شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

ISSN 2538-3450

سال نهم ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰ ■ شماره پیاپی ۳۵

انواع مواد فعال در سطح (تانسیواکتیو): سورفکتانت ویژگی‌ها و شناسایی

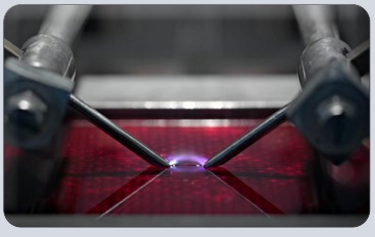
آزمایشگاه‌ها از چگونگی رشد شاخص‌ها می‌گویند

کاربرد دستگاه ردیاب چشمی در علوم شناختی

معرفی سیستم‌های اندازه‌گیری رئومتر

روش‌ها، عوامل و کاربردهای تعیین اندازه ذرات

مدیر کیفیت و نقش آن در آزمایشگاه انجام آزمون با توجه به استاندارد ISO/IEC 17025



انجام آزمون ترکینگ با سه روش متفاوت روی عایق‌های الکتریکی پلیمری

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
راضیه نمکی[1*]
نازنین ملکمی[2]، مینا توانگر[3]
*r_namaki86@yahoo.com

انجام آزمون ترکینگ با سه روش متفاوت روی عایق‌های الکتریکی پلیمری

چکیده

امروزه مواد عایق پلیمری در ساخت محصولاتی مانند مقره‌ها، فیوز کات‌اوت، اسپیسر و کف‌پوش‌های صنعتی، بدلیل فرایندپذیری آسان و خواص بی‌نظیر الکتریکی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. اما عوامل محیطی مانند دما و گرد و خاک در شرایط کویری، رطوبت در نواحی شرجی، آلودگی در محیط‌های صنعتی و مواردی از این قبیل می‌توانند منجر به شکست و آتش‌سوزی شده و متحمل خسارات سنگین شود. لذا شبیه‌سازی این نوع شرایط در آزمایشگاه، دارای اهمیت ویژه‌ای است. از جمله آزمون‌های بررسی مقاومت مواد عایق در برابر آتش‌سوزی و شکست الکتریکی، آزمون مقاومت به ترکینگ و سایش است. ترکینگ و سایش می‌تواند در حضور عوامل آلوده‌کننده و ترکننده و یا حتی در عدم حضور این موارد، با ایجاد شدن تخلیه قوسی و جزئی الکتریکی روی سطح عایق انجام شود. بنابراین، آشنایی با آزمون‌هایی که در این دسته جای می‌گیرند، می‌تواند به کاربر در انتخاب نوع آزمون و شرایط متناسب با کاربرد محصول در زمان بهره‌برداری کمک شایانی نماید.

واژه‌های کلیدی

عایق الکتریکی، ترکینگ، اندیس ترکینگ، مقاومت قوسی، ترکینگ سطح شیبدار.

مقدمه

مواد پلیمری به دلیل فرآیندپذیری آسان، وزن کم و خواص بی نظیر الکتریکی کاربرد گسترده‌ای در ساخت تجهیزات عایق الکتریکی برای مصارف بیرونی و داخلی دارد. با توجه به اینکه وجود رطوبت و عوامل آلوده کننده در زمان بهره‌برداری، امکان وقوع ترکینگ و سایش سطح را بالا برده و سبب کاهش اطمینان‌پذیری طولانی مدت به تجهیزات و خواص عایقی آنها شده و حتی گاهی منجر به آتش‌سوزی می‌شود، بنابراین شبیه‌سازی عوامل محیطی و شرایط آب و هوایی در آزمایشگاه و بررسی رفتار تجهیز در شرایط سخت، لازم و ضروری است. بدین دلیل مقاومت به ترکینگ و سایش در مواد عایق پلیمری یک خاصیت بسیار مهم است که توجه بسیاری را در سال‌های اخیر جلب کرده است.

بررسی این ویژگی عایق‌های پلیمری براساس استانداردهای مختلفی نظیر استاندارد IEC 60112 با عنوان بررسی اندیس ترکینگ نسبی[۴] و اندیس ترکینگ شاهد[۵] و استاندارد IEC 61621 با عنوان مقاومت در برابر تخلیه‌های قوسی در ولتاژ بالا و جریان پایین در حالت خشک و IEC 60587 با عنوان ترکینگ و سایش صفحه شیب‌دار، انجام می‌شود. دو استاندارد IEC 60587 و IEC 60112 مقاومت به ترکینگ و سایش نمونه را در کنار عامل آلوده کننده سطح بررسی می‌کند. هدف از این مقاله، بررسی کاربرد و ویژگی‌های این سه آزمون است.

◈ اندیس ترکینگ

آزمون بررسی اندیس ترکینگ نسبی و شاهد در مواد عایق جامد مطابق با استاندارد IEC 60112 انجام می‌شود. مقاومت به ترکینگ، به‌صورت مقاومت یک عایق در جلوگیری از ایجاد جریان تعریف می‌شود. نتیجه این آزمون، مواد با مقاومت پایین به ترکینگ را از مواد با مقاومت خوب یا میانه متمایز می‌کند. البته به‌منظور بررسی عملکرد مواد برای استفاده در محیط‌های بیرونی، آزمون‌های سختگیرانه‌تری مورد نیاز است که مطابق با استاندارد IEC 60587 با مدت زمان طولانی‌تر و ولتاژ بالاتر روی نمونه‌های بزرگتری انجام می‌شود. این استاندارد بین‌المللی روشی برای اندازه‌گیری اندیس ترکینگ نسبی و شاهد نمونه‌های صفحه‌ای انتخاب شده از محصول نهایی یا مواد خالص را فراهم می‌کند. همچنین درصورت لزوم، امکان اندازه‌گیری عمق تخریب نیز وجود دارد [۱].

اندیس ترکینگ شاهد اصولاً به‌عنوان ملاک پذیرش برای کنترل کیفیت مواد و محصول ساخته شده استفاده می‌شود. اما اندیس ترکینگ نسبی در اصل جزء مشخصه‌شناسی مواد و برای مقایسه مشخصات مواد است. این نکته قابل ذکر است که نتیجه این آزمون نمی‌تواند به‌طور مستقیم به‌منظور تخمین فاصله خزشی ایمن در طراحی تجهیزات الکتریکی به کار رود [۱].

◆ نمونه مورد آزمون

برای انجام این آزمون، دو الکترود در فاصله ۴ mm از یکدیگر روی یک نمونه دارای سطح صاف و با ابعاد ۲*۲ cm قرار می‌گیرد. در شرایطی که امکان‌پذیر باشد، می‌توان بجای انتخاب نمونه از محصول نهایی، ماده اولیه را مورد آزمون قرار داد. در موارد خاص سطح نمونه ساییده می‌شود تا سطح صاف فاقد جهت‌گیری به‌دست آید. آزمون روی نمونه افقی با ضخامت حداقل ۳ mm و حداکثر ۱۰ mm انجام می‌گیرد. در موارد خاص، چند لایه از ماده روی یکدیگر قرار می‌گیرند تا به حداقل ضخامت لازم برسد [۲].

◆ ولتاژ اعمالی

ولتاژ اعمالی در حین آزمون باید بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ ولت با ولتاژ متناوب و بصورتی که مضربی از ۲۵V باشد، انتخاب شود [۱].

◆ شرایط حین آزمون

حین اعمال ولتاژ (AC)، باید ۱۰۰ قطره محلول استاندارد در فواصل زمانی ۳۰s روی نمونه‌ای که در معرض تخلیه قوس الکتریکی ریخته شود و میزان مقاومت نمونه در برابر این تخلیه‌های قوسی بررسی شود. نمونه حین آزمون دچار سایش و یا نرم می‌شود، تا آنجا که نمونه سوراخ شود. در این حالت عمق تخریب (ضخامت نمونه) نیز گزارش شده یا آزمون روی نمونه با ضخامت بالاتر (تا ۱۰ mm) تکرار می‌شود [۱].

◆ شرایط تأیید و یا عدم تأیید نتیجه آزمون

چنانچه جریان از ۱۰ درصد ۰/۵ A± فراتر رود و به مدت ۱۰ درصد ۲ s± تداوم داشته باشد، دستگاه شکست نمونه را اعلام می‌کند. بالاترین ولتاژی که در آن تعداد ۵ نمونه، با شکست مواجه نشود به‌عنوان ولتاژ CTI گزارش می‌شود [۱].

CTI: ولتاژی است که در آن ولتاژ، هیچ ترکینگی پس از ۵۰ قطره از محلول A اتفاق نیفتد، در حالی که در ۲۵ V پایین‌تر هیچ ترکینگی پس از ۱۰۰ قطره از محلول A اتفاق نیافتد [۳].

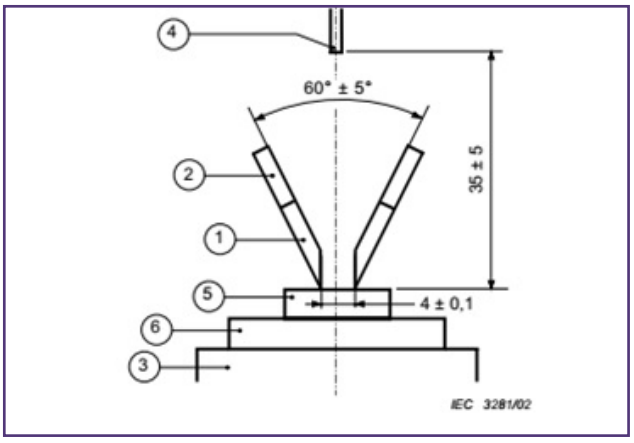
CTI-M: ولتاژی است که در آن ولتاژ، هیچ ترکینگی پس از ۵۰ قطره از محلول B اتفاق نیفتد، در حالی که در ۲۵ V پایین‌تر هیچ ترکینگی پس از ۱۰۰ قطره از محلول B اتفاق نیافتد [۳].

محلول A: آمونیوم کلراید و آب دیونیزه طبق استاندارد IEC 60112 [۳].

محلول B: آمونیوم کلراید، آب دیونیزه و یک محلول غیریونی طبق استاندارد IEC 60112 [۳].

◆ نتیجه‌گیری آزمون اندیس ترکینگ

آرک ترکینگ در اثر دما، رطوبت، ذرات کربن، روغن و دیگر آلودگی‌ها روی سطح ماده عایق رخ می‌دهد. تغییر شکل[۶] مواد ترموپلاستیک می‌تواند سبب اصلاح مقاومت به قوس شود. در این آزمون، شکست توسط سایش نمونه و یا ایجاد ترکینگ روی سطح نمونه شناسایی می‌شود [۳]. در شکل (۱) چگونگی قرارگیری الکترودها در آزمون اندیس ترکینگ قابل مشاهده است.



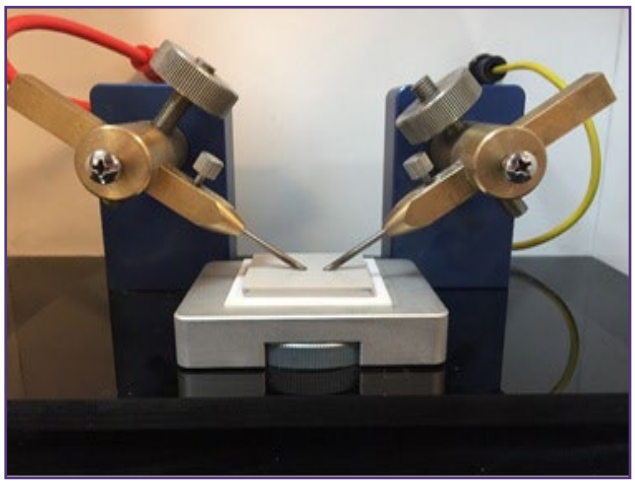
شکل (۱): چگونگی قرارگیری الکترودها در آزمون اندیس ترکینگ [۱].

◈ آزمون مقاومت قوس

در استاندارد IEC 61621 روش آزمونی ارائه می‌شود که طی آن، میزان مقاومت نمونه در برابر تخلیه‌های قوسی با ولتاژ زیاد و جریان کم در شرایط خشک مورد بررسی قرار می‌گیرد. با انجام این آزمون تفاوت‌های اولیه بین دو ماده عایق مشابه مشخص می‌شود. در واقع این وجه تمایز براساس میزان مقاومتی است که نمونه در برابر تخلیه‌های الکتریکی قوسی ایجاد شده روی سطح نمونه در شرایط با ولتاژ بالا و جریان پایین در حالت خشک، از خود نشان می‌دهد. این تخلیه‌های الکتریکی سبب تخریب و فرسایش شیمیایی و دمایی نمونه شده و در نهایت یک مسیر هادی روی سطح ماده عایقی ایجاد می‌شود [۴].

از آنجا که روش انجام این آزمون ساده و راحت است و زمان کوتاهی برای انجام آن مورد نیاز است، بنابراین آزمون مناسبی برای بررسی اثر تغییرات در فرمولاسیون مواد و همچنین کنترل کیفیت محصول به شمار می‌رود. از آنجا که این آزمون در محیط تمیز و خشک انجام می‌شود، نتایج می‌تواند در محیط آلوده یا مرطوب تغییر کند. این روش برای موادی که مسیر رسانایی در اثر اعمال قوس الکتریکی تشکیل نمی‌دهند یا مواد مذاب ایجاد می‌کنند، کاربردی نیست [۴].

در این آزمون از دو نوع الکترود استفاده می‌شود. نوار از جنس فولاد ضد زنگ[۷] و میله از جنس تنگستن. برای مواد با مقاومت به قوس بیشتر از ۱۸۰Ω، از میله تنگستن استفاده می‌شود. الکترود باید با زاویه ۳۵° نسبت به سطح افق و با حد فاصل ۰/۰۸ mm ± ۶/۳۵ نسبت به هم روی سطح نمونه قرار گیرند [۵]. در شکل (۲) چگونگی قرارگیری الکترودها در آزمون مقاومت قوس قابل مشاهده است.



شکل (۲): چگونگی قرارگیری الکترودها در آزمون مقاومت قوس

◆ نمونه مورد آزمون

حداقل ۵ نمونه با ضخامت ۳/۱۷±۰/۲۵ mm و با سطح صاف و مسطح باید آزمون شود. در صورتی که ضخامت نمونه‌ها کمتر از این مقدار باشد، می‌توان از چند لایه نمونه بهم چسبیده برای بدست آمدن ضخامت لازم استفاده کرد [۴].

◆ جریان و ولتاژ اعمالی

این آزمون به‌طور کلی شامل (۷) مرحله است که از مرحله (۱) تا مرحله (۷)، بتدریج شرایط آزمون سختگیرانه‌تر می‌شود. در (۴) مرحله اول، شدت جریان یکسان است. در مرحله اول آرک به مدت ۱/۸ s اعمال شده و به مدت ۷/۸ s قطع می‌شود اما در مراحل (۲) و (۳)، فواصل زمانی اعمال آرک بیشتر شده و فاصله زمانی استراحت کم می‌شود تا در مرحله چهارم، آرک به‌صورت ممتد اعمال می‌شود. در (۳) مرحله بعدی، به‌صورت متوالی، شدت جریان افزایش می‌یابد. همچنین ولتاژ

۱۲/۵ kV مطابق با جدول (۱) به نمونه طی مدت ۷ دقیقه اعمال می‌شود [۴].

جدول (۱): توالی مراحل ۱ دقیقه‌ای [۴].

مراحل	جریان (میلی‌آمپر)	سیکل زمانی (ثانیه)	زمان کل (ثانیه)
۱/۸	۱۰	۱/۸ زمان اعمال ولتاژ ۷/۸ زمان قطع ولتاژ	۶۰
۱/۴	۱۰	۱/۴ زمان اعمال ولتاژ ۳/۴ زمان قطع ولتاژ	۱۲۰
۱/۲	۱۰	۱/۲ زمان اعمال ولتاژ ۱/۲ زمان قطع ولتاژ	۱۸۰
۱۰	۱۰	اعمال پیوسته ولتاژ	۲۴۰
۲۰	۲۰	اعمال پیوسته ولتاژ	۳۰۰
۳۰	۳۰	اعمال پیوسته ولتاژ	۳۶۰
۴۰	۴۰	اعمال پیوسته ولتاژ	۴۲۰

◆ شرایط تأیید و یا عدم تأیید نتیجه آزمون:

زمان اتمام آزمون یکی از چهار حالت زیر است:

۱. بسیاری از مواد غیر آلی دی‌الکتریک ملتهب و گرم می‌شوند که در این حالت، توانایی رسانش جریان را دارند. این مواد پس از سرد شدن، به حالت اولیه باز می‌گردند.

۲. برخی مواد آلی بدون ایجاد مسیر رسانش، شعله‌ور می‌شوند.

۳. دیگر مواد با روی دادن «ترکینگ» دچار شکست می‌شوند. ترکینگ به معنای شکل‌گیری خط نازک سیمی شکل بین الکترودها پس از ناپدید شدن قوس الکتریکی است.

۴. مدل چهارم شکست، با کربونیزه شدن سطح اتفاق می‌افتد تا زمانی که کربن لازم به‌منظور حمل جریان ایجاد شود [۴].

◆ نتیجه‌گیری آزمون مقاومت قوس

به‌طور معمول بیشتر مواد چند ثانیه پس از ورود به هر مرحله از (۷) مرحله توضیح داده شده، دچار شکست می‌شوند. لذا زمان مقایسه مواد در مقاومت آن‌ها به ترکینگ، باید اهمیت بیشتری به شکستی که چند ثانیه پس از انتقال به مرحله جدید اتفاق می‌افتد، داده شود تا همان بازه زمانی در یک مرحله. در نتیجه، تفاوت میان دو ماده‌ای که در زمان ۱۸۲ s و ۱۷۸ s دچار شکست شدند بیشتر از دو ماده‌ای است که در ۱۷۸ s و ۱۷۴ s دچار شکست شدند [۴].

معیار پذیرش این آزمون در استاندارد IEC 61621 بزرگتر از ۱۸۰ s تعیین شده‌است [۶]. زمانی که مقاومت به قوس در یک نمونه پایین باشد، بدین معناست که آن ماده در اثر افزایش زمان اعمال قوس، دچار شکست می‌شود. مقاومت به قوس به عوامل زیر بستگی دارد:

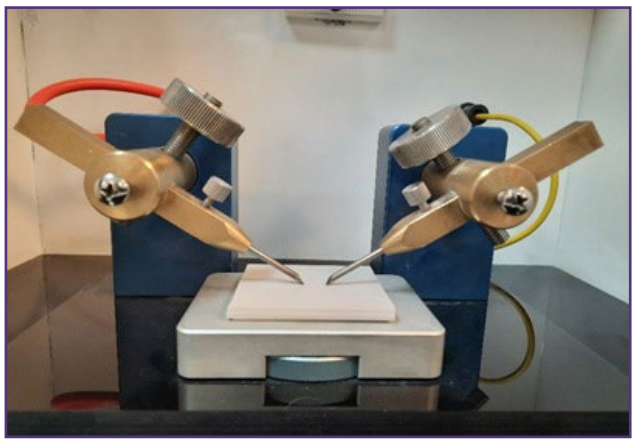
ذرات یونی: مقاومت به قوس با کاهش ذرات یونی میان دو الکترود افزایش می‌یابد؛

طول قوس: مقاومت به قوس با افزایش فاصله میان دو الکترود افزایش می‌یابد؛

سطح مقطع قوس: مقاومت به قوس با کاهش سطح مقطع[۸] افزایش می‌یابد.

◆ تغییر در چگونگی قرارگیری الکترود

مطابق استاندارد IEC 61621، الکترود باید با زاویه ۳۰° نسبت به سطح افقی روی نمونه قرار گیرد. در این حالت سطح مقطع اعمال قوس روی نمونه در مقایسه با حالتی که تنها نوک الکترود روی نمونه قرار گیرد، بیشتر است. برای بررسی میزان اثر سطح مقطع الکترود بر نتیجه آزمون، این آزمون در حالتی که تنها نوک الکترودها روی نمونه باشد، انجام شد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، با کاهش سطح مقطع، مقاومت ماده به قوس افزایش می‌یابد. در نتیجه مشاهده شد که زمان تاب‌آوری ماده در حین اعمال قوس الکتریکی در شرایطی که الکترود مطابق شکل (۳) روی نمونه قرار گیرد، بالاتر است. نحوه قرارگیری الکترود وارونه در آزمون مقاومت قوس در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): قرارگیری الکترود وارونه در آزمون مقاومت قوس.

◈ آزمون ترکینگ سطح شیبدار

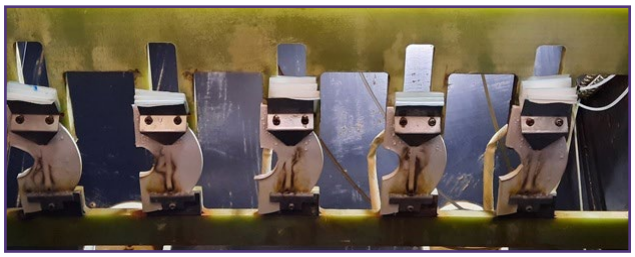
در آزمون ترکینگ و سایش صفحه شیبدار، صفحه پلیمری و یا چترک مقره‌ها در معرض محلول آلوده کننده‌ای با دبی مشخص و عبور برق فشار قوی در ولتاژ تعیین شده قرار داده می‌شود. هدف از انجام این آزمون، ارزیابی عایق‌های الکتریکی استفاده شده در شرایط سخت محیطی در فرکانس قدرت است که میزان مقاومت نمونه را نسبت به ترکینگ و سایش و در برابر شعله‌ور شدن و عمق خوردگی، با استفاده از یک مایع آلوده‌کننده تعیین می‌کند.

این روش آزمون برای تشخیص تمایز بین مواد عایق الکتریکی جامد، براساس میزان مقاومت آنها در حالت قرار گرفتن در تنش ولتاژی در طول سطح جامد و در زمانی که با یک محلول آلوده کننده قابل یونیزه رسانای الکتریکی مرطوب می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷].

در طی این آزمون، تخلیه‌های الکتریکی روی سطح ماده عایق الکتریکی رخ می‌دهد و نمونه به‌صورت کمی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. تأثیر این آزمون مشابه با حالتی است که در زمان بهره‌برداری، گرد و خاک و ذرات دیگر موجود در هوا، با رطوبت میعان شده، روی سطح نمونه ترکیب می‌شوند و نمونه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این شرایط ممکن است که تخلیه‌های الکتریکی بصورت پراکنده و گاه و بیگاه بر سطح نمونه رخ دهد. تجزیه شدن نمونه و تخریب آن، اغلب به‌صورت مسیرهای رسانایی است که بسیار آهسته گسترش پیدا می‌کند تا زمانی که در نهایت در فضای بین دو الکترود پل ایجاد شود و سبب شکست الکتریکی کامل شود. در صورتی که با اعمال انرژی/ولتاژ کنترل شده‌ای به یک ماده عایق الکتریکی، تخلیه الکتریکی مداومی روی سطح آن ایجاد شود و در نهایت طی چند ساعت، شکست و تخریب نمونه حاصل شود، نشان دهنده این است که اگر این نمونه به مدت طولانی و در شرایط نامنظم جوی، در حالت بهره‌برداری قرار گیرد، شکست و تخریبی مشابه با حالت قبل، در آن رخ خواهد داد [۷].

◆ نمونه مورد آزمون

نمونه‌های صاف با حداقل ابعاد ۱۲۰ mm×۵۰ mm باید استفاده شوند. ضخامت ترجیحی نیز ۶ mm است. این آزمون باید حداقل روی ۵ نمونه از هر ماده و به‌صورت همزمان یا پشت سر هم انجام شود. نمونه از طرف سطح صاف و از قسمت پایین، روی یک تکیه‌گاه با زاویه ۴۵° ± ۲° نسبت به افق قرار می‌گیرد [۸]. همچنین می‌توان نمونه‌ها را به‌طور مستقیم از محصول نهایی مانند چترک مقره‌ها انتخاب کرد و آزمون انجام داد. چگونگی بستن نمونه‌ها در آزمون ترکینگ سطح شیبدار در شکل (۴) نشان داده شده‌است.



شکل (۴): چگونگی بستن نمونه‌ها در آزمون ترکینگ سطح شیبدار.

◆ شرایط حین آزمون

محلول آلوده کننده رسانا باید به‌طور پیوسته روی سطح نمونه مورد آزمون جاری شود، به این منظور که تخلیه‌های الکتریکی ایجاد شده روی سطح عایق الکتریکی، به‌صورت مداوم باشد. این محلول آلوده کننده ترکیبی از آمونیوم کلراید، آب دیونیزه و یک ترکننده غیر یونی است که براساس استاندارد IEC 61621 تهیه شده و دارای مقاومت معین ۳/۹۵ Ωm ± ۰/۰۵ Ωm در دمای ۲۳°C±۱°C است. زمانی که محلول آلوده کننده با نرخ مشخص، به‌صورت یکنواخت روی نمونه‌ها جاری شد، می‌توان ولتاژ را تا مقدار تعیین شده در جدول (۲) که مربوط به نرخ در نظر گرفته شده برای محلول آلوده کننده است، افزایش داد [۸].

پیش از اعمال ولتاژ، جریان یکنواخت و پیوسته مایع آلوده کننده روی سطح با جریان مشخص جاری می‌شود. قدرت آبگریزی سطح کاهش می‌یابد تا جایی که چرخه دائم خیس شدن و جرقه زدن حذف می‌شود. موادی که دچار ترکینگ و سایش می‌شوند، ریشه جرقه‌زنی‌شان بلافاصله بالای الکترود پایین[۹] اتفاق می‌افتد که سبب پیشروی ترکینگ به سمت الکترود ولتاژ بالا می‌شود [۹].

جدول (۲): عوامل آزمون [۸].

ولتاژ آزمون (کیلو ولت)	ولتاژ آزمون پیشنهادی برای روش ۱ (کیلو ولت)	نرخ محلول آلوده کننده (میلی‌لیتر بر دقیقه)	مقاومت (کیلو اهم)
۱/۰ تا ۱/۷۵	–	۰/۰۷۵	۱
۲/۰ تا ۲/۷۵	۲/۵	۰/۱۵	۱۰
۳/۰ تا ۳/۷۵	۳/۵	۰/۳۰	۲۲
۴/۰ تا ۴/۷۵	۴/۵	۰/۶۰	۳۳
۵/۰ تا ۶/۰	–	۰/۹۰	۳۳

◆ شرایط تأیید و یا عدم تأیید نتیجه آزمون

چنانچه جریان نشتی ۶ mA ± ۶۰ در مدار ولتاژ بالا برای مدت ۲ تا ۳ ثانیه تداوم یابد، آزمون پایان می‌یابد. هر چه ولتاژ بالاتر باشد جریان نشتی بالاتر است [۱۰].

به‌طور کلی دو معیار برای تشخیص نتیجه این آزمون وجود دارد، بطوری که اگر هر یک از این دو معیار رخ دهد نتیجه آزمون مورد تأیید نیست:

تخریب براساس معیار A: زمانی که مقدار جریان در مدار ولتاژ بالا در نمونه بیش از ۶۰ mA شود، یا زمانی که در نمونه سوراخی به دلیل فرسایش شدید مشاهده شود و یا اینکه نمونه حین آزمون آتش بگیرد [۸].

معیار A مربوط به روش ولتاژ ثابت (روش اول) است که در ادامه، این روش به تفصیل شرح داده می‌شود.

تخریب براساس معیار B: زمانی که روی سطح نمونه مسیری به طول ۲۵ mm بالاتر از الکترود پایین، تحت اثر ترکینگ قرار گیرد، یا زمانی که در نمونه سوراخی به دلیل فرسایش شدید مشاهده شود و یا اینکه نمونه حین آزمون آتش بگیرد [۸].

معیار B مربوط به روش ولتاژ متغیر (روش دوم) است که در ادامه این روش به تفصیل شرح داده می‌شود.

اگر زمان آزمون کمتر از ۳۶۰ min باشد، بدین معنی است که نمونه مورد تأیید نیست [۱۰].

◆ ولتاژ اعمالی

به‌طور کلی انجام این آزمون به دو روش ولتاژ ثابت (روش اول) و ولتاژ متغیر (روش دوم) که در حالت ولتاژ متناوب هستند، امکان‌پذیر است [۸].

در روش اول، ولتاژ ثابت ترکینگ، بالاترین ولتاژی است که هر پنج نمونه در شرایط آزمون و طی ۶ ساعت تحمل کنند و سه حالتی که سبب مردود شدن نتیجه آزمون می‌شود، رخ ندهد [۸].

در حالتی که نمونه ناشناخته است؛ برای رسیدن به مقدار ولتاژ ثابت، باید ابتدا یک سری ۵ تایی از نمونه در ولتاژ ۲/۵ kV و دبی ۰/۱۵ ml/min مورد آزمون قرار گیرد. اگر همه نمونه‌هایی که مورد آزمون قرار گرفتند، شرایط آزمون را به مدت ۶ ساعت تحمل کردند، باید یک سری ۵ تایی دیگر از نمونه را در ولتاژ ۳/۵ kV و دبی محلول ml/min ۰/۳ مورد آزمون قرار داد. در این مرحله نیز اگر همه نمونه‌هایی که مورد آزمون قرار گرفتند، شرایط آزمون را به مدت ۶ ساعت تحمل کردند، باید یک سری ۵ تایی دیگر از نمونه را در ولتاژ ۴/۵ kV و دبی محلول ml/min ۰/۶ مورد آزمون قرار داد [۸].

در روش دوم، در ابتدا باید یک ولتاژ برای شروع آزمون انتخاب کرد. این ولتاژ باید ضریبی از ۲۵۰ V باشد و به‌گونه‌ای انتخاب شود که حداقل تا سومین مرحله از افزایش ولتاژ، تخریب نمونه براساس معیار پذیرش A یا B، صورت نگیرد. میزان دبی محلول آلوده کننده براساس جدول و در بازه ولتاژی مشخص شده، تنظیم می‌شود. ولتاژ آغازی انتخاب شده، به مدت یک ساعت به نمونه اعمال می‌شود. تا زمانی که تخریب نمونه براساس معیار A صورت گیرد، باید هر یک ساعت ولتاژ اعمالی به نمونه ۲۵۰ V افزایش یابد. با توجه به اینکه ولتاژ تنظیم شده در کدام بازه ولتاژی جدول (۲) قرار دارد، میزان دبی محلول نیز باید بر همان اساس تعیین شود [۸].

در روش دوم نیز مانند روش اول، ولتاژ متغیر ترکینگ، بالاترین ولتاژی است که هر پنج نمونه در شرایط آزمون و طی ۶ ساعت تحمل کنند و سه حالتی که سبب مردود شدن نتیجه آزمون می‌شود، رخ ندهد [۸].

◆ اعمال ولتاژ مستقیم[10] به نمونه

مطابق استاندارد IEC 60587، ولتاژ اعمالی باید به‌صورت ولتاژ متناوب[11] باشد. در آزمایشگاه سامانه‌های نوین افرا حالت ولتاژ مستقیم نیز توسط تیم نویسنده این مقاله، مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی مشخص شد که میزان تخریب نمونه در مساحت بیشتری ایجاد می‌شود و همچنین عمق تخریب آن بیش از سه برابر نسبت به حالت ولتاژ متناوب بود؛ بطوری که میانگین عمق تخریب در حالت اعمال ولتاژ متناوب به نمونه، ۰/۷ mm و میانگین عمق تخریب در حالت اعمال ولتاژ مستقیم به نمونه، ۲/۵ mm حاصل شد.

◆ نتیجه‌گیری آزمون سطح شیبدار

کاملاً مشهود است که ترکینگ از ایجاد شدن قوس‌های پیوسته روی قسمت خشک، در اثر جریان نشتی بر سطح نمونه و زیر قسمتی که توسط محلول آلوده کننده مرطوب شده‌است، توسعه می‌یابد. در این آزمون، قوس، مابین قطرات یا نواحی مرطوب و در عرض نواحی خشک اتفاق می‌افتد. ریشه قوس‌ها معمولاً در مرز قطره و ناحیه خشک بوده که علت اصلی ترکینگ و سایش است. در ۴/۵ kV قوس انرژی بالاتری داشته و در نتیجه پایداری کمتری دارد، بطوری که به‌طور دائم در حال جابجایی است و سبب می‌شود که آرک در نقطه یا مسیر مشخصی متمرکز نشود. هر چه ولتاژ اعمالی در آزمون بالاتر باشد و جریان مایع افزایش یابد، احتمال اینکه قوس در کل سطح آبگریز نمونه پخش شود، بیشتر است [۱۰].

نتیجه‌گیری

ترکینگ در مواد عایق دارای ساختار آروماتیک به سرعت اتفاق می‌افتد. از جمله دلایل این رخداد، وجود الکترون آزاد در ساختار این ماده و تبدیل آن به رادیکال آزاد به‌خصوص در حضور اکسیژن است که سبب تولید ذغال رسانا می‌شود. مقاومت به ترکینگ و سایش با استفاده از آلومینیوم تری هیدروکسید[۱۲] با خاصیت خاموش کنندگی بالا حاصل می‌شود و همچنین آب‌زدایی گرماگیر از ATH در طول ترکینگ، سبب پایین آوردن دمای سطح می‌شود [۱۱].

در مقاله‌ای، اثر کرونا روی سیلیکون رابر پخت شده در دمای بالا بررسی شده‌است. مطابق این مقاله، پس از قرارگیری نمونه در معرض تنش کرونای تولید شده و آنالیز سطح، گروه‌های عاملی OH آب‌دوست که یک محصول جانبی حین پیرسازی است، به جای گروه عاملی CH_3 آب‌گریز روی سطح قرار می‌گیرند و میزان آبگریزی سطح را کاهش می‌دهند. پس از گذر زمان، سطح به حالت آبگریز باز می‌گردد [۱۲].

بررسی آبگریزی پس از انجام آزمون ترکینگ و سایش صفحه شیب‌دار یکی از اقداماتی است که توسط مارویکاکاس و همکاران انجام شد. در این مقاله، مقایسه‌ای میان دو مقره با سطح ATH متفاوت (ماده سازنده)، که به مدت ۱۷ سال در خطوط شبکه انتقال ۱۵۰ kV کار کرده بودند و یک مقره کار نکرده، انجام شد. مقره کار کرده با سطح ATH پایین کاملا آبگریزی خود را از دست داده بود و کلاس آبگریزی آن HC۶ شناسایی شد؛ اما مقره کار کرده با سطح ATH بالا کلاس آبگریزی HC۲ را نشان داد. سپس چترک مقره‌ها در معرض آزمون ترکینگ و سایش صفحه شیب‌دار قرار گرفت و آبگریزی در پایان آزمون ترکینگ و سایش بررسی شد. آبگریزی مقره با سطح ATH پایین‌تر، حدود ۴۰ درصدکاهش یافته بود [۱۱].

پی‌نوشت

۱. کارشناس ارشد مهندسی شیمی، شرکت سامانه‌های نوین افرا

۲. کارشناس ارشد مهندسی شیمی، شرکت سامانه‌های نوین افرا

۳. کارشناس ارشد مهندسی مواد، شرکت سامانه‌های نوین افرا

4. Comparative tracking index (CTI)

5. Proof tracking index (PTI)

6. design

7. Stainless steel stripes (S.S.S)

8. Cross section

9. Ground electrode

10. Direct voltage

11. Alternative voltage

12. Aluminium trihydroxide (ATH)

13. High temperature vulcanized silicone rubber

مراجع

[1] IECTC112, "Method for the determination of the proof and comparative tracking indices of solid insulating materials," IEC 60112, pp. 1-50, 2003.

[2] ASTM, "Standard test method for comparative tracking index of electrical insulating materials," ASTM D 3638-21, pp. 1-6, 2012.

[3] E. A. Campo, Selection of polymeric materials, 2008.

[4] IECTC112, "Dry solid insulating matrials resistance test to high voltage low current arc discharges," IEC 61621, 1997.

[5] ASTM, "High voltage low current dry arc resistance of solid electrical insulation," ASTM D495, 1999.

[6] IECTC112, "Selection guide for polymeric materials for outdoor use under HV stress," IEC TR 62039, 2007.

[7] ASTM, "Liquid contaminant inclind plan tracking and erosion of insulating materials," ASTM D2303, 2013.

[8] IECTC112, "Electrical insulating materials used under severe ambient conditions test methods for evaluating resistance to tracking and rosion," IEC 60587, 2007.

[9] E. A. Cherney, R. S. Gorur, A. Krivda, S. H. Jayaram, S. M. Rowland, S. Li, M. Marzinotto, R. A. Ghunem and I. Ramirez, "DC Inclined plan tracking and erosion test of insulating materials," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 22, no. 1, pp. 211-217, 2015.

[10] D. Meng, B.-Y. Zhang and J. Chen, "Tracking and erosion properties evaluation of polymeric insulating materials," in International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE), Chengdu, China, 2016.

[11] N. Mavrikakis, K. Siderakis and P. N. Mikropoulos, "Laboratory Investigation on Hydrophobicity and Tracking performance of Field Aged Composite Insulators".

[12] M. O. a. C. H. a. S. T. Yong Zhu a, "Loss and recovery in hydrophobicity of silicone rubber exposed to corona discharge," Polymer Degradation and Stability 91, pp. 1448-1454, 2006.

Performing Tracking Test with Three Different Methods on Polymeric Electrical Insulations

Author

Raziye Namaki[1*]
Nazanin Malkami[2]
Mina Tavangar[3]

* r_namaki86@yahoo.com

1.MSc of Chemical engineering, Samanehaye Novin Afra Company
2. MSc of Chemical engineering, Samanehaye Novin Afra Company
3. MSc of Metallurgy engineering, Samanehaye Novin Afra Company

Abstract

Nowadays, polymeric insulating materials have been considered in the manufacture of products such as insulators, cut-out fuses, spacers and industrial matting, due to their easy processability and unique electrical properties. But environmental factors such as temperature and dust in desert regions, humidity in coastal areas, pollution in industrial environments and the like can lead to flashover and fire and massive damage. Therefore, simulation of this condition in the laboratory is essential. One of the tests for examining the resistance of insulating materials against fire and electrical failure are tracking and erosion resistance test. Tracking and erosion can be done in the presence of contaminants and wetting agents or even in dry conditions, by creating an arc and partial electrical discharge on the insulation surface. Therefore, familiarity with the tests that fall into this category, can help the user in choosing the type of test and conditions appropriate to the application of the product during operation.

Keywords

Electrical Insulation, Tracking, Tracking index, Arc Resistance, Inclined Plan Tracking.

Iran Nanotechnology Laboratory Network

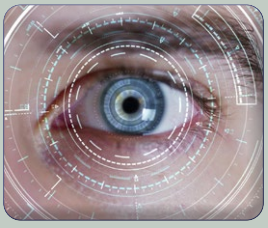
Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

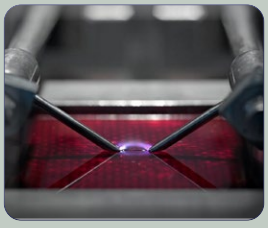
Volume 9 ▪ Issue 3 ▪ Fall 2021 ▪ No.35

Types of surfactants: surfactants, properties and identification

Introduction of rheometer measurement systems



Application of eye-tracker in cognitive sciences



Performing Tracking Test with Three Different Methods on Polymeric Electrical Insulations

Quality management and its role in test performance laboratory according ISO/IEC 17025

Particle size techniques, factors and applications

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir