۷-۲
۴۲	تفرق XRD لایه‌های نازک $CeO_2-TiO_2-ZrO_2$ عملیات حرارتی شده در (a) ۱۰۰، (b) ۳۰۰، و (c) ۵۰۰ °C	۸-۲
۴۲	تصاویر AFM لایه‌های نازک $CeO_2-TiO_2-ZrO_2$ عملیات حرارتی شده در (a) ۱۰۰، (b) ۳۰۰، و (c) ۵۰۰ °C	۹-۲
۴۴	الگوی XRD فیلم‌های نازک CeO_2-TiO_2 با PH (a) ۲/۲۲، (b) ۲/۳۵، (c) ۲/۴۳، (d) ۲/۷۶ و (e) ۲/۹۲.	۱۰-۲
۴۴	تصویر AFM فیلم‌های نازک CeO_2-TiO_2 با PH (a) ۲/۳۵، (c) ۲/۴۳، (d) ۲/۷۶ و (e) ۲/۹۲.	۱۱-۲
۴۵	تغییر دانسیته (p) و ضخامت پوشش (h) بر حسب PH محلول پوشش‌دهی	۱۲-۲
۵۰	شماتیک تهیه محلول تیتانیوم-سریم	۱-۳
۵۲	شماتیک مراحل پوشش‌دهی	۲-۳

۵۳	دستگاه پوشش دهی چرخشی	۳-۳
۵۴	میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده در تحقیق حاضر	۴-۳
۵۵	دستگاه پتانسیواستات (EG&G Instruments Inc, Model ۲۷۳)	۵-۳
۶۰	تصاویر SEM پوشش TiO_2-CeO_2 عملیات حرارتی شده در دماهای $۳۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (A)، $۴۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (B) و $۵۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (C).	۱-۴
۶۱	تصویر SEM و آنالیز EDX پوشش TiO_2-CeO_2 عملیات حرارتی شده در دمای $۴۰۰\text{ }^\circ\text{C}$.	۲-۴
۶۲	الگوی XRD پوشش TiO_2-CeO_2 عملیات حرارتی شده در دماهای $۳۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (a)، $۴۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (b) و $۵۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ (c).	۳-۴
۶۴	نمودار DTA ژل TiO_2-CeO_2 . (سرعت حرارت دهی: $۱۰\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ در اتمسفر هوا)	۴-۴
۶۵	نمودار FTIR پودر TiO_2-CeO_2 عملیات حرارتی شده در دمای $۳۰۰\text{ }^\circ\text{C}$	۵-۴
۶۶	نمودارهای پلاریزاسیون دینامیکی پوشش های اکسید تیتانیوم-سریم عملیات حرارتی شده در دماهای $۳۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ ، $۴۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ و $۵۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن $۰/۶\text{ mv/s}$ در محلول $NaCl$ ۳/۵٪.	۶-۴
۷۲	طیف های امپدانس مربوط به پوشش های اکسید تیتانیوم-سریم عملیات حرارتی شده در دماهای $۳۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ ، $۴۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ و $۵۰۰\text{ }^\circ\text{C}$ در محلول $NaCl$ ۳/۵٪.	۷-۴
۷۴	شماتیک پوشش TiO_2-CeO_2 و مدار معادل پیشنهادی آن.	۸-۴
۷۶	الگوی XRD پودر TiO_2-CeO_2 با نسبت مولی Ce/Ti (a) ۰/۰۵، (b) ۰/۱ و (c) ۰/۲، عملیات حرارتی شده در دمای $۵۰۰\text{ }^\circ\text{C}$.	۹-۴

- ۱۰-۴ نمودارهای پلاریزاسیون دینامیکی پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با
نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲، عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰
به مدت ۱ h، با سرعت اسکن ۰/۶ mv/s در محلول NaCl ۰/۳/۵.
- ۱۱-۴ نمودارهای پلاریزاسیون دینامیکی پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با
نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲، عملیات حرارتی شده در دمای °C ۴۰۰
به مدت ۱ h، با سرعت اسکن ۰/۶ mv/s در محلول NaCl ۰/۳/۵.
- ۱۲-۴ طیف امپدانس مربوط به پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی
Ce/Ti ۰، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲، عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰.
- ۱۳-۴ شماتیک پوشش $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2$ و مدار معادل آن
- ۱۴-۴ طیف امپدانس پوشش اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵،
عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰ تطبیق داده شده با مدار پیشنهادی.
- ۱۵-۴ تصاویر SEM پوشش $\text{TiO}_2\text{-CeO}_2$ (A) ۲ لایه، (B) ۳ لایه و (C) ۴ لایه.
- ۱۶-۴ تصویر SEM قرارگرفتن لایه‌ها بر روی هم در پوشش اکسید تیتانیوم-سریم.
- ۱۷-۴ شماتیک نحوه عملکرد لایه دوم.
- ۱۸-۴ نمودارهای پلاریزاسیون دینامیکی پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم
با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۲، ۳ و ۴ بار،
عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن
۰/۶ mv/s در محلول NaCl ۰/۳/۵.

- ۱۹-۴ طیف امپدانس مربوط به پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۲، ۳ و ۴ بار، عملیات حرارتی شده در دمای $300^{\circ}C$ و نمودار نایکوئیست در فرکانس‌های پایین.
- ۲۰-۴ شماتیک قرار گرفتن لایه‌ها بر روی هم.
- ۲۱-۴ شماتیک پوشش TiO_2-CeO_2 و مدار پیشنهادی آن.
- ۲۲-۴ نمودارهای پلاریزاسیون دینامیکی پوشش اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۳ بار، عملیات حرارتی شده در دمای $300^{\circ}C$ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن $0/6\text{ mv/s}$ در زمان‌های ۲ h، ۲۴، ۴۸ و ۱۶۸ غوطه‌وری در محلول $NaCl$ ۰/۳/۵٪.
- ۲۳-۴ منحنی شدت جریان خوردگی پوشش اکسید تیتانیوم-سریم بر حسب زمان غوطه‌وری در محلول $NaCl$ ۰/۳/۵٪.
- ۲۴-۴ نمودار پلاریزاسیون دینامیکی پوشش اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۳ بار، عملیات حرارتی شده در دمای $300^{\circ}C$ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن $0/6\text{ mv/s}$ در محلول شبیه سازی شده بدن.
- ۲۵-۴ منحنی‌های نایکوئیست مربوط به پوشش TiO_2-CeO_2 بهینه، پوشش TiO_2 و فولاد زنگ‌نزن بدون پوشش در محلول شبیه‌سازی شده بدن.

فهرست جدول‌ها

شماره جدول	عنوان	صفحه
۱-۲	پارامترهای الکتروشیمیایی پوشش TiO_2 با ضخامت‌های مختلف	۳۱
۲-۲	تأثیر دمای عملیات حرارتی بر فعالیت فوتوکاتالیستی فیلم‌های TiO_2	۴۱
۱-۳	مشخصات مواد اولیه مصرفی	۴۸
۲-۳	ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن ۳۱۶L	۵۱
۳-۳	ترکیب شیمیایی محلول رینگر	۵۶
۱-۴	مقادیر چگالی جریان خوردگی (I_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفره‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین‌شدن ($E_{pit}-E_{corr}$) برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم عملیات حرارتی شده در دماهای $300^\circ C$ ، $400^\circ C$ و $500^\circ C$ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن 0.16 mv/s در محلول $NaCl\ 3\%/5$.	۶۷
۲-۴	مقادیر مقاومت پلاریزاسیون خطی برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم عملیات حرارتی شده در دماهای $300^\circ C$ ، $400^\circ C$ و $500^\circ C$ پس از یک هفته غوطه‌وری در محلول $NaCl\ 3\%/5$.	۶۹
۳-۴	پارامترهای تطبیقی مدار پیشنهادی با داده‌های تجربی مربوط به پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم عملیات حرارتی شده در دماهای $300^\circ C$ ، $400^\circ C$ و $500^\circ C$.	۷۵
۴-۴	مقادیر چگالی جریان خوردگی (I_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفره‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین‌شدن ($E_{pit}-E_{corr}$) برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی $Ce/Ti\ 0.05$ ، 0.1 و 0.2 ، عملیات حرارتی شده در دمای $300^\circ C$	۷۸

به مدت ۱ h، با سرعت اسکن 0.6 mv/s در محلول $0.3/5 \text{ NaCl}$.

- ۵-۴ مقادیر چگالی جریان خوردگی (i_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفزه‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین شدن ($E_{\text{pit}}-E_{\text{corr}}$) برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti $0.5/0$ ، $0.1/1$ و $0.2/2$ ، عملیات حرارتی شده در دمای 400°C به مدت ۱ h، با سرعت اسکن 0.6 mv/s در محلول $0.3/5 \text{ NaCl}$.

- ۶-۴ پارامترهای تطبیقی مدار پیشنهادی با داده‌های تجربی مربوط به پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti $0.5/0$ ، $0.1/1$ و $0.2/2$ ، عملیات حرارتی شده در دمای 300°C .

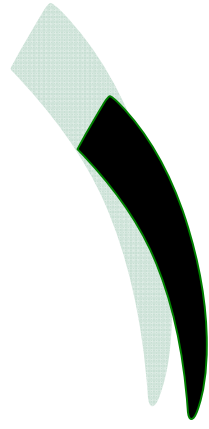
- ۷-۴ مقادیر چگالی جریان خوردگی (i_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفزه‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین شدن ($E_{\text{pit}}-E_{\text{corr}}$) برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti $0.5/0$ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۲، ۳ و ۴ بار، عملیات حرارتی شده در دمای 300°C به مدت ۱ h، با سرعت اسکن 0.6 mv/s در محلول $0.3/5 \text{ NaCl}$.

- ۸-۴ پارامترهای تطبیقی مدار پیشنهادی با داده‌های تجربی مربوط به پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti $0.5/0$ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۲، ۳ و ۴ بار، عملیات حرارتی شده در دمای 300°C .

- ۹-۴ مقادیر چگالی جریان خوردگی (i_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفزه‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین شدن ($E_{\text{pit}}-E_{\text{corr}}$) برای پوشش‌های اکسید تیتانیوم-سریم

با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۳ بار، عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن ۰/۶ mv/s در زمان‌های ۲ h، ۲۴ h، ۴۸ h و ۱۶۸ h غوطه‌وری در محلول NaCl ۰/۳/۵.

۱۰-۴ مقادیر چگالی جریان خوردگی (i_{corr})، سرعت خوردگی، پتانسیل حفره‌دار شدن (E_{pit}) و ناحیه روئین شدن ($E_{pit}-E_{corr}$) برای پوشش اکسید تیتانیوم-سریم با نسبت مولی Ce/Ti ۰/۰۵ و تعداد دفعات لایه‌نشانی ۳ بار، عملیات حرارتی شده در دمای °C ۳۰۰ به مدت ۱ h، با سرعت اسکن ۰/۶ mv/s در محلول شبیه سازی شده بدن.



فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

برای حفاظت از خوردگی فلزات، پوشش‌های آلی به طور گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. پوشش‌های سرامیکی به دلیل داشتن خواص خوب حرارتی، الکتریکی، مقاومت به خوردگی و سایش و... نسبت به فلزات، بسیار مورد توجه قرار می‌گیرند [۱].

اهمیت فیلم‌های نازک اکسیدهای فلزی، به دلیل کاربرد آن‌ها در زمینه‌های الکتریکی- نوری [۲]، دستگاه‌های نیمه‌هادی سنسور گازی [۳]، فوتوکرومیک [۴]، دستگاه‌های الکتروکرومیک [۵] و ... می‌باشد. یکی از مؤثرترین روش‌ها برای حفاظت از خوردگی فولادها، پوشش‌دهی سطح آن با ترکیبات سرامیکی محافظ مانند اکسیدهای فلزات انتقالی، نیتrideها، کاربیدها و سیلیکات‌ها می‌باشد. عموماً سرامیک‌ها از مقاومت به خوردگی، اکسیداسیون و سایش بالاتری نسبت به فلزات برخوردار می‌باشند و نیز خواص الکتریکی و حرارتی خوبی دارند، بنابراین به عنوان پوشش، بسیار مناسب می‌باشند.

پوشش تبدیلی کروماته در بسیاری از محیط‌ها و برای بیشتر سیستم‌های آلیاژی مانند آلومینیوم، روی و فولاد به کار می‌روند. به طور سنتی، لایه‌های کروماته محافظ به روش غوطه‌وری فلز تمیز در یک محلول اسیدی یا قلیایی شامل Cr^{6+} به دست می‌آیند که حفاظت از خوردگی فلز را تأمین می‌کنند [۶].

¹ Optoelectronic

علیرغم کاربردهای صنعتی فراوان کرومات‌ها، استفاده از آن‌ها به علت سمی بودن و سرطان‌زایی از سال ۱۹۷۰ میلادی ممنوع شده است. بنابراین تحقیقات گسترده‌ای در زمینه جایگزینی ترکیبات کرومات‌ها با ترکیبات غیرسمی و بی‌خطر از لحاظ زیست محیطی صورت گرفت [۷]. در میان ترکیبات مختلف جایگزین‌کننده کرومات‌ها، ممانعت‌کننده‌های خاک‌های کمیاب مخصوصاً سریم^۱ بیشترین توجه را به خود جلب کردند [۸]. همچنین در سال ۱۹۸۴ میلادی مشخص شد که سریم یک ممانعت‌کننده کاتدی مؤثر است که با تشکیل ترکیبات نامحلول در نواحی کاتدی رسوب می‌کند و مانع از واکنش عوامل اکسیدکننده مثل اکسیژن حل‌شده با سطح فلز می‌شود و مقاومت به خوردگی را بهبود می‌بخشد [۹].

پوشش‌های بر پایه سیلیکا، سریا، وانادیا و مولیبدیم با ایجاد اتصال کووالانت، چسبندگی بالایی با زمینه برقرار می‌کند و همانند سد، انتقال رطوبت را به سطح آلیاژ محدود می‌کند [۱۰].

در میان انواع پوشش‌های سرامیکی، پوشش TiO_2 اعمال شده به روش سل-ژل، کاربرد گسترده‌تری در حفاظت از فولادها پیدا کرده است. TiO_2 به علت غیرسمی بودن، استحکام بالا و خواص اپتیکی در ساخت سنسورهای گازی، سل‌های خورشیدی، خازن‌های دی‌الکتریکی و فوتوکاتالیست‌ها برای خالص‌سازی آب و هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان داده است که پوشاندن سطح فولاد زنگ‌نزن با پوشش نانوذرات اکسیدتیتانیوم تهیه شده به روش سل-ژل، مقاومت به خوردگی سطح را به میزان قابل توجهی بهبود می‌بخشد. اما مکانیزم حفاظتی این پوشش نشان داده است که تنها تا هنگامی که سطح، سالم و بدون عیب باشد، قادر است نقش حفاظتی خود را ایفا کند و با ایجاد عیب کوچکی در پوشش، دیگر قادر به حفاظت سطح زیرین خود نمی‌باشد. برای جلوگیری از بروز این مشکل بهتر است تا پوشش نانو- TiO_2

¹ cerium