



الله محمد

احمد بن محمد بن ابي اسحاق  
المصطفى المصطفى  
لا اله الا الله  
محمد بن عبد الله  
غلام المعصوم  
صلى الله عليه وسلم  
فلا اله الا الله



دانشگاه پیام نور

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی تجزیه

گروه شیمی

دانشکده علوم

عنوان پایان نامه:

سنتر نانوذرات ضدخوردگی پلی آنیلین و بررسی آن به روش‌های الکتروشیمیایی و اسپکتروسکوپی سطحی

اساتید راهنما

دکتر نیلوفر بهرامی پناه

دکتر محمود پایه قدر

استاد مشاور

مهندس معصومه شربت داران

نگارش

حسن نورکجوری

بهمن ۱۳۸۸



## چکیده:

نانوذرات پلی آنیلین در یک فرآیند پلیمریزاسیون امولسیون و با استفاده از آنیلین به عنوان مونومر، دودسیل بنزن سولفونیک اسید (DBSA) به عنوان فعال سطحی، بنزوئیل پراکسید (BPO) به عنوان اکسیدکننده و تارتاریک اسید به عنوان دوپ شونده سنتز شد. اثر غلظت مواد اولیه و افزودنی ها در کارایی کمی و کیفی سنتز و خواص ذرات پلیمری حاصل مورد بررسی قرار گرفت تا بهینه شرایط سنتز نانوذرات پلی آنیلین به دست آید. محلول امولسیونی حاصل از امتزاج محلول آبی DBSA و محلول آلی BPO در شرایط هم زدن شدید، موجب تشکیل مایسل های مناسبی می شود تا با افزودن قطره ای و آرام محلول آبی آنیلین و تارتاریک اسید، نانوذرات پلی آنیلین درون مایسل ها تولید شوند و این درحالی است که افزودن یک باره و سریع، تشکیل ذرات پلی آنیلین بزرگ را موجب می شود به علاوه این که مونومرهای آنیلین زمان کافی برای ورود به درون مایسل ها را نیافته و در فاز آبی باقی می ماند. خواص ساختاری پلی آنیلین به وسیله طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) و آنالیز حرارتی (-TGA DSC) بررسی شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) ذرات پلی آنیلین حاصل در شرایط بهینه، نشان دهنده مورفولوژی نانوکروی است. با استفاده از طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) علاوه بر تعیین ساختار زنجیر پلیمر اندازه ذرات ۶-۱۴ نانومتر به دست آمد. خواص ضد خوردگی این نانوذرات با روش مستقیم (dc) الکتروشیمیایی (آزمون تافل) طی زمان غوطه وری پنل های کربن استیل در سوسپانسیونی از کلرید سدیم ۳/۵ درصد و پلی آنیلین ۱ درصد بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل، برای سنتز بهترین نانوذرات پلی آنیلین، نسبت بهینه فعال سطحی به مونومر ۰/۸ و نسبت بهینه اکسیدکننده به مونومر ۰/۷۵ و نسبت بهینه دوپ شونده به مونومر ۲/۵ به دست آمد. نانوذرات به دست آمده علاوه بر دارا بودن کوچکترین اندازه، دارای کمترین دانسیته جریان خوردگی در آزمایشات الکتروشیمیایی بر روی پنل های کربن استیل می باشند.

کلید واژه: پلیمریزاسیون امولسیونی، نانوذرات پلی آنیلین، ضد خوردگی.



| صفحه | فهرست عناوین   |
|------|--|
| ۱    | فصل اول: مقدمه.....  |
| ۲    | تاریخچه پلی آنیلین.....  |
| ۵    | ۱-۱- ذرات ضد خوردگی پلی آنیلین.....                            |
| ۶    | ۱-۲- ساختار های مختلف پلی آنیلین.....                          |
| ۹    | ۱-۳- مکانیسم حفاظت از خوردگی پلی آنیلین.....                   |
| ۱۱   | ۱-۴- روش های سنتز ذرات ضد خوردگی پلی آنیلین.....               |
| ۱۲   | ۱-۵- روش های پلیمریزاسیون ذرات پلی آنیلین.....                 |
| ۱۲   | ۱-۵-۱- پلیمریزاسیون رسوبی.....                                 |
| ۱۲   | ۱-۵-۲- پلیمریزاسیون سوسپانسیونی.....                           |
| ۱۳   | ۱-۵-۳- پلیمریزاسیون امولسیونی.....                             |
| ۱۸   | ۱-۵-۴- روش میکروامولسیون معکوس.....                            |
| ۱۸   | ۱-۶- برتری نانوذرات.....                                       |
| ۲۰   | فصل دوم: روش تجربی.....  |
| ۲۱   | ۲-۱- مواد شیمیایی.....   |
| ۲۲   | ۲-۲- دستگاه ها.....  |
| ۲۴   | ۲-۳- آماده سازی پنل های استیل کربنی.....                       |
| ۲۵   | ۲-۴- آماده سازی محلول آزمایشات الکتروشیمیایی.....              |
| ۲۶   | فصل سوم: نتایج و بحث.....                                      |
| ۲۷   | مقدمه.....   |
| ۲۹   | ۳-۱- پلیمریزاسیون امولسیونی ذرات پلی آنیلین.....               |
| ۳۲   | ۳-۲- اثر تغییر غلظت ماده فعال سطحی بر روی ذرات پلی آنیلین..... |
|      | ۳-۲-۱- اثر تغییر غلظت ماده فعال سطحی بر روی طیف های            |
| ۳۳   | زیر قرمز (FTIR) ذرات پلی آنیلین.....                           |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| ۳-۲-۲- | اثر تغییر غلظت ماده فعال سطحی بر رفتار ضد خوردگی ذرات پلی آنیلین | ۳۷  |
| ۳-۲-۳- | اثر تغییر غلظت ماده فعال سطحی بر میکروگراف های SEM               | ۴۰  |
| ۳-۲-۴- | بررسی الگوی پراش اشعه ایکس                                       | ۴۴  |
| ۳-۳-   | اثر تغییر غلظت ماده اکسید کننده (BPO) بر روی ذرات پلی آنیلین     | ۴۶  |
| ۳-۳-۱- | اثر تغییر غلظت ماده اکسید کننده (BPO) بر روی رفتار               | ۴۸  |
| ۳-۳-۲- | اثر تغییر غلظت ماده اکسید کننده (BPO) بر روی میکروگراف های SEM   | ۵۱  |
| ۳-۴-   | اثر تغییر غلظت دوپ شونده تارتاریک اسید بر روی ذرات پلی آنیلین    | ۵۵  |
| ۳-۴-۱- | اثر تغییر غلظت دوپ شونده تارتاریک اسید بر روی رفتار              | ۵۶  |
| ۳-۴-۲- | اثر تغییر غلظت دوپ شونده تارتاریک اسید بر روی میکروگراف های SEM  | ۵۹  |
|        | نتیجه گیری   | ۶۹  |
|        | پیشنهاد هایی برای آینده  | ۷۰  |
|        | مراجع  | ۷۱  |
|        | پیوست ها   |     |
|        | - طیف های نور سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR)                   | ۷۳  |
|        | - منحنی های تافل   | ۷۷  |
|        | - مقالات   | ۸۵  |
|        | چکیده انگلیسی  | ۱۰۹ |

# فصل اول

تاریخچه پلی آنیلین

(مقدمه)



## فصل اول: تاریخچه پلی آنیلین

### مقدمه:

خوردگی عبارت از اثر نابود کننده محیط اطراف بر روی فلز است و احتمالاً عادی ترین پدیده الکتروشیمی است که در زندگی روزمره تجربه می شود. مثال های متداول خوردگی شامل زنگ زدن آهن و فولاد، تیره شدن نقره و مس، تاول زدن و باد کردن پوشش کروم و رنگ روی بدنه اتومبیل ها و خارج شدن آب حاوی زنگ آهن از شیرهای آب و غیره است. خوردگی در صنعت مسئله مهمی است زیرا می تواند باعث ضعف در سازه های فلزی، از کارافتادگی کارخانه ها و آلودگی مواد غذایی شود. خوردگی معمولاً زیان آور است ولی گاهی نیز می تواند مفید باشد. حمله خوردگی روی مواد ساخته شده، آلودگی محیط با محصولات خوردگی و آسیب دیدن عملکرد یک سیستم مانند ماشین بخار که در آن ها هم جسم و هم محیط هر دو نقش دارند، خوردگی زیان آور است اما فرآیند های تجزیه قطعات فلزی کوچک مانند قوطی های خالی، اتومبیل های ازکارافتاده و واکنش بین فولاد و اسید فسفریک و ایجاد سطح فسفاتی مناسب برای رنگ آمیزی از خوردگی های مفید است. به طور کلی، خوردگی، یک فرآیند زیان آور است و سبب تخریب زیاد و نیز مشکلاتی در جامعه می شود. به طور کلی مشکلات ناشی از خوردگی در سه بخش زیر بررسی می شود:

### ۱- بی اعتمادی به عملکرد دستگاه ها:

به طور مثال از رده خارج شدن مخازن آب زیرزمینی، خوردگی وسایل مهم کنترل در دستگاه های الکترونیکی و نیز در اسکله های نفتی که در شرایط خورنده شدید کار می کنند، و خسارت خوردگی

در نیروگاه‌های هسته‌ای که سبب توقف پر خرج آن‌ها شده و در بعضی موارد از نظر ایمنی کاملاً غیرقابل پذیرش‌اند.

## ۲- از بین رفتن منابع طبیعی:

خوردگی سرانجام منجر به اتلاف انرژی می‌شود، زیرا در جریان تهیه فلز از سنگ‌های معدنی انرژی مصرف می‌شود. فرایند خوردگی، بازگشت فلز به شکل معدنی آن است بعلاوه محصولات خوردگی ممکن است به وسیله آب دریا و باد در سطح وسیع پراکنده شوند و بازیافت آن‌ها غیر ممکن می‌شود.

## ج- آسیب محیط زیست:

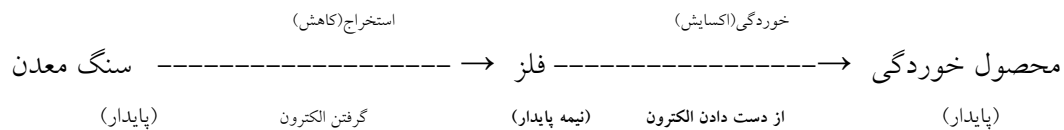
نشت مواد موجود در مخازن زیر زمینی به واسطه سوراخ شدن ناشی از خوردگی تهدیدی برای آب‌های زیر زمینی محسوب می‌شود.

کوشش‌های زیادی جهت ارزیابی هزینه‌های خوردگی در جوامع به عمل آمده که شامل هزینه اقدامات انجام شده جهت پیشگیری از خوردگی، جایگزین کردن قطعات صدمه دیده از خوردگی، و یا آثار ناشی از خوردگی نظیر توقف تولید یا حادثه منجر به خسارت به صاحبان تأسیسات است.

ارزیابیها نشان می‌دهد که هزینه خوردگی کل در یک سال در کشور های صنعتی مبلغی حدود ۴٪ درآمد ناخالص ملی است. قسمتی از آن اجتناب ناپذیر است زیرا از نظر اقتصادی امکان پیش بینی‌های لازم جهت حذف کامل خسارت خوردگی وجود ندارد ولی با بهره گیری از دانش روز می‌توان از میزان خسارت ها کم کرد. حدود ۱۵٪ هزینه خوردگی از این نوع است [۱].

## اصول اولیه خوردگی:

فلزات به طور معمولی در طبیعت به صورت سنگ معدن اکسیدی و سولفیدی یافت می‌شوند و در این حالت درجه اکسایش آنها نسبت به فلز آزاد بیشتر است. استخراج فلز از سنگ معدن شامل کاهش شکل اکسید شده به فلز آزاد است که باعث افزایش انرژی آزاد داخلی می‌شود. تمایل به اکسایش فلز نیز همان نیروی محرکه لازم برای انجام عمل خوردگی است و تقریباً در تمام فلزات به جز فلزات بسیار نجیب مانند طلا و پلاتین وجود دارد. مجموعه این فرآیند در رابطه زیر خلاصه شده است:

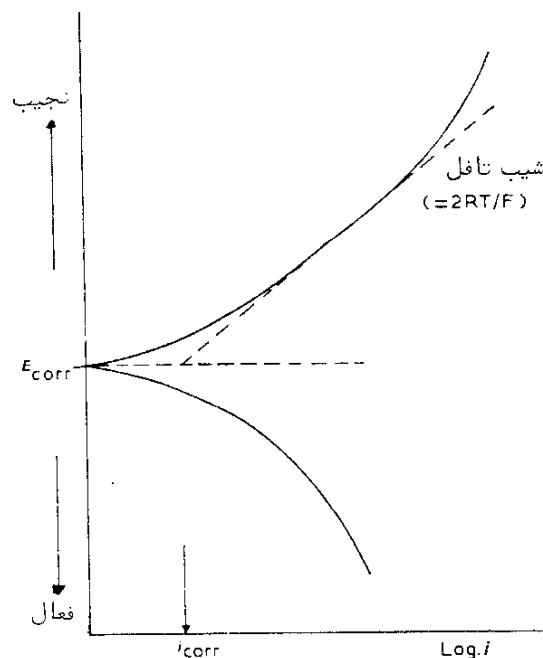


به دلیل این که اکثر سازه های فلزی از جنس آهن است و در محیط های خورنده به راحتی تخریب می‌شود لذا آزمایشات الکتروشیمیایی برای بررسی رفتار خوردگی و همچنین بررسی رفتار ضد خوردگی پلی‌آنیلین، بر روی پنل های کربن استیل انجام شده است. برای بررسی رفتار خوردگی از اندازه گیری قطبش پتانسیودینامیک یا همان آزمون تافل استفاده می‌شود. این اندازه گیری نشان دهنده تمایل فلز کربن استیل به پذیرش رفتار (فعال/ روئین شدن)<sup>1</sup> است. لذا با انجام آزمون ثبت جریان خوردگی با سیستم پتانسیواستات/گالوانواستات منحنی مشابه شکل ۱-۱ به دست می‌آید که با

---

<sup>1</sup> Active/Passive

رسم خط مماس بر منحنی غیر فعالسازی که شیب تافل خوانده می‌شود و تقاطع آن با خط افقی رسم شده از نقطه نشان دهنده پتانسیل خوردگی، میزان جریان خوردگی به دست می‌آید.



شکل ۱-۱- تعیین جریان خوردگی ( $i_{corr}$ ) و پتانسیل خوردگی ( $E_{corr}$ ) به وسیله منحنی تافل

### ۱-۱- ذرات ضد خوردگی پلی آنیلین

استفاده از بعضی پلیمرهای هادی به عنوان ماده‌ای مقاوم در برابر خوردگی فلزات از سه دهه پیش تاکنون مورد مطالعه و تحقیق می‌باشد [۲]. اثر حفاظتی پلیمرهای هادی در برابر خوردگی اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط منگلی [۳]، دبری [۴] و مک دیارمید [۵] پیشنهاد شد. از میان پلیمرهای هادی همچون پلی آنیلین، پلی پیرول، پلی تیوفن و پلی استیلن، پلی آنیلین به طور گسترده به عنوان ذرات ضد خوردگی استفاده می‌شود. از دلایل مهم این انتخاب، پایداری محیطی زیاد، سادگی و هزینه کم

ستز آن [۶،۲]، خواص اکسایش/کاهش<sup>۱</sup> منحصر به فرد آن [۷] و ایجاد فیلم های هادی نازک با چسبندگی بسیار خوب بر روی مواد پایه مختلف [۸، ۹] و در مجموع خواص الکتریکی، نوری و الکتروشیمیایی آن است. استفاده از ذراتی چون پلیمرهای هادی در پوشش های سطح به عنوان ماده ضدخوردنده و به عنوان جایگزین مناسب برای پوشش هایی از جنس فلزات سنگین و کاستن از خطرات زیست محیطی آن ها متداول شده است. ضعف اصلی این پلیمر های هادی فرآیند پذیری ضعیف در مراحل ذوب و فرآوری محلول است که آن هم به دلیل استحکام زنجیره اصلی می باشد. برای غلبه بر این ناکارآمدی، روش هایی چون واکنش های استخلافی زنجیر آکیل بر روی حلقه آروماتیک یا اتم نیتروژن، کوپلیمریزاسیون با مونومرهای آلیفاتیک، تهیه ترکیبات یا مواد مرکبی با دیگر پلیمرهای معمول و تهیه ذرات کلوئیدی پراکنده انجام شده است [۱۰].

#### ۱-۲- ساختارهای مختلف پلی آنیلین

پلی آنیلین یک عبارت کلی برای بعضی انواع پلیمر است که به طور کلی می تواند از آنیلین به روش های مختلف سنتز شود. پلیمر های حاصل از این سنتز ها در ساده ترین حالت ها شامل بخش های اکسیده و کاهیده به نسبت های مختلف است. همان گونه که در شکل ۱-۲ مشاهده می شود اولین حالت، امرالدین<sup>۲</sup> است که حالت نیمه اکسیدی پلی آنیلین است. حالت کاهیده آن لکو امرالدین<sup>۳</sup> و حالت

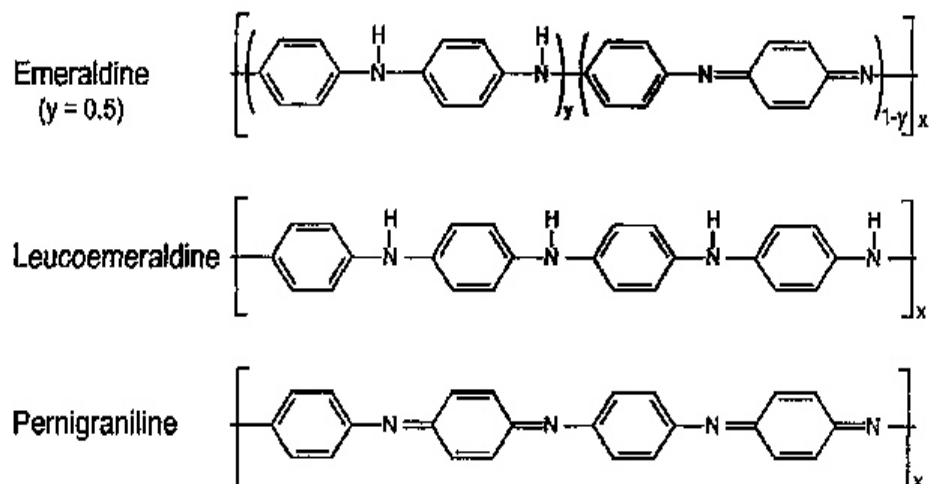
---

<sup>۱</sup> Redox

<sup>۲</sup> Emeraldine

<sup>۳</sup> Leucoemeraldine

اکسیدی آن پرنی‌گرانیلین<sup>۱</sup> است. باز امرالدین (EB)<sup>۲</sup> به تنهایی غیر هادی است ولی نوع دوپ شده آن هادی می‌شود.



شکل ۱-۲-گونه های مختلف پلی‌انیلین [۱۱].

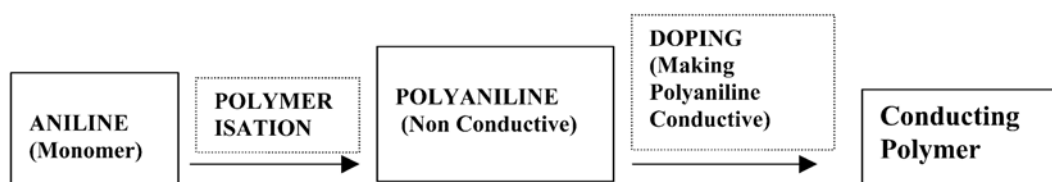
در فرآیند دوپ، حامل بار در روش شیمیایی به وسیله اسید و باز لوئیس و یا به روش الکتروشیمیایی به درون مولکول های پلیمر وارد می‌شود به طور معمول اسیدهای پروتون‌دار معدنی و آلی به عنوان دوپ‌شونده استفاده می‌شوند. پروتون دار شدن در همه گروه های ایمن انجام شده و کاتیون رادیکال های نسبتاً پایدار به دست می‌آید. کاتیون رادیکال مسئول هدایت الکتریکی بوده و بار آن به وسیله آنیون های مربوطه جبران می‌شود تا نهایتاً یک نمک امرالدین (ES)<sup>۳</sup> به دست آید. اسیدهای پروتون

<sup>۱</sup> Pernigraniline

<sup>۲</sup> Emeraldine Base

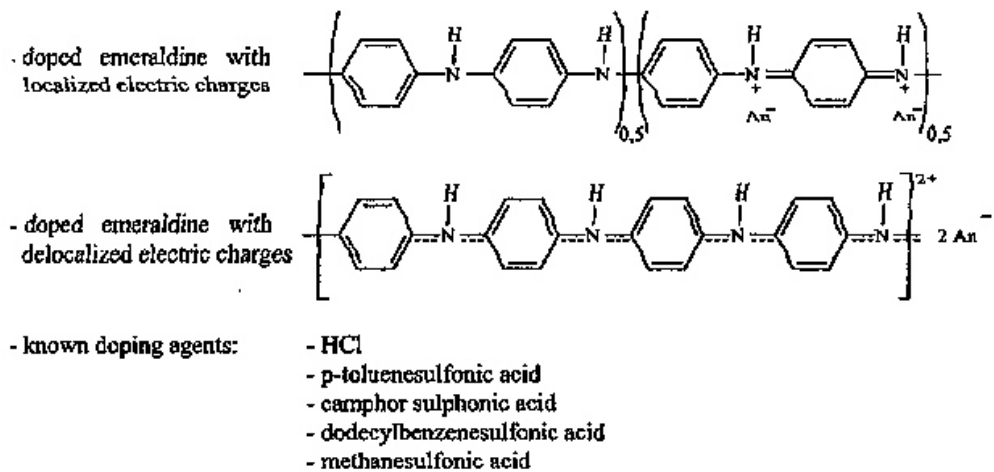
<sup>۳</sup> Emeraldine Salt

دار به عنوان تعیین کننده هدایت ES بوده و دارای انطباق پذیری و پایداری در زمینه پلیمری هستند. دوپ شونده های آلی به هدایت های الکتریکی کمتر منتهی شده ولی قابلیت انطباق با زمینه پلیمری را بهبود می بخشد. در شکل ۱-۳ به صورت نمادین مراحل تشکیل پلیمر های هادی ارائه شده است. در این شکل پلیمریزاسیون آنیلین موجب تشکیل پلی آنیلین غیرهادی می شود در حالی که افزودن دوپ شونده سبب ساخت پلی آنیلین هادی، که یک پلیمر هادی شناخته شده است، می شود.



شکل ۱-۳- مراحل فرآیند پلیمریزاسیون شیمیایی [۱۲].

دوپ شدن چنانچه به طور کافی و مناسب انجام شود، راه را برای تولید تجاری حالت های قابل استفاده پلی آنیلین و کاربردهای صنعتی آن هموار می کند [۱۱]. در شکل ۱-۴ حالت های مختلف امرالدین دوپ شده دارای بارهای الکتریکی مستقر و غیر مستقر و همچنین تعدادی از مواد دوپ شونده شناخته شده مشاهده می شوند.



شکل ۱-۴- دوپ شدن پلی آنیلین با اسیدهای پروتون دار [۱۱].

### ۳-۱ - مکانیسم حفاظت از خوردگی پلی آنیلین

بر اساس تئوری خوردگی فلز، بین سطح فلز و محلول الکترولیت، یک سطح مشترک خازن الکتریکی<sup>۱</sup> بوجود می‌آید. این مقدار ظرفیت الکتریکی دارای قابلیت انجام بعضی واکنش‌ها به همراه بعضی عوامل همانند حالت سطح فلز و اجزاء تشکیل دهنده محلول است. در لایه آهن-اکسید روئین<sup>۲</sup> یک لایه بار فضایی<sup>۳</sup> وجود دارد که به عنوان یک خازن الکتریکی جدید عمل می‌کند. ایجاد ظرفیت خازن الکتریکی جدید بین فلز و الکترولیت سبب شروع تشکیل یک لایه اکسید آهن غیر فعال می‌شود. در این زمان این ظرفیت خازن الکتریکی مرز جدایی متشکل از ظرفیت الکتریکی جدید بعلاوه ظرفیت خازن الکتریکی لایه مضاعف<sup>۴</sup> است با توجه به اینکه لایه بار فضایی، ظرفیت الکتریکی بسیار کمتری

<sup>1</sup> Electrical Capacitance Interface

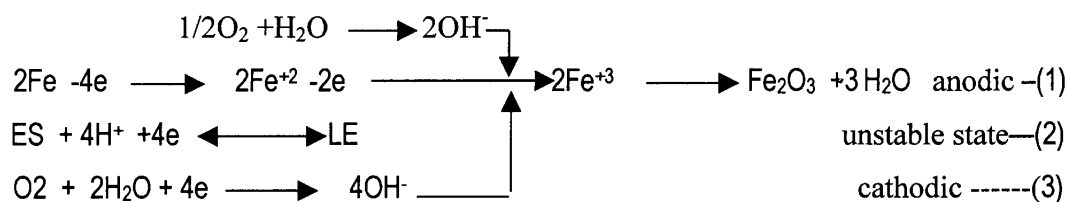
<sup>2</sup> Passive

<sup>3</sup> Space charge layer

<sup>4</sup> Double layer capacitance



از لایه مضاعف الکتریکی نشان می‌دهد لذا ظرفیت الکتریکی مرز جدایی به شدت کاهش می‌یابد [۱۳].



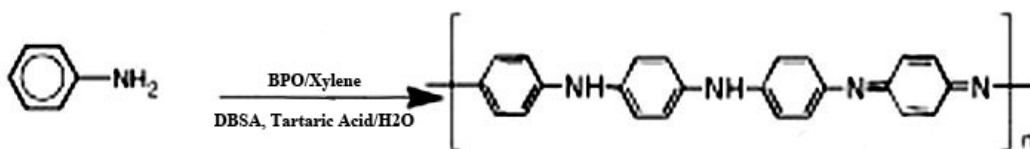
شکل ۱-۵- مکانیسم خوردگی در مرز جدایی فلز-الکترولیت [۱۲].

پلیمرهای هادی، حفاظت کاتدی ایجاد کرده و به عنوان یک سد فیزیکی در برابر عوامل مهاجم محیطی عمل می‌کنند. پلی‌آنیلین یک نمک کاتیونی پلی رادیکال است که با مولکول های بسیار قطبی مزدوج شده‌اند. این پلیمر هادی دارای حالت های اکسایش مختلف چون لکوآمرالدین (LE) (حالت بازی)، امرالدین (حالت بازی)، امرالدین پروتونه شده (ES) (حالت نمک) و پرنی‌گرانیلین (حالت بازی) است که از این میان تنها امرالدین پروتونه شده (ES) (حالت نمک) ذاتاً هادی است. به دلیل مکانیسم غیرفعال سازی فلز ناشی از اثر کاتالیستی اکسایش/کاهش پلی‌آنیلین، لایه های اکسیدهای فلزی روئین  $Fe_2O_3$  تشکیل شده و حفاظت در برابر خوردگی را فراهم می‌کند. قدرت اکسایش پلی‌آنیلین با نوع مواد دوپ شونده مشخص می‌شود [۱۲]. در نتیجه روئین کردن سطح فلز، مسئول فعالیت حفاظتی پلی‌آنیلین می‌باشد. نقش مهم تبدیل برگشت پذیر (امرالدین  $\leftrightarrow$  لکوآمرالدین) یا (نیمه اکسیدی  $\leftrightarrow$  احیایی) به واسطه روئین شدن فلزات مورد توجه است. ایده دیگر برای توضیح فعالیت حفاظت خوردگی پلی‌آنیلین بر مبنای خواص سدی و نفوذ پذیری انتخابی این پلیمر است. مقاومت

زیاد نسبت به نفوذ یون های خورنده، به ویژه در امرالدین دوپ نشده به عنوان مسئول حفاظت خوردگی استیل، مس و نقره توصیف شده اند [۱۱].

#### ۱-۴- روش های سنتز ذرات ضد خوردگی پلی آنیلین

پلی آنیلین به روش های شیمیایی و الکتروشیمیایی قابل سنتز است. شکل ۱-۲ واکنش شیمیایی تشکیل پلی آنیلین را از مونومر آنیلین ارائه می نماید. محصول واکنش از نوع نیمه اکسیدی امرالدین می باشد.



شکل ۱-۶- واکنش شیمیایی تشکیل پلی آنیلین از مونومر آنیلین

ذرات کلوئیدی پراکنده پلی آنیلین به وسیله روش های مختلفی تهیه شده است که عبارتند از پلیمریزاسیون آنیلین در مایسل<sup>۱</sup> [۱۵، ۱۴]، امولسیون<sup>۲</sup> [۱۷، ۱۶] و میکروامولسیون معکوس<sup>۳</sup> [۱۸] که به عنوان روش پلیمریزاسیون نامیده می شوند. روش موفق دیگر برای تهیه ذرات کلوئیدی پراکنده پلی آنیلین استفاده از پایدار کننده پلیمری به عنوان حد واسط واکنش است. علاوه بر روش های شیمیایی ذکر شده در بالا پلی آنیلین را می توان به روش انباشت الکتریکی بر روی سطوح فلزی تهیه

<sup>۱</sup> Micelle

<sup>۲</sup> Emulsion

<sup>۳</sup> Reversed Microemulsion

کرد که این موضوع کاربرد ذرات کلوئیدی پلی‌آنیلین را در حفاظت ضد خوردگی فلزات ثابت می‌کند [۱۹].

#### ۱-۵-۱- روش های پلیمریزاسیون ذرات پلی‌آنیلین

##### ۱-۵-۱-۱- پلیمریزاسیون رسوبی

ابعاد ذرات پلیمری سنتز شده با روش پلیمریزاسیون رسوبی ۱ الی ۲۰ میکرون بوده و پلیمریزاسیون در فاز محلول همگن شروع می‌شود. همچنان که زنجیر پلیمر رشد می‌کند جداسازی فاز به واسطه رسوب پلیمر به وقوع می‌پیوندد. به این ترتیب شروع واکنش پلیمریزاسیون در حالت همگن بوده و سپس به حالت غیر همگن تبدیل می‌شود. لذا در توده یا محلول، پلیمریزاسیون در فازهای محلول و جامد انجام می‌شود. اجزاء شرکت کننده در این نوع پلیمریزاسیون شامل: مونومر، حلال انتخابی و آغازگر<sup>۱</sup> قابل حل در حد واسطه واکنش اولیه‌اند [۲۰].

##### ۱-۵-۲- پلیمریزاسیون سوسپانسیونی

ابعاد ذرات پلیمری سنتز شده طی پلیمریزاسیون سوسپانسیونی ۰/۵ الی ۱۰ میکرون بوده و قطرات مونومر و آغازگر در فاز پیوسته‌ای معلق شده و سپس پلیمریزه می‌شوند. از به هم پیوستن قطرات به واسطه روش های زیر جلوگیری می‌شود:

- هم زدن (روش هم زدن تعیین کننده اندازه نیز است)

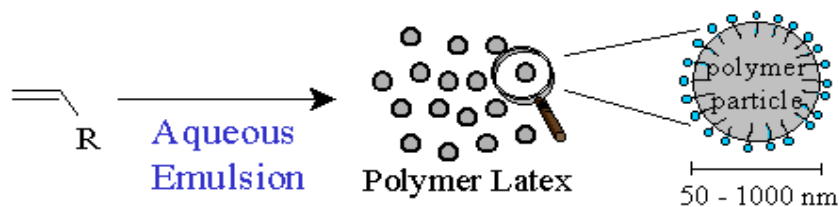
---

<sup>1</sup> Initiator

- استفاده از یک پایدار کننده (فعال سطحی<sup>۱</sup>، پراکنده ساز<sup>۲</sup> و اغلب امولسیفایر<sup>۳</sup> نیز نامیده می‌شود) اجزاء شرکت کننده در این نوع پلیمریزاسیون، مونومر (فاز غیر پیوسته)، فاز پیوسته (معمولا" آب)، آغازگر (قابل حل در مونومر) و پایدارکننده<sup>۴</sup> (اغلب کمتر از ۰/۱ درصد وزنی بدون امولسیون مایسلی) است.

### ۱-۵-۳- پلیمریزاسیون امولسیونی

ابعاد ذرات پلیمری سنتز شده به روش پلیمریزاسیون امولسیونی ۰/۱ الی ۱۰ میکرون بوده و پلیمریزاسیون در مایسل ها انتشار می‌یابد که ساختمان های پایداری از پایدار کننده، فعال سطحی یا امولسیفایر هستند که مونومر را احاطه می‌کنند و معمولا" در یک فاز پیوسته آبی حضور دارند. اجزاء شرکت کننده در این نوع پلیمریزاسیون مونومر، فاز پیوسته (معمولا" آب)، آغازگر قابل حل در آب (فاز پیوسته) و فعال سطحی (اغلب ۵-۱٪ وزنی - وزنی) هستند [۲۰]. در واقع کلید اصلی امولسیون و پلیمریزاسیون امولسیونی مایسل ها هستند. همان گونه که در شکل ۱-۷ نشان داده شده است، ذرات پلیمری درون ذرات مایسلی به ابعاد ۵۰ الی ۱۰۰۰ نانومتر تشکیل می‌شوند [۲۰].



شکل ۱-۷- نمایش پلیمریزاسیون امولسیونی [۲۰].

- 1 Surfactant
- 2 Dispersant
- 3 Emulsifier
- 4 Stabilizer