



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
(شماره استاندارد)

چاپ اول

۱۳۹۷

INSO

(Std. No.)

1 st Edition

2019

Identical with
ISO 19097-2:2018

روش آزمون طول عمر تسريع شده آندهای
دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی
(MMO)، برای حفاظت کاتدی - قسمت ۲:
کاربرد در خاک‌ها و آب‌های طبیعی

Accelerated life test method of mixed
metal oxide anodes for cathodic
protection— Part 2:
Application in soils and natural waters

ICS: 77.060

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1 - International organization for Standardization

2 - International Electro technical Commission

3 - International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، برای حفاظت کاتدی قسمت ۲: کاربرد در خاک‌ها و آب‌های طبیعی»

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

انجمن خوردگی ایران

حاتمی منفرد، علی رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

دبیر:

انجمن خوردگی ایران

ماسوری، داریوش

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت نفت و گاز پارس

اسلامی، لیلا

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

شرکت نفت و گاز پارس

الداغی، حامد

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

انجمن خوردگی ایران

پناهی، نیوشا

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

صنایع شیمی ساختمان آبادگران

پوریکتا، پولاد

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت نفت و گاز پارس

جعفری طادی، محمد جواد

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

انجمن خوردگی ایران

حشمت دهکردی، ابراهیم

(دکتری مهندسی مواد)

انجمن خوردگی ایران

سخنور، نجمه

(کارشناس امور اداری)

انجمن خوردگی ایران

عظیم زاده، نجمه

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

شرکت آزمون فولاد

قاسمی، رسول

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مراغی، امیرحسین
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

نجمی، محمد
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

نیک روز، بهاءالدین
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

همایی، حمید رضا
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

ویراستار:

اقبال، فریده
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت سامان پایش

انجمن خوردگی ایران

شرکت نفت و گاز پارس

شرکت نفت و گاز پارس

اداره کل استاندارد استان هرمزگان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۹	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ روش آزمون
۲	۱-۴ کلیات
۲	۲-۴ محلول آزمون
۳	۳-۴ تجهیزات آزمون
۵	۴-۴ آزمون‌ها
۵	۵-۴ دستورالعمل آزمون
۷	۶-۴ پیوستگی آزمون‌ها
۷	۷-۴ عملیات روی آزمون‌ها پس از آزمون
۷	۵ گزارش نتایج آزمون
۷	۶ کاربرد نتایج
۸	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) تجهیزات معمول و مورد نیاز برای روش آزمون طول عمر تسریع شده آندها
۱۰	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) ارزیابی طول عمر مفید آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، جهت کاربرد در حفاظت کاتدی
۱۴	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، برای حفاظت کاتدی - قسمت ۲: کاربرد در خاک‌ها و آب‌های طبیعی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی / منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در اجلاس کمیته ملی استاندارد فلزشناسی مورخ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است.

ISO 19097-2: 2018, Accelerated life test method of mixed metal oxide anodes for cathodic protection— Part 2: Application in soils and natural waters

حفاظت کاتدی به روش جریان اعمالی (ICCP)^۱، روشی موثر برای کنترل خوردگی سازه‌های فلزی غوطه‌ور در آب دریا، آب شور و آب شیرین یا خاک است. همچنین ICCP به صورت گسترده برای جلوگیری از خوردگی بتن مسلح ناشی از محیط‌های دریایی یا دیگر محیط‌های آلوده به کلر به کار می‌رود.

آندهای اکسید فلزی مخلوط (MMO)^۲ به علت عملکرد الکتروکاتالیستی مناسب، آهنگ مصرف کم، طول عمر بالا، وزن کم، قابلیت انعطاف‌پذیری، بازدهی بالا به نسبت قیمت، و تناسب بالا با الکترولیت‌های مختلف، به طور گسترده‌ای به عنوان آندهای جریان اعمالی در سامانه ICCP مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طول عمر، یکی از خواص مهم در آندهای MMO است. مجموعه استاندارد ملی ایران به شماره، روش آزمون آندهای MMO مورد استفاده در حفاظت کاتدی را جهت ارزیابی قابلیت آند برای دستیابی به طول عمر مورد انتظار، شرح داده است. طول عمر تسریع شده همچنین می‌تواند جهت مقایسه پایداری انواع مختلف آندهای MMO نیز مورد استفاده قرار گیرد. این استاندارد برای آندهای MMO مورد استفاده در بتن کاربرد دارد. این روش جهت تعیین طول عمر دقیق آندها در شرایط واقعی به کار نمی‌رود، اما راهکاری برای کاربران و سازندگان آندهای MMO فراهم می‌سازد تا امکان دستیابی به طول عمر طراحی شده را مورد ارزیابی قرار دهند.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره // با عنوان «روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، برای حفاظت کاتدی» است و سایر قسمت‌های این مجموعه عبارتند از:

- قسمت ۱- کاربرد در بتن.

1- Impressed current cathodic protection

2- Mixed metal oxide anode

روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، برای حفاظت کاتدی - قسمت ۲: کاربرد در خاک‌ها و آب‌های طبیعی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، برای سامانه‌های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان مورد استفاده در خاک و آب‌های طبیعی، می‌باشد. برای مقایسه عمر مفید این دسته از آندها و سنجش میزان سازگاری و تناسب آنها با طول عمر مورد انتظار از طراحی کلی سامانه حفاظتی تحت جریان خروجی مربوطه، می‌توان از نتایج حاصل از این ارزیابی استفاده نمود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است.

2-1 ISO 8044, Corrosion of metals and alloys – Basic terms and definitions

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۲۲: سال ۱۳۹۵، خوردگی فلزات و آلیاژها- اصطلاحات و تعاریف پایه، با استفاده از استاندارد ISO 8044:2015، تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 8044، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.^۱

۱- اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل دسترس است.

۱-۳

آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی

mixed metal oxide anode

آندهای تیتانیومی که دارای پوششی رسانا از جنس اکسید فلزات هستند و در سامانه‌های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان به کار می‌روند.

یادآوری- غالباً از اکسید فلزات ایریدیوم و تانتالم در پوشش این آندها استفاده می‌شود. همچنین امکان تفاوت در ترکیب دقیق آن‌ها با یکدیگر وجود دارد.

۲-۳

طول عمر تسريع شده

accelerated life

عبارت از طول عمر آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (زیربند ۱-۳) تحت شرایط تسريع شده به کمک یک الکترولیت مشخص و اعمال جریان دارای چگالی بالا، می‌باشد.

یادآوری- کل مدت زمانی که برای غیر فعال شدن آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی نیاز است، به عنوان طول عمر تسريع شده آن‌ها در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳

پتانسیل پیل

cell voltage

عبارت از اختلاف پتانسیل میان آند و کاتد در یک پیل می‌باشد.

۴ روش آزمون

۱-۴ کلیات

چگالی جریان اعمال شده برای ارزیابی طول عمر آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی، بسیار بالاتر از چگالی جریان اعمالی در شرایط کاری عادی می‌باشد. در واقع، آزمون فوق در شرایط خاص تسريع شده، انجام می‌پذیرد و مدت زمان غیرفعال شدن آن‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

۲-۴ محلول آزمون

۱-۲-۴ ترکیب شیمیایی محلول الکترولیت مورد استفاده در این آزمون باید توانایی انجام واکنش الکترولیز آب جهت تولید اکسیژن در آند و هیدروژن در کاتد را داشته باشد. همچنین، غلظت یون‌های موجود در الکترولیت باید برای ایجاد رسانایی لازم در محلول، مناسب و کافی باشد تا نیازی به ایجاد اختلاف پتانسیل بیشتر توسط منبع تغذیه نباشد.

۲-۲-۴ نام برخی الکترولیت‌های مناسب برای این آزمون، در زیر آورده شده است:

- اسید سولفوریک (H_2SO_4) ۱ مولار؛

- سدیم سولفات (Na_2SO_4) ۱ مولار؛

- سدیم سولفات ۱۸۰ g/l به همراه اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، به طوری که pH محلول ۱ باشد.

۳-۲-۴ الکترولیت‌های مورد استفاده نباید حاوی کلرایدها باشند. حضور این ترکیبات موجب تولید گاز کلر به جای اکسیژن در آند می‌شود. به علاوه، وجود گاز کلر در محیط خطرناک بوده و ایمنی آزمون را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین طول عمر آندهای تیتانیومی کاتالیز شده، اغلب به کمک تولید اکسیژن ارزیابی می‌شود و برای این منظور، استفاده از گاز کلر مرسوم نمی‌باشد.

۴-۲-۴ برای هر آزمون باید از محلول الکترولیت تازه استفاده شود.

۵-۲-۴ غلظت محلول باید در محدوده $\pm 5\%$ غلظت مورد نظر، در طول آزمون نگه داشته شود.

۶-۲-۴ دمای محلول حین آزمون باید در محدوده دمایی $5^\circ C \pm 30^\circ C$ نگه داشته شود.

۳-۴ تجهیزات آزمون

۱-۳-۴ تجهیزات مورد نیاز آزمون شامل آند (به عنوان آزمون مورد بررسی)، کاتد، دماسنج، ظرف شیشه‌ای، دستگاه هم‌زن محلول الکترولیت (به عنوان مثال هم‌زن مغناطیسی)، درپوش پلاستیکی برای بشرهای شیشه‌ای بلند، قیف برای اضافه کردن آب یون‌زدایی شده حین آزمون به ظرف حاوی محلول، لوله تخلیه و منبع تغذیه می‌باشد.

۲-۳-۴ حجم ظرف شیشه‌ای انتخاب شده برای آزمون باید کاملاً متناسب بوده و تا حد امکان از تغییرات به وجود آمده در محلول بر اثر واکنش الکترولیز آب و در نتیجه کاهش آن بر اثر تبخیر، کم کند. برای این منظور می‌توان از بشر یک لیتری استفاده نمود.

۳-۳-۴ برای ثابت نگه داشتن محل قرارگیری آند، کاتد، دماسنج، لوله تخلیه و ... می توان جایگاه اجزای یاد شده را به کمک ایجاد روزنه هایی روی درپوش پلاستیکی بشر مورد نظر، تعبیه کرد. به این ترتیب فاصله بین آند و کاتد ثابت خواهد ماند. ضمناً فاصله آند از کف بشر و لبه محلول باید حداقل ۱۰ mm باشد.

۴-۳-۴ فاصله میان آند و کاتد باید تقریباً ۲۰ mm باشد.

۵-۳-۴ کاتد مورد استفاده در آزمون می تواند از جنس زیرکونیم، تیتانیم، نیوبیم یا پلاتین باشد. اندازه کاتد باید تقریباً برابر با فاصله میان انتهای بشر و قسمت فوقانی آن باشد. در خارج پیل، سطح مقطع سیم مسی روکش داری که برای اتصال به انتهای کاتد استفاده می شود نباید از 1 mm^2 کوچک تر باشد. واضح است که سیم اتصال کاتد به پایانه منفی منبع تغذیه متصل می شود.

۶-۳-۴ وجود یک دماسنج در پیل آزمون ضروری است. اگر بیش از یک پیل استفاده شود، درون هر کدام باید یک دماسنج قرار داشته باشد. نوع دماسنج انتخاب شده نیز باید متناسب با مسائل ایمنی آزمایشگاه بوده و همچنین نباید حاوی مواد خورنده و آلاینده باشد تا از آلوده شدن محلول اجتناب شود. از ترموکوپل نیز می توان به جای دماسنج استفاده نمود. گستره دمایی قابل اندازه گیری توسط دماسنج مورد استفاده در این آزمون، باید در محدوده 20°C تا 100°C باشد. شایان ذکر است که ترموکوپل های ساخته شده از فولاد زنگ نزن یا فلزات دیگر، به دلیل جلوگیری از بروز خوردگی و در نتیجه ورود آلودگی نباید در معرض الکترولیت قرار گیرد.

۷-۳-۴ منبع تغذیه باید جریان ثابت و پایداری را تولید نماید و مناسب کارهای آزمایشگاهی باشد. همچنین، جریان مورد نیاز برای انجام آزمون باید متناسب با ابعاد آزمون و چگالی جریان مورد نیاز برای ایجاد شرایط آزمون تسریع شده، تعیین شود. به عنوان مثال، جریان ۵ A برای آزمون های به مساحت 500 mm^2 با چگالی جریان 10 kA/m^2 مناسب است. به علاوه، یک منبع تغذیه می تواند به صورت هم زمان، جریان مورد نیاز چندین پیل الکتروشیمیایی که به صورت سری قرار گرفته اند را تامین کند. ولتاژ مورد نیاز نیز به تعداد پیل های متصل شده، بستگی دارد. غالباً ولتاژ کافی برای هر پیل به مقدار ۸ برابر تعداد پیل های موجود و متصل به منبع تغذیه می باشد.

۸-۳-۴ ولتاژ هر کدام از پیل ها را تا زمان غیر فعال شدن آند، به کمک دستگاه هایی مانند ولت متر کنترل و اندازه گیری کنید. دستگاهی که برای سنجش ولتاژ استفاده می شود باید دارای امپدانس ورودی بالا ($10 \text{ M}\Omega$ یا بالاتر) بوده و توانایی اندازه گیری ولتاژ هر پیل را با درستی $\pm 1\%$ داشته باشد.

۹-۳-۴ استفاده از دماسنج جهت نگهداشتن محلول در محدوده دمایی مورد نظر، بسته به شرایط آزمایشگاه، لازم است. همچنین استفاده از سیال معینی برای کاهش یا افزایش دمای محلول ضروری می باشد. برای این منظور می توان از بشرهای محفظه دار و حمام های آب استفاده کرد. یادآوری- تجهیزات مورد نیاز برای این آزمون به صورت نمودار طرح وار در پیوست الف نشان داده شده است.

۴-۴ آزمون ها

۱-۴-۴ نوع و تعداد آندها باید با توجه به جزئیات مواد سازنده آنها تعیین شود. جهت حصول اطمینان از دقیق بودن نتایج آزمون، معمولاً از سه آزمون استفاده می شود. لازم به ذکر است که برای هر آزمون باید حداقل دو آزمون کاملاً مشابه در دو پیل جداگانه تحت شرایط یکسان مورد بررسی قرار گیرند. ۲-۴-۴ پیش از آزمون باید تمامی آزمون ها به خوبی شستشو شوند تا هیچ اثری از گرد و غبار، چربی و سایر آلودگی ها روی آنها باقی نماند و نتایج آزمون را تحت تاثیر قرار ندهد. پس از شست و شو، باید آزمون ها به دقت حمل شوند تا مجدداً آلوده نشوند.

۵-۴ دستورالعمل آزمون

۱-۵-۴ آزمایشگاه محل انجام آزمون باید مجهز به هود با مکش قوی باشد. گازی که حین آزمون از پیل متصاعد می شود حاوی مخلوطی از اکسیژن و هیدروژن بوده و قابل اشتعال است. بنابراین باید به خوبی توسط هود مکیده شده و از محیط خارج گردد.

۲-۵-۴ پیل آزمون باید تا حجم مناسب از محلول الکتrolیت پر شده باشد، همچنین از غوطه ور بودن کامل آند در الکتrolیت باید اطمینان حاصل شود. جهت مخلوط شدن کامل اجزای محلول نیز می توان از همزن مغناطیسی یا هر نوع همزن مشابه دیگر، استفاده کرد.

۳-۵-۴ از دست دادن آب طی آزمون را باید با اضافه کردن آب یون زدایی شده یا آب مقطر به محلول جبران کرد تا سطح محلول در حدود $\pm 5\%$ نگه داشته شود. باید توجه داشت که سطح محلول به هیچ وجه از حداقل مقدار مجاز کمتر نشود تا شرایط و تنظیمات آزمون ثابت بماند.

۴-۵-۴ منبع تغذیه باید توانایی افزایش جریان الکتریکی تا مقدار لازم برای آزمون را دارا باشد. به علاوه، به تعادل رسیدن پیل به ۳ h زمان نیاز دارد. همچنین با مشاهده حباب های گاز متصاعد شده اطراف آند و کاتد، می توان از برقراری جریان مناسب در پیل اطمینان حاصل نمود.

در صورت تغییر جریان بیش از ۱٪، باید بلافاصله آزمون را متوقف و علت را پیدا کرد. پس از آن می توان آزمون را ادامه داد.

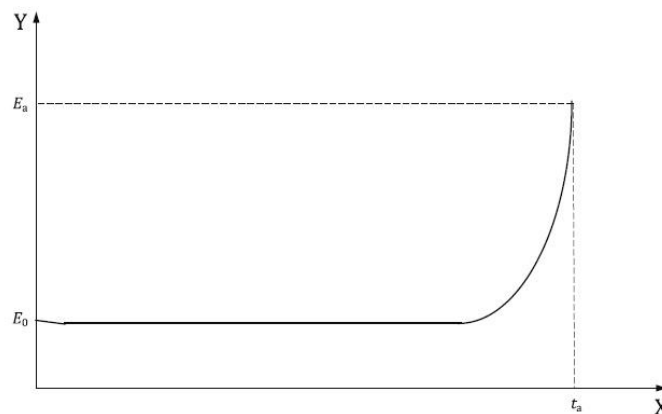
در صورت افزایش ولتاژ پیل از مقدار مجاز، باید آزمون را متوقف و پیل را از مدار خارج کرد تا عیب پیش آمده، برطرف گردد. البته سایر پیل های متصل به منبع تغذیه می توانند روند آزمون را طی کنند.

۴-۵-۵ دمای محلول حین آزمون باید در محدوده دمایی $5^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ نگه داشته شود.

۴-۵-۶ جریان و ولتاژ هرکدام از پیل ها به طور منظم هر یک ساعت باید کنترل و ثبت گردد. پس از برقراری جریان، مدت ۳ h برای به تعادل رسیدن پیل، زمان در نظر گرفته می شود و پس از آن ولتاژ ثبت می گردد.

۴-۵-۷ نمودار تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکترولیز، در شکل ۱ قابل مشاهده است. تغییر ناگهانی در ولتاژ پیل، نشان دهنده از بین رفتن و غیر فعال شدن آند می باشد.

۴-۵-۸ هنگامی که ولتاژ پیل (E_a) به میزان $1/5\text{ V}$ بیشتر از ولتاژ شروع آزمون (E_0) شود، آند را می توان غیر فعال و از بین رفته، در نظر گرفت. لازم به ذکر است که پتانسیل پیل ۳ h پس از آغاز آزمون، به عنوان ولتاژ شروع در نظر گرفته می شود. مدت زمان میان شروع آزمون و از بین رفتن آند، طول عمر تسریع شده (t_a) می باشد (به شکل ۱ مراجعه شود).



راهنما
X زمان الکترولیز
Y ولتاژ پیل

شکل ۱- منحنی آزمونه ای تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکترولیز

۴-۵-۹ همواره باید به این نکته توجه داشت که تنها عامل افزایش ولتاژ، از بین رفتن آند بوده و به دلیل بروز عوامل دیگری همچون قطع جریان، روی نداده باشد.

۴-۵-۱۰ استفاده از منبع تغذیه مناسب جهت جلوگیری از بروز نوسان در جریان و نیز قطع آن، الزامی می باشد.

۴-۵-۱۱ اگر قصد مقایسه نمودار نتایج آزمون با نموداری مشابه وجود دارد، بنابراین ممکن است آزمون را پس از گذشت مدت زمان مناسب و معین، برای قیاس با نمودار مورد نظر متوقف کرد تا قابل قبول بودن نتایج حاصل از مقایسه مذکور برای کاربرد در طراحی مربوطه، برآورد شود.

۴-۶ پیوستگی آزمون‌ها

آزمون‌ها باید ترجیحاً بدون هیچ وقفه‌ای در روند آن‌ها، ادامه یابند و به پایان برسند. در صورت نیاز به ایجاد وقفه در آزمون جهت خارج کردن و بررسی آزمون‌ها، باید تا حد امکان وقفه ایجاد شده کوتاه باشد. در صورت طولانی شدن زمان توقف آزمون، باید آزمون‌ها سریع از محلول خارج شده، خشک گردیده و تا زمان شروع مجدد آزمون داخل دسیکاتور قرار داده شوند.

۴-۷ عملیات روی آزمون‌ها پس از آزمون

پس از پایان یافتن آزمون، ابتدا باید آزمون‌ها از الکترولیت خارج شده، سپس به کمک آب یون‌زدایی شده یا مقطر شست و شو داده شوند و در نهایت نیز خشک گردند.

۵ گزارش نتایج آزمون

تاریخ، زمان، جریان اعمال شده و ولتاژ پیل در یک جدول مجزا برای هر آند یادداشت می‌شوند. هرگونه بروز وقفه در آزمون و همچنین تعویض و جایگزینی محلول‌ها نیز باید ذکر شوند. تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکترولیز را هم می‌توان در یک نمودار همانند شکل ۱، ترسیم کرد و نمایش داد.

هرگونه اطلاعات و مشاهدات دیگر مانند تغییر در رنگ الکترولیت و یا مشخصات ظاهری آزمون‌ها، باید ثبت شوند. همچنین شکل و ابعاد آن‌ها نیز باید آورده شود. مشخصات کاتد از قبیل جنس، شکل و ابعاد هم باید ذکر گردد. در صورت بروز هرگونه انحراف از این استاندارد در روند انجام آزمون، در گزارش نهایی حتماً باید به مورد مذکور اشاره شود.

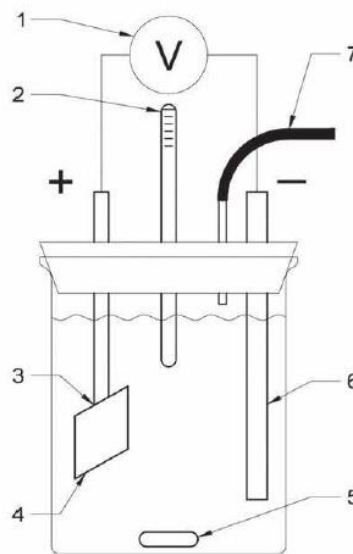
۶ کاربرد نتایج

از نتایج این آزمون می‌توان برای مقایسه پایداری آندهای مختلف تحت شرایط یکسان استفاده نمود. همچنین، از این نتایج می‌توان دوام و عمر مفید مورد انتظار از آن‌ها را نیز در صورت اعمال جریانی معین در یک طراحی خاص، برآورد کرد (به پیوست ب مراجعه شود). ارزیابی طول عمر تسریع شده آن‌ها در مقایسه با شرایط عادی، می‌تواند اطلاعات و نتایجی محافظه‌کارانه‌تر و کارآمدتر را ارائه دهد.

پیوست الف (آگاهی دهنده)

تجهیزات معمول و مورد نیاز برای روش آزمون طول عمر تسریع شده آندها

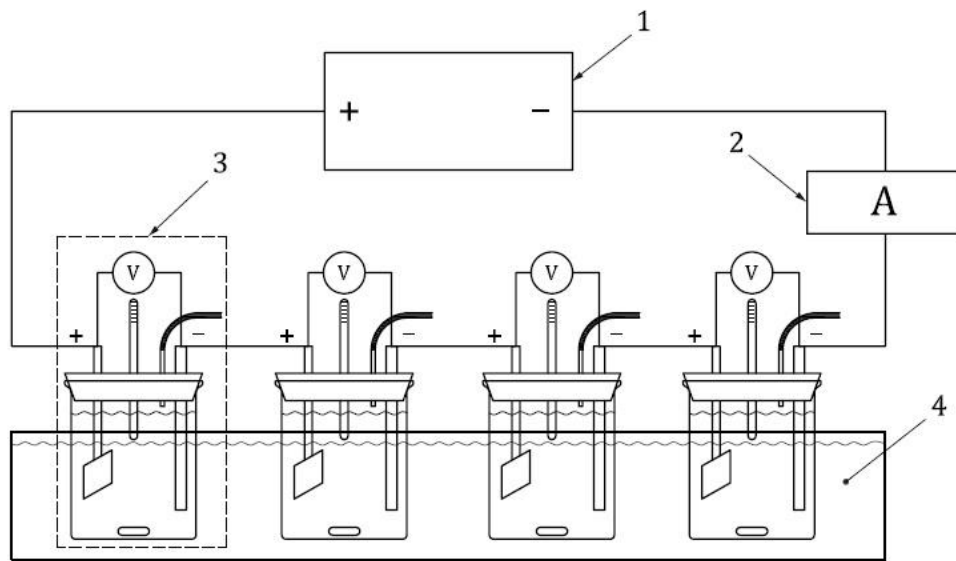
تجهیزات مورد نیاز جهت برآورد عمر تسریع شده آندها، به صورت نمودار طرح وار در شکل های الف-۱ و الف-۲ ترسیم شده اند.



راهنما:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 | ولت سنج یا جمع آوری کننده اطلاعات |
| 2 | دماسنج |
| 3 | محل اتصال |
| 4 | آند |
| 5 | همزن مغناطیسی |
| 6 | کاتد |
| 7 | لوله تخلیه |

شکل الف-۱- پیل معمول و مورد استفاده جهت آزمون طول عمر تسریع شده



راهنما:

- 1 منبع تامین کننده جریان ثابت
- 2 آمپرسنج
- 3 پیل آزمون به صورت تنها
- 4 حمام آب جهت ثابت نگهداشتن دما

شکل الف-۲- پیل های متصل شده به منبع تغذیه به صورت سری

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

ارزیابی طول عمر مفید آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO)، جهت کاربرد در حفاظت کاتدی

جهت بررسی و اندازه‌گیری میزان توانایی آند در ایفای نقش موثر و قابل قبول برای یک سامانه مشخص در مدت زمان کم، آزمون تسریع شده در نظر گرفته شده است. غالباً، میزان توانایی یاد شده برای یک آند با سطح مشخص، به صورت نرخ جریان (بر حسب آمپر) در طول عمر آن (بر حسب سال) بیان می‌شود.

میان طول عمر آند (L) و چگالی جریان آن (i) برای آندهای دارای پوشش مخلوط اکسید فلزی (MMO) رابطه‌ای برقرار است. به طور کلی، همانطور که در شکل ب-۱ نشان داده شده است، $\log L$ نسبت مستقیم و خطی با $\log i$ دارد که این ارتباط را می‌توان به کمک فرمول ب-۱ نشان داد:

$$\log L = A - B \log i \quad (\text{ب-۱})$$

که در آن

L طول عمر آند بر حسب سال می‌باشد.

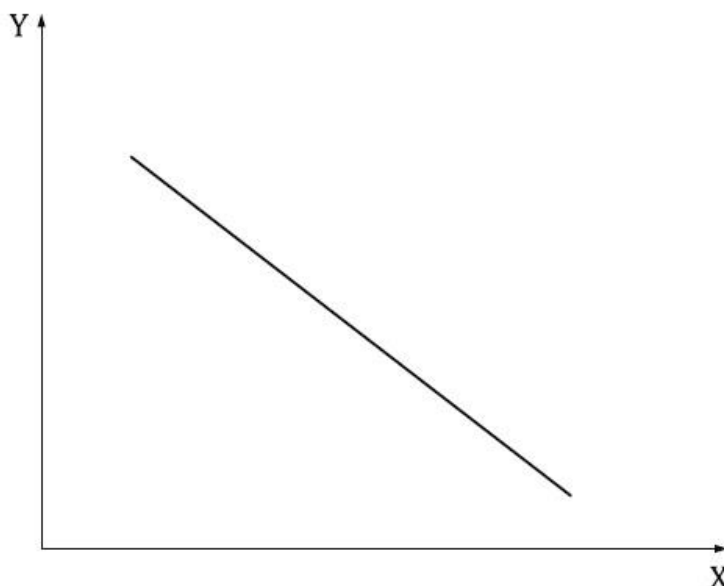
i چگالی جریان بر حسب A/m^2 می‌باشد.

دو کمیت A و B نیز ثابت‌های مرتبط با جنس مواد سازنده آند و شرایط آزمون هستند.

با استفاده از دستورالعمل تدوین شده برای آزمون تسریع شده مورد نظر، اطلاعات مهمی همچون طول عمر آند و چگالی جریان آن به دست می‌آید. شایان ذکر است که هر دو مقادیر یاد شده، در فرمول ب-۱، صدق کرده و همچنین می‌توان با رسم یک نمودار، ارتباط میان آن‌ها را نیز نمایش داد. در صورت امکان، ممکن است جهت افزایش دقت و صحت نتایج به دست آمده، اطلاعات بیشتری در نظر گرفته شوند.

خط تناسب رسم شده در نمودار را می‌توان با محدوده چگالی جریان کاری تطابق داد، به این ترتیب اگر در نمودار یاد شده، طول عمر و چگالی جریان مورد انتظار از آند برای طراحی سامانه مورد نظر، کمتر از میزان به دست آمده باشد (در سمت چپ نمودار قرار گیرد) و یا دقیقاً به همان اندازه باشد (منطبق با خط تناسب رسم شده)، می‌توان نتیجه گرفت که آند مورد بررسی و آزمون، برای به کارگیری مناسب است. (به شکل ب-۲ مراجعه شود)

البته دستورالعمل فوق، تنها روش قابل استفاده نیست، ولی به کمک روش یاد شده می‌توان از اطلاعات به‌دست آمده، بهره‌ای منطقی گرفت.

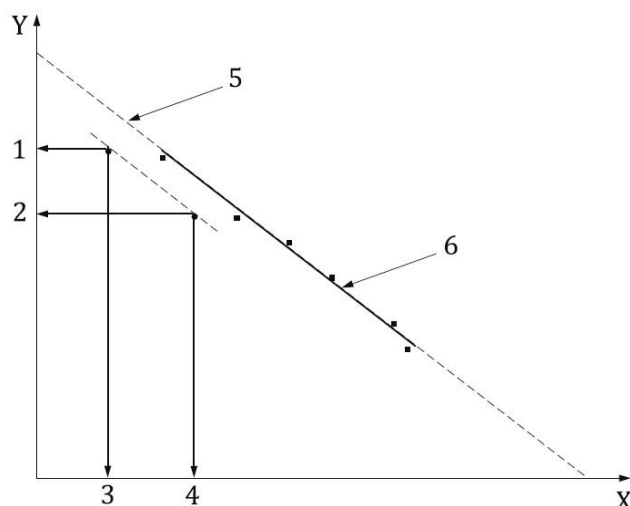


راهنما:

X لگاریتم چگالی جریان (A/m^2)
Y لگاریتم طول عمر آند (سال)

شکل ب-۱- نمودار نمونه‌ای طول عمر آند (L) نسبت به چگالی جریان (i)

در صورتی که نقطه مربوط به مقادیر مورد انتظار از آند برای طراحی سامانه مورد نظر، کاملاً منطبق بر خط تناسب نمودار نباشد، خطی شامل نقطه مذکور و موازی با این خط تناسب رسم خواهد شد که بعضی مواقع این خط رسم شده را «خط کاربرد» می‌نامند. به کمک این خط کاربرد، چگالی جریان آزمون تسریع شده و طول عمر مربوط به آن، مشخص می‌شود. کاربر با حرکت روی خط کاربرد به سمت راست و پایین، به نقطه مربوط به طول عمر مورد انتظار از آزمون می‌رسد و چگالی جریان مربوطه در این نقطه با چگالی جریان آزمون برابر خواهد بود.

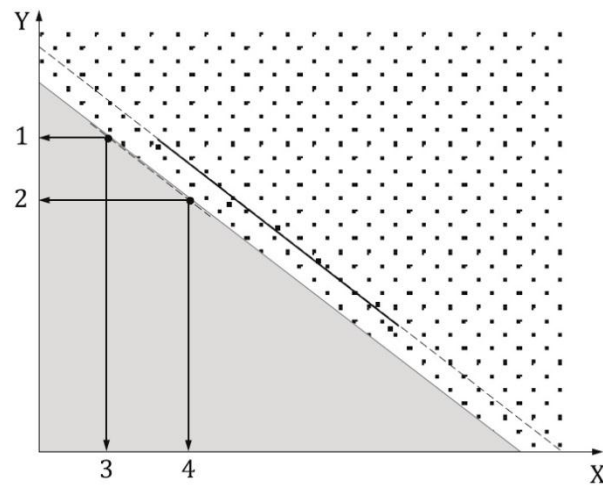


راهنما:

X	لگاریتم چگالی جریان (A/m^2)
Y	لگاریتم طول عمر آند (سال)
1	طول عمر سامانه طراحی شده
2	طول عمر هدف آزمون تسريع شده
3	چگالی جریان طراحی
4	چگالی جریان آزمون تسريع شده
5	امتداد نمودار مربوطه جهت تعيين محدوده کاربرد
6	منحنی همبستگی

شکل ب-۲- الزامات طراحی نمودار همبستگی نتایج آزمون

زمان از بین رفتن آزمونه تحت آزمون، باید با طول عمر مورد نیاز تحت شرایط آزمون تسريع شده مقایسه شود و مقداری برابر و یا بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده آن توسط خط کاربرد در نمودار، داشته باشد (به این ترتیب میزان برآورده شدن مقادیر مورد انتظار برای طراحی سامانه، مشخص می‌شود). به بیانی دیگر، در صورتی که زمان از بین رفتن آند تحت آزمون، در محدوده‌ای از نمودار قرار گیرد که در سمت راست و یا بالای خط کاربرد باشد، می‌توان آزمونه مورد نظر را جهت کاربرد در سامانه طراحی شده مناسب دانست. لازم به ذکر است که این مقایسه در مورد چگالی جریان تسريع شده نیز باید صورت گیرد. در شکل ب-۳ ناحیه قابل قبول، در قسمت فوقانی خط کاربرد به صورت مورب و ناحیه غیر قابل قبول، در پایین این خط، به رنگ خاکستری مشخص شده‌اند. به دلیل امکان انتخاب هر نقطه‌ای روی خط توسط کاربر، کل نواحی نشان داده شده‌اند. به این ترتیب، در صورتی آزمونه تحت آزمون مورد قبول واقع می‌شود که طول عمر آن مقداری برابر یا بیشتر از میزان پیش‌بینی شده و به دست آمده از مختصات محل تقاطع دو خط افقی و عمودی مربوط به آزمون تسريع شده، داشته باشد.



راهنما:

X	لگاریتم چگالی جریان (A/m^2)
Y	لگاریتم طول عمر آند (سال)
1	طول عمر سامانه طراحی شده
2	طول عمر هدف آزمون تسريع شده
3	چگالی جریان طراحی
4	چگالی جریان آزمون تسريع شده

شکل ب-۳- نمونه ارزیابی نتایج آزمون با استفاده از نمودار همبستگی

کتابنامه

- [1] NACE Standard TM0108-2002, Testing of catalyzed Titanium anodes for ues in soils or natural waters