بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)

گرایش :

مهندسی شیمی

عنوان :

بررسی خواص ضدخوردگی پوشش های پلیمری هوشمند برپایه رزین اپوکسی استر و نانو ذرات پلی آنیلین

استاد راهنما :

دکتر رضاعارفی نیا

استاد مشاور :

دکترصاحبعلی منافی

نگارش :

فائزه نجفی

تابستان ۹۳

SLAMIC AZAD UNIVERSITY

Shahrood Branch

Faculty of Technical and Engineering

((M.Sc.) Thesis

on Chemical Engineering

Subject:

Study on the smart anti-corrosion properties of polymer coatings based on epoxy resin polyester and polyaniline nanoparticles

Thesis Advisor:

Reza Arefinia Ph.D.

Consulting Advisor:

Sahebali Manafi Ph.D.

By:

Faezeh najafi

Summer 2014

سپاسگزاری

سپاس خدایی را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمّد و خاندان پاك او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ" :

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر رضا عارفی نیا که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛

از استاد فرزانه و دلسوز ، جناب آقای دکتر صاحبعلی منافی که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند

ازپدر و مادر عزیزم. این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛کمال تشکر و قدردانی را دارم باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گویم.

تقدیم:

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است به استوارترین تکیه گاهم،دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم .

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

را آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید .

این هم به برادرو خواهرم

به همسفران مهربان زندگیم که با هم آغاز کردیم ،در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم میدوزیم،

قلبم لبریز از عشق به شماست و خوشبختی تان منتهای آرزویم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه ای برخوردگی

چکیده ۱

۱-۱خوردگی..... ۲

۱-۲ مکانیزم خوردگی..... ۲

۱-۳ عوامل موثر در واکنش های خوردگی..... ۳

۱-۳-۱ درجه حرارت..... ۳

۱-۳-۲ اختلاف پتانسیل..... ۳

۱-۳-۳ عملیات حرارتی..... ۳

۱-۳-۴ سرعت..... ۴

۱-۳-۵ تشعشع..... ۴

۱-۳-۶- ناخالصی محیطی..... ۴

۱-۳-۷ زمان..... ۴

۱-۳-۹ فشار..... ۴

۱-۳-۱۰خواص فلزی..... ۵

۱-۳-۱۱ سایر عوامل..... ۵

۱- ۵انواع خوردگی ۶

۱-۵-۱خوردگی یکنواخت..... ۷

۱-۵-۲ خوردگی گالوانیکی..... ۷

۱-۵-۴خوردگی حفره ای..... ۱۲

۱-۵-۵خوردگی مرزدانه ای..... ۱۳

۱-۳-۶خوردگی تنشی..... ۱۴

۱-۳-۷ خوردگی سایشی..... ۱۵

عنوان **صفحه**

۱-۶راههای پیشگیری و کنترل سرعت خوردگی..... ۱۶

۱-۷ مبارزه با خوردگی..... ۱۶

۱-۸زنگ زدگی آهن..... ۱۷

۱-۹اکسیداسیون..... ۱۷

۱-۱۰ نمودار پوربه..... ۱۷

۱-۱۱ پلاریزاسیون..... ۱۸

فصل دوم کاربرد پوشش های آلی در جلو گیری از خوردگی

۲-۱مقدمه..... ۲۰

۲-۲پلی یورتان..... ۲۰

۲-۳آمینو رزین..... ۲۲

۲-۴رنگهای اکریلیک..... ۲۲

۲-۵ رزین اپوکسی استر..... ۲۳

۲-۶پوششهای آلکیدی..... ۲۵

۲-۷ اپوکسی..... ۲۹

۲-۷-۲ ویژگی رزین اپوکسی..... ۳۰

۲-۷-۳ خواص رزین اپوکسی..... ۳۰

۲-۷-۴معایب رزین اپوکسی..... ۳۲

۲-۷-۵مزایای روکش صنعتی اپوکسی..... ۳۲

۲-۸ رزین اپوکسی استر..... ۳۳

۲-۹ انواع پوشش از نظر مکانیسم..... ۳۴

۲-۱۰ممانعت کننده ها..... ۳۵

۲-۱۰-۱ممانعت کننده های جذبی..... ۳۵

۲-۱۰-۲ سموم تصعید هیدروژن..... ۳۵

عنوان **صفحه**

۲-۱۰-۳موادحذف کننده عوامل مضر ۳۵

۲-۱۰-۴ مواد اکسید کننده ۳۶

۲-۱۰-۵ممانعت کننده های فاز بخار ۳۶

۲-۱۰-۶ بازدارنده های خطرناک و بی خطر ۳۷

۲-۱۰-۷ بازدارنده های کاتدی و آندی ۳۷

۲-۱۰-۸ بازدارنده های آلی و معدنی ۳۸

۲-۱۱عوامل موثر در باز دارندگی ۳۸

۲-۱۲پلیمرهای رسانا ۴۰

۲-۱۲-۱ کاربرد پلیمرهای رسانا ۴۱

۲-۱۳ پلی آنیلین ۴۱

۲-۱۳-۱ ساختارشیمیایی پلی آنیلین ۴۲

۲-۱۳-۲ روشهای سنتز پلی آنیلین ۴۴

۲-۱۳-۳ کاربرد پلی آنیلین ۴۵

۲-۱۳-۴ معایب پلی آنیلین ۴۷

فصل سوم مواد ، روشها وتحلیل نتایج

۳-۱مواد ۴۹

۳-۲روشهای تجربی ۴۹

۳-۲-۲ روش**EIS** برای بررسی پدیده خوردگی ۵۰

۳-۳مدار الکتریکی برای شبیه سازی رفتار ضدخوردگی پوشش ۵۲

۳-۳-۱ مدار الکتریکی برای پوشش سالم ۵۲

۳-۳-۲مدار الکتریکی برای پوشش درحال خوردگی با مکانسیم نفوذی ۵۴

۳-۳-۳مدار الکتریکی برای پوشش درحال خوردگی با مکانسیم سنتیکی ۵۵

۳-۳-۴ استفاده از المان **CPE** ۵۶

عنوان **صفحه**

۳-۳-۵ روش اندازه گیری
EIS..... ۵۶
۳-۴ نتایج مدلسازی..... ۶۳
۳-۵ بررسی پارامترهای خوردگی بازمان..... ۶۷
۳-۵-۱ بررسی تغییرات مقاومت حفرات برحسب زمان..... ۶۸
۳-۵-۲ بررسی تغییرات مقاومت انتقال بار برحسب زمان..... ۶۹
۳-۵-۳ بررسی تغییرات ظرفیت خازنی پوشش برحسب زمان..... ۷۲
۳-۵-۴ بررسی تغییرات لایه دوگانه خازنی برحسب زمان..... ۷۳
۳-۵-۵ بررسی توان عنصرثابت فازی برحسب زمان..... ۷۴
۳-۶ بررسی پارامترهای خوردگی با تغییر غلظت..... ۷۶
۳-۶-۱ بررسی تاثیر غلظت برمقاومت حفرات..... ۷۶
۳-۶-۲ بررسی تاثیر غلظت برمقاومت انتقال بار..... ۷۷
۳-۶-۳ بررسی تاثیر غلظت برظرفیت خازنی..... ۷۸
۳-۶-۴ بررسی تاثیر غلظت ظرفیت لایه دوگانه خازنی..... ۷۹
۳-۶-۵ بررسی تاثیر غلظت برتوان عنصرثابت فازی..... ۸۰
فصل چهارم نتیجه گیری و پیشنهادات
۴-۱ نتیجه گیری کلی..... ۸۱
۴-۲پیشنهادات..... ۸۲
منابع وماخذ..... ۸۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۱-۱) سری الکتروشیمیایی.....۹

جدول(۳-۱)نتایج پارامترهای مدلسازی خوردگی درمحلول نمکی با غلظت ۱/۵ %.....۶۴

جدول(۳-۲)نتایج پارامترهای مدلسازی خوردگی درمحلول نمکی با غلظت ۳/۵ %.....۶۵

جدول(۳-۳)نتایج پارامترهای مدلسازی خوردگی درمحلول نمکی با غلظت ۵ %.....۶۶

جدول(۳-۴)مکانسیم خوردگی برای پوشش های دارای یک درصد پلی آنیلین.....۶۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱) ساختمان شیمیایی ایده آل اپوکسی ساده (اکسید اتیلین).....۲۷

شکل (۲-۲) ساختمان شیمیایی ایده آل نوعی اپوکسی (دی گلیسیدیل اتر بیسفنل **A**).....۲۸

شکل(۲-۳) ساختارپیش پلیمر اپوکسی.....۲۹

شکل(۲-۴) واکنش سخت شدن رزین اپوکسی درمجاورت آمین ها.....۲۹

شکل(۲-۵) واکنش سخت شدن رزین اپوکسی درمجاورت دی اسید ها.....۲۹

شکل(۲-۶) ساختمانهای رزونانسی آنیلین و تشکیل دیمرهای اولیه در ضمن اکسیداسیون.....۴۳

شکل (۲-۷) فرمهای متفاوت پلی آنیلین..... .....۴۳

شکل (۲-۸) تشکیل فرم ES بواسطه اکسیداسیون و پروتونه شدن فرمهای LB و EB.....۴۴

شکل(۲-۹) تبدیل فرمهای متفاوت پلی آنیلین به یکدیگر..... .....۴۹

شکل(۳-۱) عکس TEM گرفته شده از نانو ذرات پلی آنیلین..... .....۵۱

شکل(۳-۲)مدارساده الکتروشیمیایی..... .....۵۳

شکل(۳-۳) مدارالکتریکی زمانیکه فرکانس به سمت بی نهایت میل کند.....۵۳

شکل(۳-۴) مدارالکتریکی زمانیکه فرکانس به سمت صفرمیل کند.....۵۳

شکل(۳-۵) مدارالکتریکی باعنصرواربوگ دار.....۵۴

شکل(۳-۶) سیستم الکتریکی با مدار دو حلقه ای.....۵۵

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار(۳-۱) نمودار بد برای مدارالکتریکی ساده..... ۵۱

نمودار(۳-۲) نمودار نایکوئیست برای مدارالکتریکی ساده..... ۵۲

نمودار(۳-۳) نمودار نایکوئیست عنصرواربورگ دار..... ۵۳

نمودار(۳-۴) نمودار نایکوئیست از ابتدای غوطه وری تا روز ۲۱ام با غلظت ۱/۵ %..... ۵۳

نمودار(۳-۵)نمودار نایکوئیست از روز ۲۱ام تا روز ۱۱۰ام با غلظت ۱/۵ %..... ۵۳

نمودار(۳-۶)نمودار بد درابتدای غوطه وری تا روز ۲۱ام با غلظت ۱/۵ %..... ۵۴

نمودار (۳-۷)نمودار بد از روز ۲۱ ام تا روز ۱۱۰ ام با غلظت ۱/۵ %..... ۵۵

نمودار (۳-۸)نمودار نایکوئیست تا روز ۲۱ ام باغلظت ۳/۵ %..... ۵۷

نمودار (۳-۹)نمودار نایکوئیست از روز ۲۱ ام تا روز ۱۱۰ ام با غلظت ۳/۵ %..... ۵۷

نمودار (۳-۱۰)نمودار بد نمودارازابتداغوطه وری تا روز ۲۱ ام باغلظت ۳/۵ %..... ۵۸

نمودار (۳-۱۱)نمودار بد ازروز ۴۲ ام تا روز ۱۱۰ام با غلظت ۳/۵ %..... ۵۸

نمودار (۳-۱۲)نمودار نایکوئیست ازابتداغوطه وری تا روز ۲۱ با غلظت ۵%..... ۵۸

نمودار (۳-۱۳)نمودارنایکوئیست ازروز ۴۲ ام تا روز ۱۱۰ام با غلظت ۵%..... ۵۹

نمودار (۳-۱۵)نمودار بد از روز ۴۲ام تا روز ۱۱۰ام با غلظت ۵%..... ۵۹

نمودار(۳-۱۶) تغییرات مقاومت حفرات برحسب زمان با غلظتهای ۱/۵ % ، ۳/۵% ، ۵%..... ۶۰

نمودار(۳-۱۷)تغییرات مقاومت انتقال بار برحسب زمان با غلظتهای ۱/۵ % ، ۳/۵ % ، ۵%..... ۶۰

نمودار(۳-۱۸)تغییرات **(cc)**برحسب زمان باغلظتهای ۱/۵% ،۳/۵% ،۵%..... ۶۱

نمودار(۳-۱۷)تغییرات مقاومت انتقال با برحسب زمان با غلظتهای ۱/۵ % ، ۳/۵ % ، ۵%..... ۶۱

نمودار(۳-۱۸)تغییرات (**cc**)برحسب زمان باغلظتهای ۱/۵% ،۳/۵% ،۵%..... ۶۱

نمودار(۳-۱۹)تغییرات **(cdl)**برحسب زمان باغلظتهای ۱/۵% ،۳/۵% ،۵%..... ۶۲

نمودار(۳-۲۰)تغییرات عنصرثابت فازی برحسب زمان باغلظتهای ۱/۵% ،۳/۵% ،۵%..... ۶۲

عنوان **صفحه**

نمودار (۳-۲۱)تغییرات مقاومت حفرات بر حسب غلظت در محلول خوردنده نمکی.....۷۰

نمودار (۳-۲۲)تغییرات مقاومت انتقال بار بر حسب غلظت در محلول خوردنده نمکی.....۷۱

نمودار (۳-۲۳)تغییرات ظرفیت خازنی بر حسب غلظت در محلول خوردنده نمکی.....۷۳

نمودار (۳-۲۴) تغییرات لایه دوگانه خازنی بر حسب غلظت در محلول خوردنده نمکی.....۷۵

نمودار (۳-۲۵)تغییرات توان عنصرثابت فازی بر حسب غلظت درمحلول خوردنده نمکی.....۷۹

چکیده

در این مطالعه اثر ضد خوردگی پوشش های پلیمری هوشمند پلی آنیلین بر پایه رزین اپوکسی استر مورد بررسی قرارگرفته است. از آنجایکه خوردگی یک فرآیند خودبخودی است درلغت به معنای جویده و گازگرفته شده است که براساس محل و چگونگی مشاهده عوامل به سطح فلز به انواع مختلفی تقسیم می شوند، که از آن جمله می توان به خوردگی یکنواخت، خوردگی گالوانیکی، خوردگی شیاری، خوردگی حفره ای، خوردگی تنشی، خوردگی سایشی، خوردگی بین دانه ای و... اشاره کرد.

پلی آنیلین یکی از قدیمی ترین پلیمرهای رسانای مصنوعی است که هدایت الکتریکی بالای آن توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. در این بررسی پلی آنیلین به عنوان پلیمر رسانا با استفاده از روش طیف سنجی با مقاومت ظاهری بالا الکتروشیمیایی EIS مورد بررسی قرارگرفته است. در ابتدا پلی آنیلین با موفقیت از طریق پلیمزاسیون معکوس که منجر به نانو ذرات کروی با قطر متوسط کمتر از ۳۰ نانو متر می شود سنتز گردیده است. استفاده از پوشش، روکش یا لایه های محافظ به منظورهای گوناگون و در راس آنها جهت ایجاد مانع و جدایی بین اجسام و محیط اطراف از زمانهای بسیار قدیم معمول و مرسوم بوده است از بین پوشش های مختلف پوشش اپوکسی استر برای این مطالعه مورد استفاده قرارگرفته است. یکی از راههای جلوگیری از خوردگی استفاده از ممانعت کننده مناسب است.ممانعت کننده موادی هستند وقتی به مقادیر کم به یک محیط خورنده اضافه شوند، سرعت خوردگی را کم می کنند. بازدارنده مورد استفاده در این فرآیند سولفوریک اسید است. عملکرد ضد خوردگی پوششهای آماده شده با استفاده از اندازه گیری EIS درمحلول نمکی با غلظت های های ۱/۵% ،۳/۵ % و ۵% Nacl در مدت زمان ۱۱۰ روز مورد مطالعه قرارگرفته است. طیف EIS ثبت شده دقیقا با استفاده از نرم افزارهای Zview و NOVA و EXCELL تجزیه وتحلیل گردیده است. از نمودارهای رسم شده نتایج مفیدی در زمینه مکانسیم خوردگی پوشش ها وپارامترهای خوردگی مانند مقاومت حفرات، مقاومت محلول، ظرفیت خازنی پوشش وزیر لایه های تشکیل شده مورد ارزیابی قرارگرفته است.

نتایج نشان دهنده بهترین رفتار ضد خوردگی در محلول نمکی با غلظت ۳/۵ درصد Nacl می باشد.

کلمات کلیدی : خوردگی ، هوشمند ، پلی آنیلین ، بازدارنده

۱- فصل اول مقدمه ای بر خوردگی

۱-۱ خوردگی [1]

خوردگی یک فرآیند خودبخودی که درلغت به معنای جویده و گازگرفته شده است. پدیده خوردگی ماهیت الکتروشیمیایی دارد. یعنی واکنش شیمیایی، که الکترون از یک جز به جز دیگرمنتقل می شود. برخی از محقیقین تخریب نافلزات رانیز یک نوعی خوردگی میدانند، برخی دیگر آنها را دراین دسته جای نمیدهند، مثلا چوب ممکن است متورم وشکسته شود ولی خورده نمی شود. بعبارتی خوردگی عبارت است از تخریب فلز در اثر واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی بین فلز و محیط اطراف آن (یا تاثیر شیمیایی محیط اطراف برفلزات را خوردگی می گویند).

استاندارد ایزو۸۰۴۴ خوردگی را به این صورت تعریف می کند:

واکنش فیزیکی- شیمیایی متقابل بین فلز ومحیط اطرافش که معمولا دارای طبیعت الکتروشیمیایی است و نتیجه اش تغییر در خواص فلز می باشد. در این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن عملکرد فلز محیط یا دستگاهی شود که این دو قسمت ازآن تشکیل میدهند.

ازکهن ترین آثار خوردگی می توان به دیوار آهنی قفقاز مربوط به دوره کوروش هخامنشی که از مس ساخته شده بود اشاره کرد.

۱-۲ مکانیزم خوردگی

واکنش های خوردگی بصورت دو نیم واکنش کاتدی و آندی صورت می گیرد.

۱. نیم واکنش آند یا آزادشدن الکترون

$$\mathbf{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}}$$

۲. نیم واکنش کاتد یاگرفتن الکترون

$$\frac{1}{2}O2 + H2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$$

اگر یک سطح فلز آهن را در مجاورت اتمسفر هوا و آب در نظر بگیریم محصول خوردگی

[1] Corrosion

بصورت زیر خواهد بود.

$$\frac{1}{2}O_2 + Fe + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe_2O_3$$

۱-۳ عوامل موثر در واکنش های خوردگی

مهم ترین عوامل که در واکنش های خوردگی دخالت موثر دارند، عبارت است از :

۱-۳-۱ درجه حرارت

افزایش دما موجب افزایش میزان و سرعت خوردگی می شود[۱]، حتی زمانی که دمای قسمت های مختلف از قطعه ی معینی، متفاوت باشد و عموما آن قسمت که دمایش بالاتر است، نسبت به سایر نقاط آندتر می گردد.

۱-۳-۲ اختلاف پتانسیل

در حالتی که فلزات غیر هم جنس و متصل به هم در محیط الکترولیت مشترکی قرار گرفته باشند، به علت اختلاف پتانسیل موجود بین دو الکترود (مثلا ۲ فلز روی و آهن در آب نمک)، فلزی که در جدول سری گالوانیکی بالاتر است ،آند می باشد و خورده می شود و فلز دیگر حفاظت خواهد شد.

۱-۳-۳ عملیات حرارتی

اعمال عملیات حرارتی، رفتار خوردگی در مورد سطوح صیقلی و تمیز فلزات نسبت به سطوح زبر و خشن و یا سطوحی با فیلم های سطحی و یا دیگر مواد خارجی، به شدت تغییر می کند.

۱-۳-۴ سرعت

اثرات تخریبی ساییدگی مکانیکی به تنهایی مورد بحث نیست، ولی چون فیلم های اولیه ی خوردگی (که در اغلب موارد مانع پیشرفت خوردگی می باشد)، به دلیل ساییدگی از بین می رود و سطح فلزی لخت و فعال مجددا در معرض خوردگی های بعدی قرار می گیرد، از این رو مورد بررسی و توجه می باشد.

۱-۳-۵ تشعشع

در این زمینه بررسی ها و تحقیقات کمتری صورت گرفته و اطلاعات چندان کاملی در دست نیست، البته درباره صدمات ناشی از محیط های حاوی تشعشعات اتمی بر روی فلزات، آزمایش های انجام گرفته نشان داده است که در چنین شرایطی میزان و شدت خوردگی افزایش می یابد.

۱-۳-۶ ناخالصی محیطی

وجود ناخالصی های مختلف در محیط، عامل بسیار مهمی است و اثرات گوناگونی بر روی نحوه و میزان خوردگی می گذارد.

۱-۳-۷ زمان

اثرات و صدمات خوردگی معمولا نسبت به زمان افزایش می یابد. در برخی حالات بین آنها رابطه ی خطی وجود دارد. البته شرایطی نیز وجود دارد که میزان خوردگی نسبت به زمان کاهش پیدا می کند.

۱-۳-۸ تنش

تخریب مواد و قطعات صنعتی در شرایطی که تحت تاثیر تنش های کششی است و در معرض محیط های خورنده نیز قرار می گیرد. مخصوصا زمانی که تنش ها در حدود (یا بیش از) حد ارتباعی آنها باشد.

۱-۳-۹ فشار

بررسی ها و مطالعات نشان داده است که فشار عامل موثری در روی واکنش ها ی شیمیایی و اکسید اسیون مواد می باشد. از این رو لازم است به دقت مورد توجه قرار می گیرد.

۱-۳-۱۰ خواص فلزی

توجه به خواص و مشخصات متالورژیکی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. ساختمان بلوری، مرز دانه ها، خواص مکانیکی اختصاص فلزات و آلیاژها، روش های ریخته گری، عملیات حرارتی و ترکیب شیمیایی آلیاژها از عوامل مهم و موثری است که باید مد نظر قرار گیرد.

۱-۳-۱۱ سایر عوامل

وجود برخی عوامل و شرایط محیطی، باعث پیچیدگی های زیاد در بررسی مطالعات خوردگی

می شود، ازجمله:

الف) اختلاف دمیدگی (هوا دهی) در سطوح تماس با الکترولیت سبب ایجاد مناطق آندی و کاتدی می گردد.

ب)اختلاف غلظت (یا اختلاف در pH) در نقاط مختلف سطوح فلزی که در محیط الکترولیت یا خورنده قرار گرفته باشد ، سبب ایجاد مناطق آندی و کاتدی می شود.

ج) اثرات بیولوژیکی و وجود ماکروارگانیسم ها، در روند خوردگی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته و صدمات آنها آشکار شده است. در برخی موارد با ایجاد لایه ها یا موانعی در سطوح فلزات ، سبب تولید پیل های اختلاف غلظتی می شود و در مواردی دیگر با جذب هیدروژن از سطح فلز و لذا حذف آن به عنوان یک عامل مقاوم در پیل ها خوردگی منجر به انهدام فلزات می گردد. از جمله باکتری های احیاء کننده سولفات(SRB) که تولید سولفارهای آهن در مناطق نزدیک به نقاط کاتدی نموده و منجر به تسریع یا تشدید خوردگی می شود.

۱-۴ اهمیت خوردگی

برآوردی که در مورد ضررهای خوردگی انجام گرفته، نشان می‌دهد سالانه هزینه تحمیل شده از سوی خوردگی، بالغ بر ۵ میلیارد دلار است. بعنوان مثال هزینه های خوردگی در خودروها (سیستم سوخت، رادیاتور، اگزوز، و بدنه) در حدود میلیاردها دلار است. بیشترین ضررهای خوردگی، هزینه‌هایی است که برای جلوگیری از خوردگی تحمیل می‌شود. به هر ترتیب خوردگی زیان اقتصادی عظیمی است و برای کاهش آن کارهای زیادی می توان انجام داد. برخی خسارات ناشی از خوردگی عبارتند از : ظاهر نامطلوب (مثلا خوردگی رنگ خودرو)، مخارج تعمیرات و نگهداری و بهره برداری، خواباندن کارخانه، آلوده شدن محصول، نشت یا از بین رفتن محصولات با ارزش (مثل نشت مخازن حاوی اورانیوم)، اثر بر امنیت و قابلیت اعتماد. جدا از مخارج مستقیم بودجه ای، خوردگی یک مشکل جدی است زیرا باعث تمام شدن منابع طبیعی می گردد[۲] .

خوردگی سبب خسارت به تجهزاتی مانند لوله ها، مخزنها، کشتی ها و پل ها می شود لذا سالانه باید هزنیه های بسیاری صرف جایگزینی ، رنگ کردن و محافظت از این تجهیزات شود. مثلا نمک پاشی سطح جاده ها برای جلوگیری از یخ زدگی سبب خسارت زیادی به وسایل نقلیه، پلها و جاده ها می شود. در سال ۱۹۷۸ در یک تحقیق نشان داده شد که خسارت ناشی از خوردگی در امریکا سالانه حدود ۷۰میلیارد دلار معادل ۴/۲ درصد ازتولید ناخالص ملی آنهاست که با استفاده از روشهای موثر می توان تا ۱۵% از این خسارات جلوگیری کرد.

علاوه براین، هزنیه های غیر مستقیم اقتصادی نیز بواسطه خوردگی بوجود می آید.

- مثل از کار انداختن و راه اندازی مجددیک خط تولید
- اتلاف محصولات از طریق تجهیزات آسیب دیده
- پایین آمدن کارایی سیستم
- آلودگی محیط زیست
- هزنیه های طراحی مجدد و پیش بینی شرایط خوردگی

بعضی از تجهیزات مانند نیروگاه های هسته ای، تانک های ذخیره تحت فشار ،بال هواپیما ویا خطوط انتقال مواد سمی موضوع ایمنی در آنها اهمیت دارد.

خوردگی علاوه بر اتلاف فلزات سبب اتلاف آب، انرژی ونیروی انسانی[۱]می شود.

۱-۵ انواع خوردگی

خوردگی براساس محل و چگونگی مشاهده عوامل به سطح فلز به انواع مختلفی تقسیم می شوند.

۱-خوردگی یکنواخت
۲-خوردگی گالوانیکی
۳-خوردگی شیاری
۴-خوردگی حفره ای
۵- خوردگی تنشی
۶-خوردگی سایشی
۷- خوردگی بین دانه ای

مقاومت خوردگی یک فلز خالص معمولاً بهتر از فلز ناخالص است، اما فلزات خالص معمولاً گران تر بوده و نسبتاً نرم و ضعیف هستند[1]. تغییر محیط خورنده یک روش عمومی برای تقلیل خوردگی است .

۱-۵-۱ خوردگی یکنواخت[1]

معمول ترین نوع خوردگی است که در بین مواد رخ می دهد. فرآیندهای خوردگی یکنواخت بسیاری از پدیده های خوردگی را در ارتباط با علم و مهندسی خوردگی در بر می گیرد. این خوردگی توسط یک واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی که بطور یکنواخت در سرتاسر سطحی که در تماس با محلول خورنده قرار دارد، دیده می شود و هیچ مکانی به مکان دیگر ارجح نمی باشد، مانند؛ زنگ زدن فولاد فلز مورد نظر نازک و نازک تر شده و در پایان کاملا فلز و یا تجهیزات مورد نظر از بین

[1] Uniform Corrosion

رفته و تخریب می شود. مانند خورده شدن قطعه فولادی یا روی در محلول اسید سولفوریک. نکته قابل ذکر این است که این خوردگی از لحاظ اقتصادی و میزان فلز خورده شده اهمیت داشته و بالاترین رقم را دارد ولی از نقطه نظر فنی چندان اهمیت ندارد زیرا می توان با آزمایش های ساده ای، عمر تجهیزات مصرفی را دقیقا محاسبه کرد. این خوردگی را می توان با انتخاب مواد و پوشش مناسب، ممانعت کننده ها و یا با استفاده از حفاظت کاتدی، حفاظت آندی، اعمال پوشش، تغییر در ساختار فلز متوقف یا کم کرد [۲].

۱-۵-۲ خوردگی گالوانیکی[1]

از نوع خوردگی الکتروشیمیایی می باشد. زمانی که دو فلز غیر هم جنس در تماس با یکدیگر و در یک محیط هادی یا خورنده قرار بگیرند، اختلاف پتانسیل بین آن دو موجب برقراری جریان الکترون بین آنها می شود. در مقایسه با حالتی که این دو فلز در تماس یکدیگر نیستند، خوردگی فلزی که مقاومت کمتری دارد، افزایش یافته و برعکس، خوردگی فلز مقاوم تر، کاهش می یابد. از نظر خوردگی در کوپل گالوانیکی، فلز مقاوم تر کاتدی شده و فلز با مقاومت کمتر، آندی می شود، فلز کاتدی معمولا یا خورده نمی شود یا خیلی کم دچار خوردگی می شود.

سه شرط اساسی وقوع خوردگی گالوانیکی :

- وجود دو فلز ناهمسان از لحاظ الکتروشیمیایی
- وجود مسیر هدایت الکتریکی بین دو فلز
- وجود مسیر هادی برای آنیون های فلزی جهت حرکت از فلز آندتر به فلز کاتدتر که اگر هر یک از شرایط فوق موجود نباشد، خوردگی گالوانیکی رخ نمی دهد.

عوامل موثر بر خوردگی گالوانیکی

نیروی الکتروموتوری (EMF) و سری گالوانیکی

پتانسیل بین فلز در تماس با محلول حاوی تقریبا یک اتم گرم یون فلز مربوطه، در یک درجه حرارت ثابت اندازه گیری شده و در جدول نیروی الکتروموتوری ثبت می شود. در این جدول ترتیب قرار گرفتن فلزات مختلف نسبت به یکدیگر نشان داده می شود که برای سادگی، کلیه پتانسیل ها نسبت به یک الکترود مرجع (H_2/H^+) که به دلخواه صفر در نظر گرفته می شود، سنجیده می شود.

نکته مهم اینکه دو تفاوت بین سری گالوانیکی و EMF وجود دارد:

سری گالوانیکی هم برای عناصر هم آلیاژها به کار می رود در حالی که سری الکتروموتوری

[1] Galvanic Corrosion