



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران



استاندارد ملی ایران

۱۵۸۱۸-۲

چاپ اول

۱۳۹۷

INSO

15818-2

1st Edition

2019

Identical with
ISO 19097-2:2018

Iranian National Standardization Organization

روش آزمون تسریع شده تعیین طول عمر
آندهای اکسید فلزی مخلوط (MMO) برای
حافظت کاتدی — قسمت ۲: کاربرد در
خاک‌ها و آب‌های طبیعی

Accelerated life test method of mixed
metal oxide anodes (MMO) 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: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: (۰۲۶) ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸

دورنگار: (۰۲۶) ۳۲۸۰۸۱۱۴

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، مصرفکنندگان، 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 پیشنهادها 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 علاوه‌مند 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 بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی 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 پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیستمحیطی 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 بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه-بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیستمحیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای واسنجی و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای 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 Métrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

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

سمت و/یا محل اشتغال:

انجمن خوردگی ایران

رئیس:
حاتمی منفرد، علی رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

دبیر:

انجمن خوردگی ایران

مسوری، داریوش

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

اعضا: (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت سامان پاییش

اسلامی، حسن

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

شرکت بربا الکترونیک

امیر عبداللهیان، علی

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

انجمن خوردگی ایران

آهنگر، مجید

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

شرکت نفت و گاز پارس

الداعی، حامد

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

شرکت خطوط لوله توکان

بختیاری، سعید

(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

انجمن خوردگی ایران

پناهی، نیوشا

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

صنایع شیمی ساختمان آبادگران

پوریکتا، پولاد

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت نفت و گاز پارس

جعفری طادی، محمد جواد

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

انجمن خوردگی ایران

حشمت دهکردی، ابراهیم
(دکتری مهندسی متالورژی)

سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت مهندسی فراصنعت بان

حمزه‌زاده نخجوانی، مهرنوش

شرکت پتروکانی نیکان (ولکانیک)

(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

خدایاری، جلیل

انجمن خوردگی ایران

(کارشناسی ارشد مهندسی برق)

سخنور، نجمه

(دیپلم)

شرکت برنآگداز

سرلک، حسین

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

انجمن خوردگی ایران

عظیم زاده، نجمه

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

اداره کل استاندارد استان زنجان

عقابی، مرضیه

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

شرکت آزمونه فولاد

قاسمی، رسول

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

انجمن خوردگی ایران

مراغی، امیرحسین

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

انجمن خوردگی ایران

نجمی، محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

شرکت نفت و گاز پارس

نیک روز، بهاءالدین

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

شرکت نفت و گاز پارس

همایی، حمیدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

ویراستار:

اداره کل استاندارد استان هرمزگان

اقبالی، فریده

(کارشناسی ارشد مهندسی متالورژی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	هدف و دامنه کاربرد
۱	مراجع الزامی
۱	اصطلاحات و تعاریف
۲	روش آزمون
۲	کلیات ۱-۴
۲	محلول آزمون ۲-۴
۳	دستگاه‌های آزمون ۳-۴
۵	آزمونهای ۴-۴
۵	روش اجرایی آزمون ۵-۴
۷	پیوستگی آزمون‌ها ۶-۴
۷	عملیات روی آزمونهای پس از آزمون ۷-۴
۷	گزارش نتایج آزمون ۵
۷	کاربرد نتایج ۶
۸	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) دستگاه‌های معمول برای روش آزمون تسريع شده طول عمر
۱۰	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) ارزیابی طول عمر بھره برداری آندهای اکسید فلزی مخلوط برای کاربرد حفاظت کاتدی
۱۴	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «روش آزمون طول عمر تسريع شده آندهای اکسید فلزی مخلوط (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 شصت و دومین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد فلزشناسی مورخ ۹۷/۱۲/۲۲ 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 مذبور 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

مقدمه

حفظ کاتدی به روش جریان اعمالی^۱ (ICCP) ، روشی موثر برای کنترل خوردگی سازه‌های فلزی غوطه‌ور در آب دریا، آب شور^۲ ، آب شیرین یا مدفون در خاک است. همچنین ICCP به صورت گستردۀ برای جلوگیری از خوردگی میلگردهای بتن مسلح در محیط‌های دریایی یا دیگر محیط‌های آلوده به کلراید به کار می‌رود.

آندهای اکسید فلزی مخلوط (MMO)^۳ به علت عملکرد الکتروکاتالیستی مناسب، آهنگ مصرف کم، طول عمر بالا، وزن کم، انعطاف‌پذیری، بازدهی بالا به نسبت قیمت، و سازگاری بالا با الکتروولیت‌های مختلف، به طور گستردۀای به عنوان آندهای جریان اعمالی در سامانه ICCP مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دوم، یکی از مهمترین خواص در آندهای MMO است. مجموعه استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۸۱۸، 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 محیط‌های زیر زمینی و زیر آب کاربرد دارد. این روش جهت تعیین طول عمر دقیق آندها در شرایط واقعی به کار نمی‌رود، اما راهکاری را برای کاربران و سازندگان آندهای MMO فراهم می‌سازد تا امکان دستیابی به طول عمر طراحی شده را مورد ارزیابی قرار دهد.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۵۸۱۸ با عنوان «روش آزمون طول عمر تسریع شده آندهای دارای اکسید فلزی مخلوط (MMO) برای حفاظت کاتدی» است و سایر قسمت‌های این مجموعه عبارتند از:

- قسمت ۱ - کاربرد در بتن.

1- Impressed current cathodic protection

2- Brackish water

3- Mixed metal oxideanode

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

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین طول عمر آندهای اکسید فلزی مخلوط به روش آزمون تسریع شده، برای سامانه‌های حفاظت کاتدی جریان اعمالی، مورد استفاده در خاک و آب‌های طبیعی می‌باشد. نتایج آزمون تسریع شده تعیین طول عمر، برای مقایسه دوام آندها و ارزیابی تطابق آندها با مشخصات فنی مورد نیاز جهت طول عمر طراحی پیش‌بینی شده در جریان خروجی مجاز، کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، 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 الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع 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

۱-۳

آندهای اکسید فلزی مخلوط

mixed metal oxide anode

آندهای جریان اعمالی برای حفاظت کاتدی که شامل پوشش رسانی اکسیدهای فلزی مخلوط تشکیل شده بر روی زیرلایه تیتانیم می‌باشد.

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

یادآوری- رایجترین ترکیب اکسیدهای فلزی برای حفاظت کاتدی، اکسید ایریدیم و اکسید تانتالم است. ترکیب دقیق ممکن است متغیر باشد.

۲-۳

طول عمر تسريع شده

accelerated life

طول عمر آندهای اکسید فلزی مخلوط (زیربند ۱-۳) در شرایط تسريع شده ، معمولاً در الکتروولیت مشخص با چگالی جریان اعمالی بالا

یادآوری- تمام دوره آزمون تا پایان بی اثر شدن آند اکسید فلزی مخلوط، به عنوان طول عمر تسريع شده در نظر گرفته می شود.

۳-۳

ولتاژ پیل

cell voltage

ولتاژ بین آند و کاتد در یک پیل

۴ روش آزمون

۱-۴ اصول

آزمون طول عمر تسريع شده آندهای اکسید فلزی مخلوط در محیط‌های شبیه‌سازی شده خاص انجام می شود که در آن چگالی جریان بسیار بالاتر از مقداری است که در شرایط کاری معمول تجربه می شود. این شرایط می تواند دوره زمانی تا بی اثر شدن آند را به میزان قابل توجهی کوتاه کند.

۲-۴ محلول آزمون

۱-۲-۴ ترکیب شیمیایی محلول الکتروولیت مورد استفاده در این آزمون باید توانایی انجام واکنش الکتروولیز آب جهت تولید اکسیژن در آند و هیدروژن در کاتد را داشته باشد. همچنین، غلظت یون‌های موجود در الکتروولیت 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 برخی الکتروولیت‌های مناسب برای این آزمون، عبارتند از:

- سولفوریک اسید (H_2SO_4) ۱ مولار؛

- سدیم سولفات (Na_2SO_4) ۱ مولار؛

- سدیم سولفات ۱ g/1 نرمال، به طوری که pH محلول ۱ باشد.

۳-۲-۴ بهتر است الکتروولیت‌های مورد استفاده حاوی کلرایدها نباشند. حضور کلرایدها موجب تولید گاز کلر به جای اکسیژن در آند می شود.

وجود گاز کلر ملاحظاتی در جابجایی و ایمنی، هنگام آزمون ایجاد می‌کند. طول عمر آندهای تیتانیمی کاتالیز شده، با تولید اکسیژن به نحو بسیار سختگیرانه تری مورد آزمون قرار می‌گیرد تا با تولید گاز کلر.

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

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

۶-۲-۴ دمای الکترولیت باید در دمای $30 \pm 5^\circ\text{C}$ نگه داشته شود.

۳-۴ دستگاه‌های آزمون

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

۲-۳-۴ حجم ظرف شیشه‌ای انتخاب شده برای آزمون باید به اندازه‌ای باشد که نوسان سطح آب در اثر واکنش الکترولیز آب هنگام آزمون و کاهش حاصل از تبخیر، را به حداقل برساند. برای این منظور می‌توان از بشر یک لیتری استفاده نمود.

۳-۳-۴ توصیه می‌شود وسیله‌ای برای حفظ موقعیت آند، کاتد و دما سنج استفاده شود. برای این منظور می‌توان از نگهدارنده لاستیکی دارای سوراخ‌هایی برای دستگاه‌های متعدد و لوله‌های تخلیه یا پایه‌ها و گیره‌ها استفاده کرد. فاصله بین آند و کاتد باید ثابت باشد. ضمناً فاصله بالای آند از سطح محلول و پایین آند از کف بشر باید حداقل ۱۰ mm باشد.

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

۵-۳-۴ کاتد مورد استفاده در آزمون باید از جنس زبرکونیم، تیتانیم، نیوبیم یا پلاتین باشد. اندازه کاتد باید کافی باشد بطوریکه تقریباً از کف بشر تا بالای قسمت فوقانی آن ادامه داشته باشد.

در خارج پیل، سطح مقطع سیم مسی روکش داری که برای اتصال به انتهای کاتد استفاده می‌شود نباید از ۱ کوچک‌تر باشد. سیم اتصال کاتد باید به قطب منفی منبع تغذیه متصل می‌شود.

۶-۳-۴ یک دماسنجد باید در پیل آزمون قرار داده شود. اگر بیش از یک پیل استفاده می‌شود، درون هر کدام باید یک دماسنجد قرار داشته باشد. نوع دماسنجد انتخاب شده نیز باید متناسب با مسائل ایمنی آزمایشگاه باشد و نباید حاوی موادی باشد که در مجاورت الکترولیت، دچار خوردگی و منجر به آلودگی محلول شود.

از ترموکوپل نیز می‌توان به عنوان جایگزین استفاده نمود. گستره دمایی قابل اندازه‌گیری توسط دماسنجد، باید در محدوده 20°C تا 100°C باشد. برای جلوگیری از بروز خوردگی و آلودگی، ترموکوپل‌های ساخته شده از فولاد زنگ نزن یا فلزات دیگر، نباید در معرض الکترولیت قرار گیرد.

۷-۳-۴ منبع تعذیه باید دارای کنترل جریان ثابت و مناسب کارهای آزمایشگاهی باشد. جریان مورد نیاز برای انجام آزمون باید متناسب با ابعاد آزمونه و چگالی جریان مورد نیاز برای ایجاد شرایط آزمون تسریع شده، تعیین شود. به عنوان مثال، جریان A ۵ برای آزمونهای به مساحت^۲ mm ۵۰۰ × ۵۰۰ با چگالی جریان ۱۰ kA/m² مناسب است.

به علاوه، یک منبع تعذیه می‌تواند به صورت همزمان، جریان مورد نیاز را برای چندین پیل الکتروشیمیایی که به صورت سری قرار گرفته‌اند تأمین کند. ولتاژ مورد نیز به تعداد پیل‌های متصل شده، بستگی دارد. عموماً ۸ ولت به ازای هر پیل ضرب در تعداد پیل‌های موجود در سری، کافی می‌باشد.

۸-۳-۴ ولتاژ هر کدام از پیل‌ها را تا زمان غیر فعال شدن آند، به کمک وسیله جمع آوری داده یا ولت‌متر پایش و اندازه‌گیری کنید. دستگاهی که برای سنجش ولتاژ استفاده می‌شود باید دارای امپدانس ورودی بالا، MΩ ۱۰ یا بیشتر باشد و توانایی اندازه‌گیری ولتاژ پیل را با درستی ±۱٪ داشته باشد.

۹-۳-۴ ممکن است برای نگهداری محلول در محدوده دمایی مورد نظر، بسته به شرایط آزمایشگاه، استفاده از تجهیزات کنترل دما لازم باشد. اصولاً برای افزایش یا کاهش غیر مستقیم دمای محلول از یک سیال استفاده می‌شود. بشرهای پوشش‌دار و حمام آب برای بشر نمونه‌هایی از این نوع تجهیز هستند.

یادآوری - طرح کلی تجهیزات مورد نیاز برای این آزمون در پیوست الف نشان داده شده است.

۴-۴ آزمونهای آزمون

۱-۴-۴ نوع و تعداد آزمونهای باید با توجه به مشخصات مواد آندها یا محصولی که مورد آزمون قرار می‌گیرد تعیین شود. جهت حصول اطمینان از دقیق بودن نتایج آزمون، معمولاً سه آزمونه، اما حداقل دو آزمونه مشابه از هر آند، باید در پیل‌های جداگانه در شرایط یکسان مورد بررسی قرار گیرند.

۲-۴-۴ پیش از آزمون باید تمامی آزمونهای به خوبی تمیز شوند تا هیچ اثری از گرد و غبار، چربی و سایر آلودگی‌ها که بر نتایج می‌تواند تاثیر گذار باشند روی آن‌ها باقی نماند.

باید دقت شود که آزمونهای بعد از تمیز شدن، در اثر جایجایی آلوده نشوند.

۵-۴ روش اجرایی آزمون

۱-۵-۴ آزمایشگاه محل انجام آزمون باید مجهز به هود با مکش قوی باشد. گازی که همگام آزمون از پیل متصاعد می‌شود حاوی مخلوطی از اکسیژن و هیدروژن است که بالقوه قابل اشتعال می‌باشد و باید به خوبی تهویه شود.

۲-۵-۴ برای اطمینان از غوطه‌ور بودن کامل آند در الکترولیت، پیل آزمون باید تا حجم مناسب از محلول الکترولیت پر شود و برای اطمینان از مخلوط شدن کامل اجزای محلول باید از همزن مغناطیسی یا هر نوع همزن مشابه دیگر استفاده کرد.

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

۴-۵-۴ منبع تغذیه باید روشن شود، جریان به مقدار لازم برای آزمون افزایش یابد و به پیل اجازه داد شود تا به مدت ۳ ساعت به تعادل برسد. برقراری جریان در پیل، باید با مشاهده حباب‌های گاز متصاعد شده اطراف آند و کاتد، تایید شود.

در صورت تغییر جریان بیش از ۱٪ نسبت به مقدار مشخص شده، باید بلاfacسله آزمون را متوقف و علت بررسی شود. پس از انجام عمل اصلاحی مناسب می‌توان آزمون را ادامه داد.

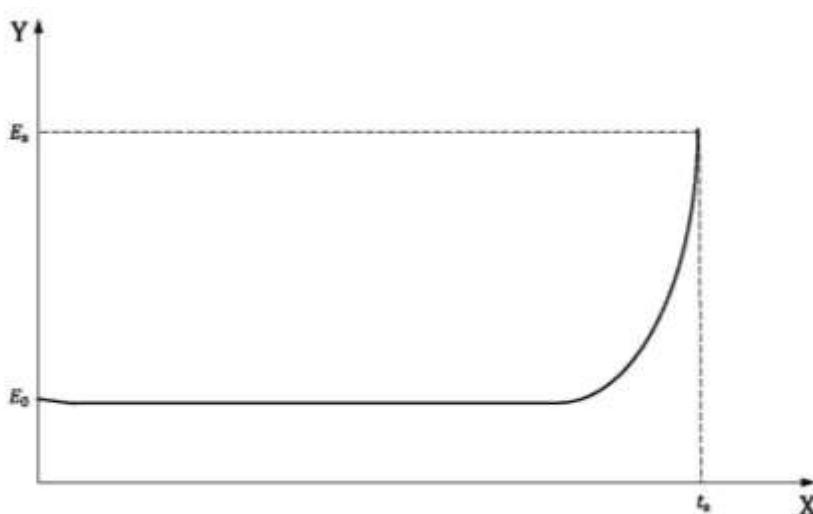
در صورت افزایش ولتاژ پیل از مقدار هدف، باید آزمون را متوقف و پیل را از مدار خارج کرد. پس از حذف پیل معیوب از مدار، می‌توان آزمون را دوباره شروع کرد تا آزمونهای باقیمانده را بتوان تا پایان مورد بررسی قرار داد.

۴-۵-۴ دمای محلول همگام آزمون باید در ${}^{\circ}\text{C} \pm 5$ ${}^{\circ}\text{C}$ نگه‌داشته شود.

۴-۵-۶ جریان و ولتاژ پیل باید هنگام آزمون هر یک ساعت پایش و ثبت گردد. توصیه می‌شود ۳ h برای اطمینان از به تعادل رسیدن پیل در آزمون، زمان در نظر گرفته می‌شود و پس از آن ولتاژ ثبت می‌گردد.

۴-۵-۷ نمودار معمول تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکتروولیز، در شکل ۱ نشان داده شده است. افزایش سریع در ولتاژ پیل، نشان‌دهنده تخریب آند می‌باشد.

۴-۵-۸ هنگامی که ولتاژ پیل، E_a ، به میزان $1/5 V$ بیشتر از ولتاژ شروع آزمون، E_0 ، شود (ولتاژ شروع، ولتاژ پیل ۳ h پس از آغاز آزمون می‌باشد)، آند را می‌توان مردود در نظر گرفت. مدت زمان میان شروع آزمون و تخریب آند، طول عمر تسريع شده، a ، می‌باشد (به شکل ۱ مراجعه شود).



راهمنا

X زمان الکتروولیز

Y ولتاژ پیل

شکل ۱- منحنی معمول تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکتروولیز

۴-۵-۴ توصیه می‌شود این موضوع که تنها عامل افزایش ولتاژ، تخریب آند است و این افزایش در اثر عامل دیگری مانند قطع اتصال الکتریکی نیست، تصدیق شود.

۴-۵-۴ برای اطمینان از عدم نوسانات جریان و قطعی‌های برق، باید از منبع تغذیه قابل اعتماد استفاده شود.

۴-۵-۴ اگر آزمون باید با نمودار همبستگی (به پیوست ب مراجعه شود) مقایسه شود، می‌توان آزمون پس از گذشت مدت زمان کافی، متوقف شود تا نشان داده شود که محصول برای طراحی مورد نظر مناسب است.

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 بازرگانی آزمون‌ها، باید تا حد امکان وقفه ایجاد شده کوتاه باشد.

در صورتی که طولانی شدن زمان توقف آزمون اجتناب ناپذیر است، به محض قطع آزمون باید آزمون‌ها سریع از محلول خارج و خشک شوند. بهتر است آزمون‌ها تا زمان شروع مجدد آزمون داخل خشکانه قرار داده شوند.

۷-۴ عملیات روی آزمون‌ها پس از آزمون

پس از پایان یافتن دوره آزمون، آزمون‌ها باید از الکتروولیت خارج شوند، سپس با آب یون‌زدایی شده یا آب مقطر شستشو و خشک شوند.

۵ گزارش نتایج آزمون

تاریخ، زمان، جریان اعمال شده و ولتاژ پیل باید در یک جدول مجزا برای هر آند گزارش شوند. هرگونه وقفه در آزمون و تعویض محلول‌ها باید ذکر شوند. تغییرات ولتاژ پیل نسبت به زمان الکتروولیز را هم می‌توان در یک نمودار نمایش داد (به شکل ۱ رجوع شود).

هرگونه اطلاعات مرتبط دیگر مانند تغییر در رنگ الکتروولیت، سوابق تصویری یا مشخصات ظاهری آزمون‌ها، باید ثبت شوند.

شکل و ابعاد آندها باید مشخص شود. همچنین بهتر است جنس، شکل و ابعاد کاتد ذکر شود. هرگونه انحراف از روش آزمون این استاندارد، باید در گزارش ثبت شود.

۶ کاربرد نتایج

از نتایج این آزمون می‌توان برای مقایسه پایداری آندهای مختلف در شرایط یکسان استفاده نمود. همچنین نتایج آزمون تسريع شده عمر می‌تواند برای ارزیابی آند در برآورده کردن الزامات عمر مورد انتظار طراحی

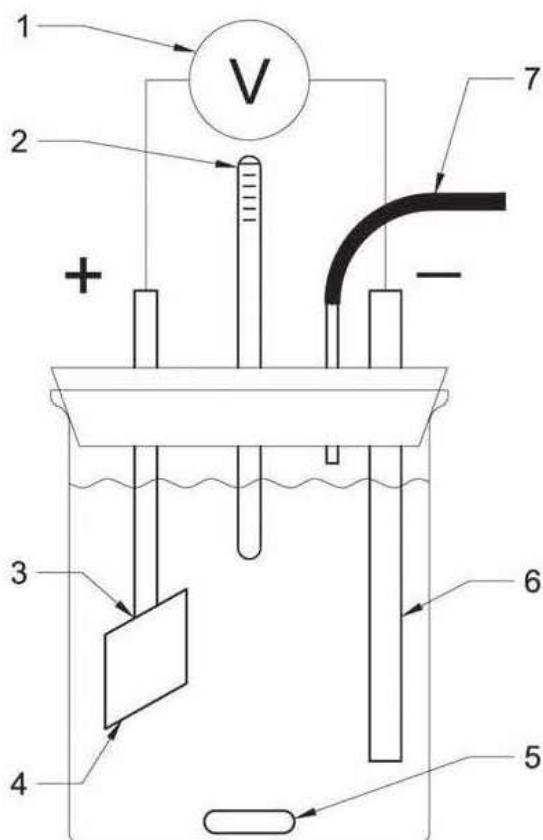
در چگالی جریان مشخص، به کار رود (به پیوست ب مراجعه شود). آزمون تسريع شده طول عمر، به علت شرایط شدیدتر تنش روی آند، نتیجه محافظه کارانه تری نسبت به شرایط عادی ارائه می دهد.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

دستگاه های معمول برای روش آزمون تسریع شده طول عمر

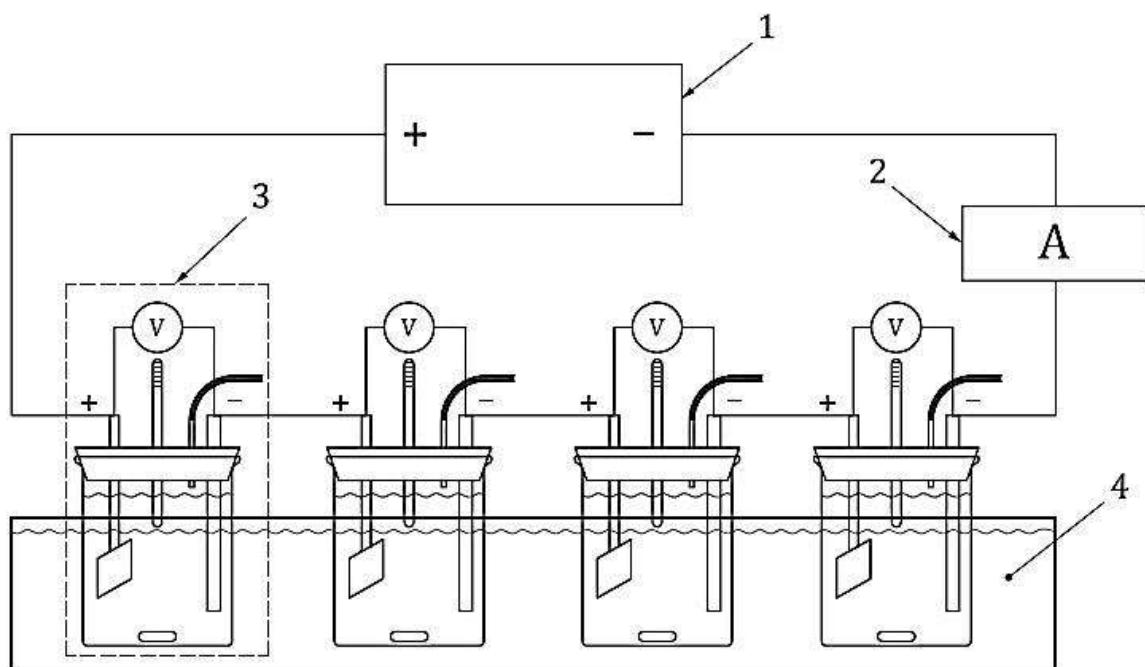
طرح کلی دستگاه های آزمون تسریع شده عمر، در شکل های الف-۱ و الف-۲ نشان داده شده اند.



راهنمای:

ولتسنج یا جمع آوری کننده داده	۱
دماسنج	۲
جوش	۳
آند آزمون	۴
همزن مغناطیسی	۵
کاتد	۶
لوله تخلیه	۷

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



راهنمای:

منبع تغذیه جریان ثابت	1
آمپرسنگ	2
یک پیل آزمون	3
حمام آب دمای ثابت	4

شکل الف-۲- پیل‌های آزمون متصل شده به صورت سری

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

ارزیابی طول عمر بهره برداری آندهای اکسید فلزی مخلوط برای کاربرد حفاظت کاتدی

آزمون تسریع شده جهت اندازه‌گیری توانایی آند در عملکرد قابل قبول برای الزامات طراحی مشخص در مدت زمان کم، به کار می‌رود. غالباً الزامات طراحی برای یک آند با سطح مشخص، به صورت نرخ جریان (بر حسب آمپر) در طول عمر آن (بر حسب سال) بیان می‌شود.

بین طول عمر آند، L ، و چگالی جریان آن، i ، در آندهای اکسید فلزی مخلوط، می‌توان رابطه‌ای تعیین کرد. به طور کلی، همانطور که در شکل ب-۱ نشان داده شده است، $\log L$ نسبت خطی با $\log i$ دارد که این ارتباط را می‌توان به کمک رابطه 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؛

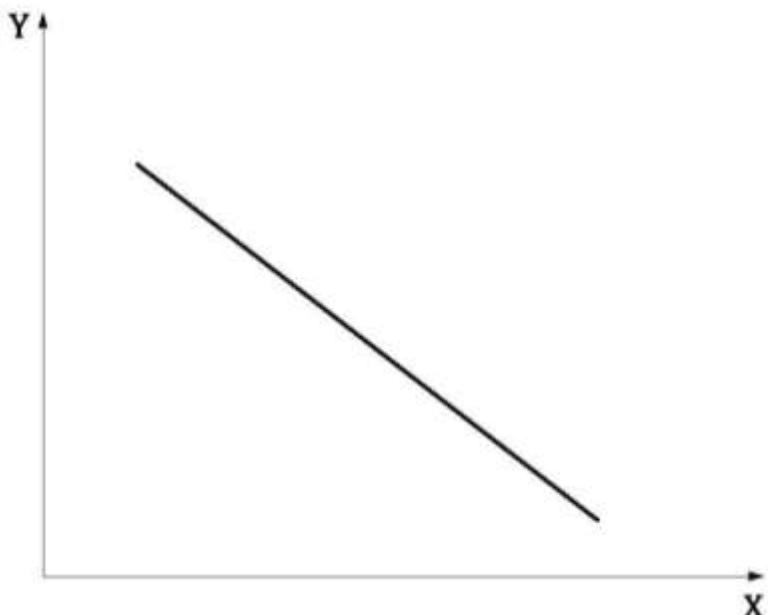
i چگالی جریان بر حسب A/m^2 می‌باشد؛ و

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

با استفاده از روش تدوین شده در این آزمون تسریع شده عمر، مجموعه اطلاعاتی همچون طول عمر آند و چگالی جریان به دست می‌آید. این اطلاعات را می‌توان برای انطباق در رابطه ب-۱ و رسم نمودار همبستگی به کار برد. بهتر است تا حد امکان، جهت افزایش اطمینان از نتایج انطباق، اطلاعات بیشتری در نظر گرفته شوند.

خط انطباق را می‌توان در محدوده چگالی جریان کاری، برونویابی کرد. بنابراین اگر الزامات طراحی برای طول عمر و چگالی جریان، پائین خط (در سمت چپ نمودار) یا روی خط انطباق باشد، آنگاه آند اکسید فلزی مخلوط، می‌تواند مناسب در نظر گرفته شود (به شکل ب-۲ رجوع شود).

این روش، تنها روش قابل استفاده نیست، ولی روش منطقی استفاده از اطلاعات را تشریح می‌کند.



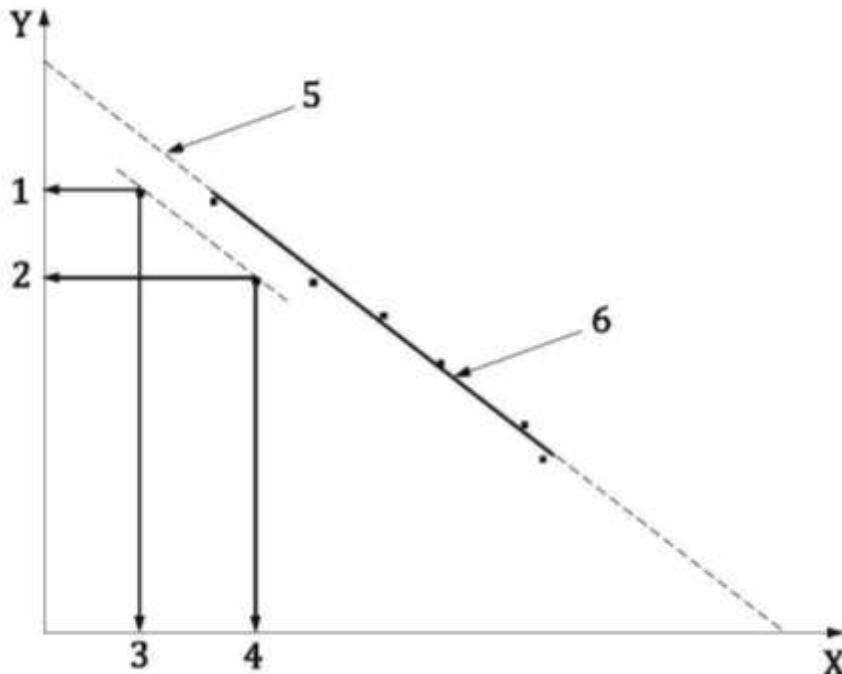
راهنمای:

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 الزامات طراحی کاملاً منطبق بر خط نمودار همبستگی نباشد، خطی موازی با خط همبستگی که شامل نقطه الزامات طراحی باشد، رسم می‌شود. این خط گاهی «خط کاربرد» نامیده می‌شود. به کمک خط کاربرد، چگالی جریان آزمون تسریع شده باید انتخاب شود و طول عمر مربوط به آن، مشخص شود. کاربر با حرکت روی خط کاربرد به سمت راست و پایین، به نقطه مربوط به طول عمر مورد انتظار برای آزمون می‌رسد. چگالی جریان مربوط به این نقطه، چگالی جریان آزمون است.

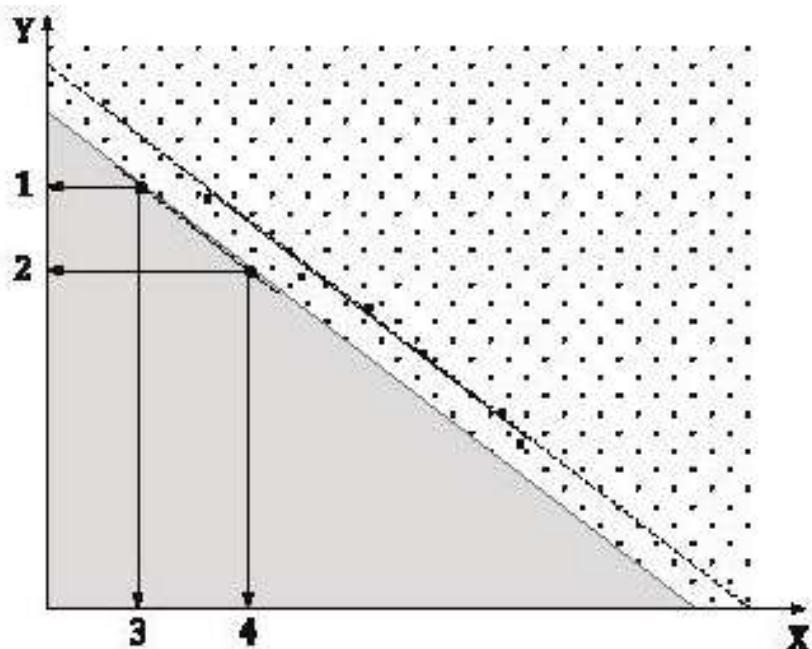


راهنمای:

لگاریتم ۱ چگالی جریان (A/m^2)	X
لگاریتم L طول عمر آند (سال)	Y
طول عمر طراحی شده	1
طول عمر هدف آزمون تسريع شده	2
چگالی جریان طراحی	3
چگالی جریان آزمون تسريع شده	4
برونیابی نمودار همبستگی به محدوده کاربرد	5
منحنی همبستگی	6

شکل ب-۲ الزامات طراحی - نمودار همبستگی داده‌های آزمون

زمان تا تخریب آزمونه، باید با طول عمر مورد نیاز در شرایط آزمون تسريع شده مقایسه شود و باید مقداری برابر و یا بیشتر از طول عمر پیش‌بینی شده توسط خط کاربرد، داشته باشد (که نشان‌دهنده الزامات طراحی رضایت‌بخش است). به بیانی دیگر، در صورتی که زمان تا تخریب، در محدوده‌ای از نمودار قرار گیرد که در سمت راست و یا بالای خط کاربرد است، می‌توان آزمونه مورد نظر را تایید کرد. این مقایسه باید برای چگالی جریان تسريع شده صورت گیرد. در شکل ب-۳ ناحیه تایید، در قسمت فوقانی خط کاربرد به صورت مورب و ناحیه مردود، در پایین این خط، به رنگ خاکستری مشخص شده‌اند. بدلیل امکان انتخاب هر نقطه‌ای روی خط توسط کاربر، کل نواحی نشان داده شده‌اند. به این ترتیب، در صورتی آزمونه تایید می‌شود که طول عمر آزمون برابر یا بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده‌ای باشد که از تقاطع خط و خط عمودی نماینده آزمون تسريع شده بدست می‌آید.



راهنمای:

لگاریتم \bar{I} چگالی جریان (A/m^2)	X
لگاریتم L طول عمر آند (سال)	Y
طول عمر طراحی شده	1
طول عمر هدف آزمون تسریع شده	2
چگالی جریان طراحی	3
چگالی جریان آزمون تسریع شده	4

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

کتاب نامه

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