دانشکده مهندسی
گروه مواد و متالورژی

پایان نامه پروژه کارشناسی ارشد

بررسی تاثیر بازدارنده پسیو کننده دی کرومات

بر دمای بحرانی حفره‌دار شدن فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵

استاد راهنما :

دکتر محمد هادی مؤید

ارائه دهنده :

نفیسه ابراهیمی

تابستان ۸۹

بسم الله الرحمن الرحیم

در آغاز لازم می دانم از زحمات پدر و مادر گرامی ام و همسر مهربانم که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند کمال تشکر را بنمایم.

از زحمات اساتید محترم دانشگاه فردوسی و به خصوص استاد ارجمند جناب آقای دکتر مؤیدکه با راهنمایی های خود راه گشای من بوده اند کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم. همچنین از استاد عزیز آقای دکتر داوودی، که همواره مشوق اینجانب بوده اند خاضعانه سپاسگزارم.

از آقای منوچهر ایمانی به خاطر حمایت های بی پایان در مراحل مختلف پایان نامه و نیز از کلیه دانشجویان به خصوص آقایان مهندس مؤمنی، مهندس پرویزی و مهندس کوثری به خاطر همکاری و راهنمایی های ارزشمندشان سپاسگزارم.

چکیده

فولادهای زنگ نزن اقسام مختلفی دارند که نوع دوفازی آن ویژگی‌هایی از جمله شکل‌پذیری عالی، چقرمگی زیاد در دمای اتاق و در دماهای پائین و مقاومت خوب در برابر اکسایش و خوردگی از خود نشان می‌دهد. دمای بحرانی حفره‌دار شدن فولاد در حقیقت دمایی است که در کمتر از این دما، خوردگی حفره‌ای هرگز روی نمی‌دهد. کاربرد این فولادهای زنگ نزن به دماهایی محدود می شودکه در آن خوردگی حفره ای رخ ندهد؛ با استفاده از بازدارنده‌ها می‌توان از خوردگی حفره‌ای جلوگیری کرده و دامنه‌ی کاربرد این فولادها را افزایش داد. یکی از بازدارنده‌های موثر خوردگی حفره‌ای، یون دی‌کرومات می‌باشدکه فلز را در حالت پسیو نگاه می‌دارد و از شکست لایه‌ی پیسو و رخ دادن خوردگی حفره‌ای جلوگیری می‌کند.

در این تحقیق تاثیر افزودن غلظت های مختلف یون دی‌کرومات بر خوردگی حفره ای و دمای بحرانی حفره دار شدن[1] (CPT) فولاد زنگ‌نزن دو فازی ۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولارNaCl با استفاده از اندازه‌گیری های دمای بحرانی حفره دار شدن به روش‌های پتانسیو دینامیک و پتانسیو استاتیک بررسی شده است. مطابق اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک افزودن یون $Cr_2O_7^{2-}$ با غلظت کافی باعث افزایش قابل توجه پتانسیل شکست[2] به خصوص در دماهای بالا شده است. با افزودن بازدارنده شدت جریان رویینگی و نیز نوسانات جریان ناشی از وقوع حفره های ناپایدار به طور قابل توجهی در هر دو آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و پتانسیواستاتیک کاهش یافته است و دمای انتقال رویین به فعال نیز از

[1] -Critical Pitting Temperature

[2] - Breakdown Potential

۶۰ درجه سانتیگراد در محلول بدون بازدارنده به بیشتر از ۸۷ درجه سانتیگراد در محلول با غلظت ۰/۱ مولار یون دی‌کرومات افزایش یافته است و افزودن مقدار ۰/۰۱ مولار یون $Cr_2O_7^{2-}$ مقدار CPT را در حدود ۱۲ درجه سانتیگراد افزایش داده‌است که تاییدی بر اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و پتانسیواستاتیک می‌باشد. نهایتاً با بررسی نتایج بدست آمده غلظت بهینه $Cr_2O_7^{2-}$ از دمای اتاق تا ۶۵ درجه سانتیگراد در حدود ۰/۰۱ مولار و در دماهای بالاتر ۰/۱ مولار می‌باشد. عملکرد موثر این بازدارنده در نسبت آنیون بازدارنده به آنیون مهاجم بیشتر از ۰/۰۰۰۱ دیده شد. همچنین بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که حفرات بیشتر از ناحیه‌ی آستنیت و یا فصل‌مشترک آستنیت و فریت جوانه‌زنی می کنند.

برای بررسی مکانیزم عمل این بازدارنده، آزمون پلاریزاسیون پتاسیودینامیک در محلول ۵ مولار HCl که شبیه سازی از محلول حفره می‌باشد انجام شد. تاثیر آنیون دی‌کرومات بر جریان بحرانی در این محلول، نشان داد که دی‌کرومات موجب افزایش پتانسیل خوردگی و کاهش شدید دانسیته جریان بحرانی می شود و در نتیجه شرایط لازم برای وقوع حفره پایدار به تعویق می‌افتد و برای وقوع حفره پایدار باید دما را افزایش داد در نتیجه دمای بحرانی حفره‌دار شدن افزایش می‌یابد.

لغات کلیدی: خوردگی حفره ای، فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵، دمای بحرانی حفره دار شدن، بازدارنده دی‌کرومات

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۲

۲- مروری بر مطالعات انجام شده ۵

۲-۱ فولادهای زنگ نزن ۵

۲-۲ فولادهای زنگ‌نزن دوفازی (DSS) ۶

۲-۲-۱ ریز ساختار فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۶

۲-۲-۲ تاثیر عملیات حرارتی بر ریزساختار DSS ۸

۲-۳ خوردگی و عوامل تخریب مواد ۹

۲-۳-۱ خوردگی حفره‌ای ۱۱

۲-۳-۱-۱ پتانسیل بحرانی حفره‌دار شدن ۱۱

۲-۳-۱-۲ پتانسیل حفاظت ۱۲

۲-۳-۱-۳ دمای بحرانی حفره دار شدن: ۱۳

۲-۳-۱-۴ تاثیرعناصر آلیاژی بر حفره‌دارشدن فولاد زنگ‌نزن ۱۵

۲-۳-۱-۵ عناصر آلیاژی مفید در DSS ۲۰

۲-۳-۱-۶ اثرات نامطلوب عناصر بر DSS ۲۲

۲-۳-۱-۷ تاثیر دما بر روی حفره دار شدن ۲۳

۲-۴ عوامل موثر بر دمای بحرانی حفره دار شدن: ۲۷

۲-۴-۱ اثرغلظت یون کلراید ۲۷

۲-۴-۲ اثر اکسیژن موجود در محلول و پتانسیل اعمالی ۲۸

۲-۴-۳ اثر عملیات حرارتی ۲۹

۲-۴-۴ اثر صافی سطح ۳۱

۲-۴-۵ اثر نرخ افزایش دما ۳۱
۲-۴-۶ اثر یون سولفات ۳۲
۲-۴-۷ اثر یون مولیبدات ۳۳
۲-۵ تاثیر بازدارندگی دی کرومات بر روی خوردگی فولاد ۳۳
۳ مراحل آزمایشگاهی ۳۷
۳-۱ مواد مورد استفاده و نحوه آماده سازی آن ها ۳۸
۳-۱-۱ کلرید سدیم ۳۸
۳-۱-۲ دی کرومات سدیم ۳۸
۳-۱-۳ اسید هیدروکلریدریک ۳۸
۳-۱-۴ اسید نیتریک ۳۹
۳-۱-۵ محلول‌های مورد استفاده در متالوگرافی ۳۹
۳-۱-۶ گاز نیتروژن ۳۹
۳-۲ وسایل و تجهیزات مورد استفاده ۳۹
۳-۲-۱ دستگاه مورد استفاده برای الکترواچ ۴۰
۳-۲-۲ میکروسکوپ نوری جهت متالوگرافی ۴۰
۳-۲-۳ دستگاه پتانسیواستات ۴۰
۳-۲-۴ الکترود مرجع ۴۱
۳-۲-۵ الکترود شمارنده یا کمکی ۴۱
۳-۲-۶ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۲
۳-۲-۷ دستگاه بن ماری ۴۲
۳-۳ مراحل انجام تحقیق ۴۳

۳-۳-۱ تهیه نمونه مورد آزمایش ۴۳
۳-۳-۲ تعیین ترکیب شیمیایی نمونه فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ ..... ۴۳
۳-۳-۳ آماده سازی نمونه ها ۴۴
۳-۳-۳-۱ آماده سازی نمونه ها ی میله ای شکل ۴۴
۳-۳-۳-۲ آماده سازی نمونه ها ی تخت ۴۵
۳-۳-۳-۳ آماده سازی نمونه ها برای انجام بررسی های متالوگرافی ۴۶
۳-۳-۴ تعیین درصد فازهای موجود درساختار فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ ..... ۴۶
۳-۳-۵ تهیه محلول های مورد استفاده در آزمایش های خوردگی ۴۸
۳-۴ طراحی پیل آزمون ۴۸
۳-۵ انجام آزمونهای الکتروشیمیایی خوردگی ۵۱
۳-۵-۱ آزمون اندازه‌گیری پتانسیل خوردگی ۵۱
۳-۵-۲ آزمون پلاریزاسیون پتانسیودینامیک ۵۲
۳-۵-۳ آزمون پلاریزاسیون پتانسیواستاتیک ۵۳
۳-۵-۴ آزمون پلاریزاسیون پتانسیواستاتیک همراه با افزایش دما به منظور تعیین دمای بحرانی حفره دار شدن ۵۴
۳-۶ مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵۵
۴ یافته‌ها، بحث و تحلیل نتایج ۵۸
۴-۱ ارزیابی ریزساختاری ۵۸
۴-۲ اندازه گیری های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک ۶۰
۴-۳ آزمایش های پلاریزاسیون پتانسیواستاتیک همراه با افزایش دما، برای بدست آوردن دمای بحرانی حفره دار شدن ۸۸
۴-۴ آزمایش پلاریزاسیون پتانسیواستاتیک جهت بررسی جریان پسیویتی و وقوع حفرات ناپایدار ۹۲
۴-۵ مکانیزم عمل بازدارنده و بررسی های محلول حفره ۹۳

۴-۶ مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی ۱۰۰

۴-۶-۱ حفرات ناپایدار در محلول ۰/۱ مولار کلرید سدیم ۱۰۱

۴-۶-۲ حفرات ناپایدار در محلول ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه ۰/۰۱ مولار یون دی‌کرومات ۱۰۳

نتیجه‌گیری ۱۰۴

پیشنهادها ۱۰۶

منابع و مراجع ۱۰۷

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): تصویر SEM مربوط به فولاد دوفازی، فریت تیره و آستنیت روشن ۷

شکل (۲-۲): نمودارفازی دوتایی Cr-Ni-68Fe ۹

شکل (۲-۳): نمودار پلاریزاسیون پتانسیودینامیک که مقادیر مختلف اندازه‌گیری‌شده خوردگی را نشان می‌دهد..... ۱۰

شکل(۲-۴): منحنی شماتیک پلاریزاسیون آندی فلزی که مستعد برای خوردگی حفره ای می باشد..... ۱۲

شکل(۲-۵) منحنی پلاریزازسیون پتانسیودینامیک سیکلی..... ۱۳

شکل (۲-۶): تاثیر دما بر منحنی پلاریزاسیون فولاد زنگ نزن آستنیتی در محلول ۳/۵ درصدNaCl..... ۱۴

شکل(۲-۷): ارتباط پتانسیل خوردگی (پتانسیلی که در آن جریان به $100\ mA/m^2$ میرسد) با دما..... ۱۴

شکل (۲-۸): منحنی های پلاریزاسیون آلیاژهای Fe-15Cr و Fe-20Cr در محلول $0.5M\ H_2SO_4$ ۱۸

شکل (۲-۹):پتانسیل بحرانی حفره دار شدن آلیاژهای آهن ـ کروم در محلول ۰/۱ نرمال NaC1 در دمای ۲۵°C ۱۹

شکل(۳-۱): نمای شماتیکی از نمونه های میله ای..... ۴۴

شکل (۳-۲): نمای شماتیک از نمونه تخت..... ۴۵

شکل (۳-۳): نحوه تعیین درصد فازها توسط نرم افزار Clemax..... ۴۷

شکل (۳-۴)- شماتیک پیل الکتروشیمیایی مورد استفاده در آزمون های خوردگی..... ۵۰

شکل (۳-۵)- پیل آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمون های خوردگی..... ۵۰

شکل (۴-۱): تصاویر متالوگرافی فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ ، برش در جهت طولی..... ۵۸

شکل (۴-۲): تصاویر متالوگرافی فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ ، برش در جهت عرضی..... ۵۹

شکل (۴-۳): نمودار پتانسیو دینامیک و معرفی پارامترهای اصلی آن..... ۶۱

شکل (۴-۴): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl در (a) ۲۵ °C (b) ۳۵ °C (c) ۴۵ °C (d) ۵۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۲

شکل (۴-۵): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (d) ۵۵ °C (e) ۶۵ °C (f) ۷۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۳

شکل (۴-۶): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl در دماهای مختلف با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۳

شکل (۴-۷): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک در محلول ۰/۱ مولار NaCl مربوط به شدت جریان ۰/۱ mA/cm^2 نسبت به دما..... ۶۵

شکل (۴-۸): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (a) ۲۵ °C (b) ۳۵ °C (c) ۴۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۶

شکل (۴-۹): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (d) ۵۵ °C (e) ۶۵ °C (f) ۷۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۷

شکل (۴-۱۰): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای مختلف با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۸

شکل (۴-۱۱): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ مربوط به شدت جریان ۱۰۰ $\mu A/cm^2$ نسبت به دما..... ۶۸

شکل (۴-۱۲): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (a) ۲۵ °C (b) ۳۵ °C (c) ۴۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۶۹

شکل (۴-۱۳): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (d) ۵۵ °C (e) ۶۵ °C (f) ۷۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۰

شکل (۴-۱۴): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای مختلف با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۱

شکل (۴-۱۵): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ مربوط به شدت جریان $100\ \mu A/cm^2$ نسبت به دما..... ۷۱

شکل (۴-۱۶): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (a) ۲۵ °C (b) ۳۵ °C (c) ۴۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۲

شکل (۴-۱۷): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (d) ۵۵ °C (e) ۶۵ °C (f) ۷۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۳

شکل (۴-۱۸): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای مختلف با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۴

شکل (۴-۱۹): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ مربوط به شدت جریان $100\ \mu A/cm^2$ نسبت به دما..... ۷۴

شکل (۴-۲۰): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (a) ۲۵ °C (b) ۳۵ °C (c) ۴۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۵

شکل (۴-۲۱): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای (d) ۵۵ °C (e) ۶۵ °C (f) ۷۵ °C با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۶

شکل (۴-۲۲): منحنی های پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد DSS۲۲۰۵ در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دماهای مختلف با سرعت روبش ۰/۵ mV/s..... ۷۷

شکل (۴-۲۳): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک در محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ مربوط به شدت جریان $100\ \mu A/cm^2$ نسبت به دما..... ۷۷

شکل (۴-۲۴): پتانسیل شکست استخراج شده از منحنی های پتانسیو دینامیک مربوط به شدت جریان $100\ \mu A/cm^2$ بر حسب به دما..... ۷۹

شکل (۴-۲۵): رابطه خطی بین پتانسیل شکست در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد و لگاریتم غلظت بازدارنده دی کرومات..... ۸۲

شکل (۴-۲۶): منحنی پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در دو محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱مولار $Cr_2O_7^{2-}$ در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد..... ۸۳

شکل (۴-۲۷): منحنی پتانسیو دینامیک فولاد ۲۲۰۵ DSS در محلول ۰/۱ مولار NaCl و ۰/۱ مولار NaCl و درصدهای مختلف بازدارنده در ۷۵ درجه سانتیگراد.....۸۶

شکل (۴-۲۸): چگالی جریان بر حسب دما برای فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه مقادیر مختلف یون دی کرومات در پتانسیل اعمالی ۷۵۰mV+ و نرخ افزایش دمای ۰/۶ °C/min.....۸۹

شکل (۴-۲۹): مقادیر CPT بر حسب لگاریتم غلظت بازدارنده.....۹۰

شکل (۴-۳۰): منحنی تغییرات شدت جریان با زمان در محلول ۰/۱ مولار NaCl و محلول ۰/۱ مولار NaCl + ۰/۰۱ مولار $Cr_2O_7^{-2}$ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.....۹۱

شکل (۴-۳۱): شماتیکی از مرحله شروع جوانه زنی حفره.....۹۳

شکل (۴-۳۲): فرایندهای اتوکاتالیست در داخل حفره.....۹۴

شکل(۴-۳۳): منحنی پتانسیودینامیک فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۵ مولار اسید هیدروکلریدریک به همراه مقدار ۰/۱ مولار یون دی کرومات با سرعت روبش ۶۰ mV/min شاخه کاتدی با خط چین نشان داده شده است.....۹۷

شکل (۴-۳۴): شماتیک مکانیزم اثر دی کرومات بر CPT.....۹۸

شکل (۴-۳۵): تصویر SEM از حفرات ناپایدار و پایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید در دمای ۵۵ °C بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۰

شکل (۴-۳۶): تصویر SEM از حفره پایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید در دمای ۵۵°C بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۰

شکل (۴-۳۷): تصویر SEM از حفره های ناپایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید در دمای ۵۵°C بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۱

شکل (۴-۳۸): تصویر SEM از حفره های ناپایدار و پایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید در دمای ۵۵ °C بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۱

شکل (۴-۳۹): تصویر SEM از حفره ناپایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه ۰/۰۱ مولار یون دی کرومات در دمای ۵۵° C بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۲

شکل (۴-۴۰): تصویر SEM از حفره ناپایدار در فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه ۰/۰۱ مولار یون دی کرومات در دمای C ۵۵° بعد از قرارگیری به مدت ۱۵ دقیقه در پتانسیل ۸۵۰mV+ به صورت پتانسیواستاتیک.....۱۰۲

فهرست جداول

جدول(۳-۱): مراحل عملی و آزمایشگاهی برای انجام تحقیق.....۳۷

جدول (۳-۲): ترکیب شیمیایی آلیاژ استفاده شده بر حسب درصد وزنی از مهمترین عناصر آلیاژی ۴۴

جدول (۳-۳): ترکیب شیمیایی محلول های اچانت.....۴۶

جدول (۴-۱): مقادیر پتانسیل شکست (mV vs.SCE) فولاد زنگ‌نزن دوفازی در دماهای مختلف و در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه غلظت‌های مختلف یون دی کرومات، استخراج شده از منحنی‌های پتانسیودینامیک با سرعت روبش۰/۵ mV/s.....۷۸

جدول (۴-۲): مقادیر دامنه روئینگی (mV vs.SCE) فولاد زنگ‌نزن دوفازی در دماهای مختلف و در محلول حاوی ۰/۱ مولار یون کلراید به همراه غلظت‌های مختلف یون دی کرومات، استخراج شده از منحنی‌های پتانسیودینامیک با سرعت روبش۰/۵ mV/s.....۸۰

جدول (۴-۳): دمای بحرانی حفره دار شدن بدست آمده برای فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در غلظتهای مختلف یون بازدارنده.....۸۸

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

مقاومت مواد وآلیاژها به خوردگی معمولا به تشکیل یک فیلم نازک که بیشتر از نوع اکسید می باشد بر روی سطح فلز و پایداری این فیلم بر می گردد. شکست این فیلم توسط آنیون های مهاجم مانند کلراید دلیل اصلی تخریب در این آلیاژها می باشد. زیرا در حضور آنیون های مهاجم، خوردگی موضعی (به طور مثال حفره دار شدن) به طور گسترده در سطح فلز رخ می دهد. شکست لایه ی پسیو به توزیع آخال، خصوصیات لایه ی پسیو (ضخامت،ترکیب و..) و ترکیب الکترولیت (یون های مهاجم، بازدارنده و دما) بستگی دارد.

فولاد های زنگ نزن دوفازی[1]، آلیاژهای پایه آهنی هستند که دارای درصد یکسانی از دو فاز آستنیت و فریت می باشند لذا این فولادها ترکیبی از خواص مفید فولاد های آستنیتی و فریتی را دارا هستند. از آن‌جایی که این فولادها خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی خوبی دارند برای کاربرد های متنوعی مانند پالایشگاه های نفت خام و گاز و محیط های دریایی مورد توجه قرار گرفته اند.کاربرد این فولاد های زنگ نزن به دماهایی محدود می شودکه در آن خوردگی حفره ای رخ ندهد. دمای بحرانی حفره دار شدن به عنوان کمترین دمای روی سطح فلز تعریف می شودکه در آن دما حفرات پایدار رشد می کنند. خوردگی حفره ای فلزات و آلیاژ ها هنگامی رخ می دهد که لایه ی پسیو در برخی نقاط روی سطح شکسته شود و سطح فلز مورد حمله آنیون های مهاجم داخل محیط قرار گیرد. در این نقاط، انحلال آندی صورت می گیرد؛ در حالی که بیشتر سطح در حالت پسیو قرار دارد. برای بهبود مقاومت به حفره دار شدن فولاد زنگ نزن و امکان افزایش دامنه کاربرد این فولاد ها تا دما های بالاتر در محیط های دارای آنیون های

[1] Duplex stainless steel

مهاجم استفاده از بازدارنده ها توصیه شده است . بازدارنده ها pH و محتوای یونی حفره را تغییر می دهند و با تشکیل یک فیلم اکسیدی و غیرفعال سازی نقاط فعال برای خوردگی، به پسیو شدن دوباره این نقاط کمک می کنند.

آنیون کرومات یکی از بازدارنده های مفیدی است که از خوردگی حفره ای فولاد های زنگ نزن جلوگیری می کند. این بازدازنده، فلز را در حالت پسیو نگاه می دارد و از شکست لایه ی پسیو و خوردگی حفره ای ممانعت به عمل می آورد. مکانیزم بازدارندگی کرومات به طور گسترده ای مطالعه شده است و به طور کلی تشکیل یک فیلم اکسیدی بر روی سطح فلز توسط این بازدارنده مورد تایید قرار گرفته است اما هنوز ابهاماتی در این مورد وجود دارد. اگرچه اثر بازدارندگی کرومات بر روی خوردگی حفره ای به طور گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته است، اما تاکنون تاثیر یون دی کرومات بر دمای بحرانی حفره دار شدن مورد مطالعه قرار نگرفته است.

هدف این تحقیق بررسی تاثیر مثبت آنیون دی کرومات بر دمای بحرانی حفره دار شدن فولاد زنگ نزن دو فازی ۲۲۰۵ می باشد و در این راستا از تکنیک های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک[1] و پتانسیو استاتیک[2] و بررسی های میکروسکوپی استفاده شده است.

[1] Potentiodynamic

[2] Potentiostatic

فصل دوم

مروری بر مطالعات انجام شده

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱ فولادهای زنگ نزن

فولادهای زنگ‌نزن گروه وسیعی از آلیاژها هستند که عنصر اصلی سازنده آن‌ها آهن می‌باشد و دارای حداقل ۱۰٪ کروم می‌باشند. مقاومت در برابر خوردگی این فولادها توسط یک لایه‌ی سطحی بسیار نازک به نام "لایه‌ی پسیو[1]" تامین می‌شودکه این لایه‌ی پسیو دارای خاصیت خودترمیمی در بسیاری از محیط ها می‌باشد[۱] . از ویژگی‌های دیگر این آلیاژها شکل پذیری عالی ، چقرمگی[2] زیاد در دمای اتاق و در دماهای پائین و مقاومت خوب در برابر پوسته شدن[3] ، اکسایش[4] و خزش[5] در دمای بالا است [۲] .

امروزه بیش از ۱۸۰ نوع آلیاژ در خانواده فولادهای زنگ‌نزن قرار دارند. میزان کروم در برخی از این آلیاژها تا ۳۰٪ نیز رسیده است و بسیاری از عناصر آلیاژی دیگر برای دستیابی به خواص مورد نظر به آن‌ها اضافه می‌شوند.

بر اساس اختلاف در ساختار و ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ‌نزن به پنج گروه اصلی تقسیم می‌شوند[۳]:

۱- فولادهای زنگ‌نزن فریتی

۲- فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی

۳- فولادهای زنگ‌نزن مارتنزیتی

---

[1] Passive layer

[2] -Toughness
[3] -Exfoliation
[4] -Oxidation
[5] -Creep

۴- فولادهای زنگ نزن رسوب سختی [1]

۵- فولادهای زنگ نزن دوفازی

۲-۲ فولادهای زنگ‌نزن دوفازی (DSS[2])

فولاد زنگ نزن دوفازی (DSS) را به نحوی آلیاژسازی می کنند که دارای میکروساختاری متشکل از دو فاز فریت[3] و آستنیت[4] در مقادیر یکسان باشند[۴]. ترکیب شیمیایی این فولادها ۳۰-۱۷٪ کروم و ۱۳-۳٪ نیکل است. ولی برای اطمینان از تشکیل فریت کافی در گستره بالا، معمولاً کروم را حداکثر و نیکل را حداقل انتخاب می‌کنند. تحولات در تولید فولاد زنگ‌نزن دوفازی منجر به تولید فولادهایی شده است که ترکیبی از خصوصیات فولادهای فریتی(استحکام و مقاومت به خوردگی تنشی) و فولادهای آستنیتی(چقرمگی و مقاومت به خوردگی عمومی) را داشته باشند.

۲-۲-۱ ریز ساختار فولاد زنگ‌نزن دوفازی

در بیشتر فولادهای زنگ‌نزن دوفازی با استفاده از عملیات حرارتی می‌توان به کسر حجمی تقریباً یکسانی از فریت و آستنیت دست یافت و به این ترتیب نسبت فریت-آستنیت را در ساختاری که ابتدا مقدار فریت آن خیلی بیشتر است تغییر داد. فریت اولیه توسط واکنش‌های تحت کنترل نفوذ به آستنیت تبدیل می‌شود که تقریباً ساختار ۵۰-۵۰، فریتی-آستنیتی را می‌دهد. با کنترل ترکیب شیمیایی و دمای آنیل می‌توان به یک تعادل فازی صحیح دست یافت.

[1] -Precipitation Hardened Steels
[2] Duplex stainless steel
[3] -Ferrite
[4] -Austenite