خوردگی دو فلزی (گالوانیکی)[1]

هدف

نشان دادن اثرات زوج گالوانیکی در خوردگی فلزات و بررسی برخی از پارامترهای موثر

تئوری

وقتی که دو فلز در داخل یک الکترولیت در تماس الکتریکی با یکدیگر قرار گیرند، خوردگی یکی از آنها در مقایسه با حالتی که به تنهایی در محیط خورنده (الکترولیت) باشد بیشتر خواهد بود. در این رابطه، سه پارامتر اهمیت دارد؛ پتانسیل (اختلاف پتانسیل) دو فلز در الکترولیت، سینتیک فرایند آندی و سینتیک فرایند کاتدی. تحت چنین شرایطی خوردگی

---

1 - Two - Metal (Galvanic) Corrosion

فلزی که پتانسیل الکترودی آن مثبت‌تر باشد کاهش یافته و خوردگی فلز دیگر (که پتانسیل الکترودی منفی‌تری داشته باشد) افزایش می‌یابد. سینتیک الکترودی واکنشها توسط نفوذ یونهایی که در کاتد الکترون می‌گیرند و آنهایی که در آند الکترون می‌دهند، انرژیهای اکتیواسیون لازم برای تخلیه الکتریکی[1] آنها، از دست دادن بار الکتریکی و همچنین مقاومت اهمی مسیر الکترولیت تعیین می‌شود.

تجهیزات و مواد لازم

۱) ورقه‌هایی به ابعاد تقریبی ۱۰۰mm × ۱۰ × ۲ از فلزات روی، آهن، آلومینیم، قلع، نیکل، مس و فولاد زنگ‌نزن

۲) الکترود مرجع کالومل یا نقره / نقره کلرید

۳) محلول ۳/۵ درصد سدیم کلرید هوا داده شده

۴) ولتمتر و آمپرمتر با حساسیت زیاد

۵) بشرهای یک لیتری، ۵ عدد

۶) سیم و وسایل اتصال (گیره‌های سوسماری ...)

۷) کاغذ سنباده و محلول گریس‌زدایی (استون و یا الکل)

روش انجام آزمون

الف) اندازه‌گیری پتانسیل الکترودها به تنهایی و در حالت زوج گالوانیکی

هر کدام از الکترودهای فلزی را پس از سنباده زدن، گریس زدایی، شستشو در آب و خشک کردن همراه با یک الکترود مرجع (کالومل یا نقره/نقره کلرید) در بشر حاوی محلول ۳/۵ درصد سدیم کلرید غوطه‌ور کرده و پتانسیل آن را اندازه بگیرید. با استفاده

1- Discharg

از اعداد به دست آمده پتانسیل پیلهای (زوجهای گالوانیکی) زیر را محاسبه کنید.

Sn/Fe Fe/ فولاد زنگ‌نزن Cu/Zn Al/Ni Zn/Fe

با داشتن اختلاف پتانسیل پیلهای یاد شده، مقادیر ΔG را برای هر کدام محاسبه کنید.

$$(\Delta G = -nF\Delta E) \qquad (۷)$$

مقادیر جریان برقرار شده بین دو فلز در شرایط اتصال کوتاه، معیاری از آهنگ خوردگی است. با استفاده از قانون فاراده و داشتن اختلاف پتانسیل پیل می‌توان نرخ انحلال آند را محاسبه کرد. محدودیت عمدهٔ این روش مربوط به مقاومت آمپرمتر می‌شود. این امر موجب می‌شود که در مقایسه با حالتی که دو فلز در اتصال کوتاه با یکدیگر باشند، جریان کمتری از مدار عبور کرده و لذا آمپرمتر عدد کمتری را نشان دهد. با استفاده از آمپرمتر با مقاومت داخلی صفر ($R \to ۰$) که موجب می‌شود بتوان جریان را با صفر بودن مقاومت مدار ($R \to ۰$) در آن اندازه‌گیری کرد، این محدودیت بر طرف می‌شود. زوجهای گالوانیکی یاد شده را تشکیل داده و با استفاده از یک آمپرمتر با مقاومت داخلی صفر جریان بر قرار شده بین آنها را پس از دو دقیقه اندازه بگیرید. این عدد معیاری از سینتیک فرایند خوردگی است. عدد به دست آمده (جریان) را به کاهش وزن (mdd) تبدیل کنید. آهنگ خوردگی را با استفاده از قانون فاراده می‌توان محاسبه کرد.

$$W = k.I.t \qquad (۸)$$

$$= \frac{M}{nF} \cdot It$$

که در این رابطه

W : وزن فلز خورده شده (گرم)

k : وزن اتمی فلز تقسیم بر nF

I : جریان عبور کرده از مدار (آمپر)

t : زمان مورد نظر (ثانیه)

n: تعداد الکترون آزاد شده در واکنش انحلال آندی فلز

F: ۹۶۵۰۰

M: وزن اتمی فلز

با استفاده از نتایج به دست آمده، تغییرات آهنگ خوردگی را بر حسب اختلاف پتانسیل برای زوجهای مختلف رسم کرده و نشان دهید که آیا رابطه‌ای بین ترمودینامیک و سینتیک وجود دارد یا نه.

ب) پیلهای Sn/Fe ، Fe/ فولاد زنگ‌نزن، Al/Ni ، Zn/Fe را در محلول سدیم کلرید ۳/۵ درصد تشکیل داده و با استفاده از یک ولتمتر دقیق اختلاف پتانسیل بین دوالکترود (آند و کاتد) را اندازه بگیرید. نتایج به دست آمده را با اختلاف پتانسیلهای محاسبه شده در بخش الف مقایسه کرده و اگر اختلافی وجود دارد، توضیح دهید.

ج) آزمون انجام شده در بخش الف و ب را برای آب شیر انجام دهید. اگر تفاوتی در نتایج به دست آمده وجود دارد توضیح دهید.

د) اندازه‌گیری کاهش وزن

نمونه‌هایی با ابعاد یکسان و تقریبی ۱۰۰mm × ۱۰ × ۲ از فولاد معمولی (۵ عدد)، مس، نیکل، آلومینیم، روی و فولاد زنگ‌نزن (هر کدام دو عدد) را سنباده زده، گریس‌زدایی کنید و پس از شستشو در آب و خشک کردن وزن کنید. در محلول ۳/۵ درصد سدیم کلرید، پیلهای زیر را تشکیل داده و پس از دو هفته تغییرات وزن هر فلز را اندازه بگیرید.

فولاد زنگ‌نزن/Fe , Fe/Zn , Fe/Al , Fe/Ni , Fe/Cu

همچنین نمونه‌هایی از هر کدام از فلزات انتخاب شده را پس از آماده سازی و وزن کردن

به تنهایی (بدون زوج شدن با فلز دیگر) در محلول ۳/۵ درصد سدیم کلرید غوطه‌ور کرده و تغییر وزن را پس از دو هفته اندازه بگیرد. نتایج به دست آمده را با یکدیگر مقایسه کرده و دلایل تفاوت را توضیح دهید. همچنین نتایج این بخش را با بخش الف مقایسه کنید.

ه) اثر همزدن

نمونه‌های استاندارد از آلومینیم و فولاد (۱۰mm × ۱۰ × ۲) را سنباده زده، گریس زدایی کرده و پس از شستشو با آب، خشک کنید. زوج گالوانیکی آلومینیم / آهن را تشکیل داده و در یک بشر یک لیتری حاوی آب شیر قرار دهید. یک آمپرمتر با مقاومت داخلی صفر بین آنها قرار داده و آهنگ خوردگی (جریان) را اندازه بگیرید. با استفاده از یک همزن مغناطیسی، محلول را بهم زده و تغییرات جریان برحسب زمان را اندازه بگیرید. در صورت امکان، آهنگ خوردگی را بر حسب نرخ بهم زدن رسم کنید. با مراجعه به نمودار E – logi نتایج حاصل را تفسیر کنید.

و) اثر سطح کاتد به سطح آند

میزان خوردگی و آهنگ خوردگی بستگی به نسبت سطح کاتد به آند تشکیل دهندهٔ زوج گالوانیکی دارد. یک کاتد فولادی به ابعاد ۱۰۰mm × ۱۰۰ × ۲ را سنباده زده، گریس‌زدایی کرده و پس از شستشو با آب، خشک کنید. نمونه فولادی را در آب شیر با نمونه‌هایی از مس به عنوان کاتد و به ابعاد ۱۰ × ۱۰ × ۲ ، ۱۰ × ۵۰ × ۲ ، ۱۰۰ × ۱۰۰ × ۲ و ۲۰۰ × ۱۰۰ × ۲ میلیمتر به ترتیب زوج کرده و با استفاده از یک آمپرمتر با مقاومت داخلی صفر جریان (آهنگ خوردگی) را اندازه بگیرید. آزمون را مجدداً انجام‌داده واین‌بارآهنگ‌خوردگی‌راباستفاده‌از کاهش‌وزن‌درزمان یک هفته‌اندازه

بگیرید. برای هر دو مقادیرِ آهنگ خوردگیِ محاسبه شده منحنی‌های زیر را رسم کنید.

۱) کاهش وزن آند (فولاد) بر حسب مساحت کاتد

۲) کاهش وزن آند (فولاد) برای واحد سطح آند بر حسب مساحت کاتد

نمودارهای به دست آمده را با یکدیگر مقایسه کنید.

ز) آزمون بخش (و) را تکرار کنید ولی در این حالت به جای الکترود مس از الکترود آلومینیم استفاده نمائید. واضح است که در این حالت سطح کاتد ثابت و سطح آند در حال تغییر است. لذا منحنی‌های زیر را رسم کرده و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

۱) کاهش وزن آند (آلومینیم) بر حسب مساحت آن

۲) کاهش وزن آند (آلومینیم) برای واحد سطح بر حسب مساحت آن

خواسته‌های آزمون

۱) نمودارهای خواسته شده در بخشهای مختلف را رسم کنید.

۲) گزارش کاملی از مشاهدات خود تهیه کنید.

۳) تغییرات و نتایج مشاهده شده را با توجه به تئوریهای خوردگی توجیه کنید.

۴) با توجه به نتایج به دست آمده از بخش (د) بحث کنید که اگر فولادی را توسط فلزات روی، قلع و مس پوشش دهیم و در شرایط محیطی پوشش پیوسته نباشد و یا اینکه در اثر عوامل خارجی پوشش ترک بردارد چه اتفاقی می‌افتد.

تمرین

۱) از یک محلول $FeCl_2$ جریان ۴/۳۸ آمپر در مدت زمان ۱۷/۳ دقیقه عبور می‌کند. اگر بازده جریان ۹۷/۴ درصد باشد، چند گرم آهن رسوب خواهد کرد. وزن اتمی آهن ۵۵/۸۴۷ است؟

۲) چرا با افزایش سطح کاتد، آهنگ خوردگی آند افزایش می‌یابد؟

۳) اگر برای جلوگیری از خوردگی در یک زوج گالوانیکی، قرار باشد که آند یا کاتد را رنگ بزنیم، کدام حالت را توصیه می‌کنید، علت را توضیح دهید؟

۴) مقاومت خوردگی آهن گالوانیزه و حلبی را در محیط آبی با یکدیگر مقایسه کنید؟

۵) اگر فولاد را در آب دریا با فلزات زیر زوج گالوانیکی کنیم، آهنگ خوردگی آن چه تغییری می‌کند؟

الف) نقره

ب) کادمیم

ج) چدن

د) قلع

ه) روی

۶) مکانیزم و ویژگیهای خوردگی گالوانیکی را توضیح دهید؟