www.sbargh.ir

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

نقش گاز زدایی[1] در کابل‌های قدرت با عایق پلی اتیلن کراس لینک[2]

ترجمه: مهندس بهرام شمس (کارشناس مهندسی برق – قدرت)

امروزه کابل‌های انتقال زیرزمینی[3] جهت تغذیه سیستم‌های انتقال انرژی، به عنوان یکی از منابع معتبر و باصرفه و با هزینه بسیار پایین شناخته شده‌اند. با توجه به اینکه کاربرد و نصب کابل‌های فشار قوی و فوق فشار قوی[4] زیرزمینی به طور وسیعی در شبکه‌های انتقال؛ رو به افزایش است، لذا این موضوع، سیستم‌های انتقال را با چالش عمده‌ای مواجه کرده است.

برای مثال، با توجه به زیرساختهایی که امروزه در تولید این کابل‌ها مشاهده می‌شود، دستیابی به منابع تولید کابل‌های با کیفیت بسیار بالا، یکی از چالش‌های مهم به شمار می‌آید. آنالیز و تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهند که امروزه عملاً این امکان وجود دارد که اثرات ناشی از تمامی محدودیت‌هایی را که درساخت و تولید کابل، با آن مواجه هستند را کاهش داده و سطح کیفی آنها را ارتقاء داد.

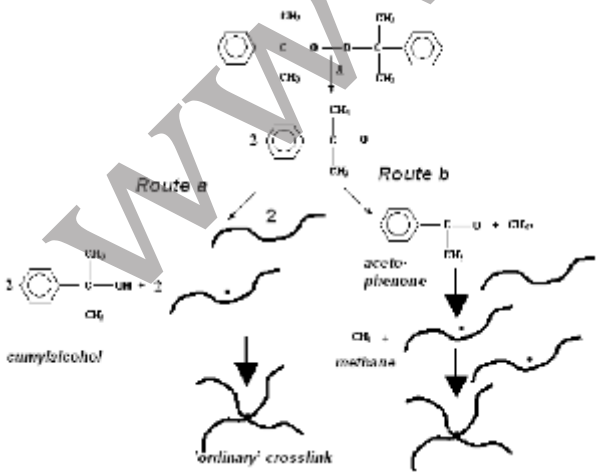
در تولید کابل‌های با بالاترین سطح ولتاژ، زمان واکنش مواد عایقی و کیفیت خروجی آن، اغلب توسط روش‌های حذف محصول فرعی[5] یا گاززدایی، تعیین می‌شود. با توجه به اینکه بیشتر روش‌های مورد استفاده جهت گاززدایی یا حذف محصول فرعی بسیار مناسب و قابل اطمینان هستند، لذا تولیدکنندگان را قادر می‌سازد که حجم بالایی از کابل‌های مورد تقاضا را، بدون نیاز به افزایش سرمایه ثابت، تولید نمایند. با این حال، تغییرات در پروسه تولید و اطمینان از محصول نهایی، نیاز دارد که مشکل گاززدایی و راه‌حل‌های بالقوه و بالفعل آن به طور کامل، درک شود.

این مقاله به بررسی طیف وسیعی ازعوامل و عناصر مهم و بحرانی که درحل مشکل گاززدایی می‌توانند مؤثر باشند، از علم شیمی پایه گرفته تا روش‌ها و تکنیک‌های اندازه‌گیری و محاسباتی که امروزه استفاده می‌شوند، می‌پردازد. به هرحال قبل از شروع بحث بهتر است اصطلاحات و واژه‌های فنی، شفاف‌سازی شوند. فرآیندی که به موجب آن، محصولات فرعی حاصل از واکنش کراس لینک شدن، برداشته می‌شوند، "گاززدایی" نامیده می‌شود. اگر چه بی‌تردید؛ گازهای محصولات فرعی (اصولاً گاز متان) در خلال این روش، برداشته و حذف می‌شوند ولی این فرآیند به تنهایی مؤثر نمی‌باشد. در مدتی که فرآیند کراس‌لینک شدن انجام می‌شود سطح محصولات فرعی جامد/مومی شکل (مانند استوفنون[6] و الکل کیومیل[7]) و تمامی محصولات فرعی که ممکن است مجدداً منتشر و توزیع شوند، کاهش می‌یابد.

بنابراین وقتی در این مقاله از اصطلاح گاززدایی استفاده می‌شود، اشاره به کاهش و خارج کردن مجدد تمامی محصولات فرعی (چه به صورت گاز و چه به صورت جامد) حاصل از فرآیند کراس‌لینک، از عایق است. با استفاده از مواد XLPE ، دمای کار کابل به ۹۰ درجه سانتیگراد و دمای اتصال کوتاه به ۲۵۰ درجه سانتیگراد افزایش پیدا می‌کند.

پلیمرهای که در آمیزه (کامپوند) XLPE به عنوان عایق کابل‌های فشار متوسط تا فوق فشار قوی، استفاده می‌شوند، توسط راکتورهای لوله‌ای که دارای فشار بسیار بالایی هستند، تولید می‌شوند. تکنولوژی و کارآیی این راکتورها برای مدتهای طولانی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند تا بتوان یک تعادل بهینه در خواص مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی و همچنین شرایط اکسترود کردن و خواص کراس‌لینک شدن مواد، ایجاد کنند.

کراس‌لینک کردن پلی‌اتیلن سبک (LDPE)، با استفاده از "دی کیومیل پراکساید" یا DCP[8]، اولین بار در سال ۱۹۵۵ توسط گیلبرت[9] و پریکوپیو[10]، در آزمایشگاه تحقیقاتی GE ، در نیسکایونا[11] صورت گرفت. اساس و مکانیزم یکی از راه‌های کراس‌لینک کردن پلی‌اتیلن، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. شروع کراس‌لینک شدن پلی‌اتیلن با پراکساید

www.sbargh.ir

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

www.sbargh.ir

مشخصات پلی‌اتیلن که به طور معمول، قابلیت کراس‌لینک شدن را دارد، در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. مشخصات مواد مورد بحث

مشخصات مواد		کاربرد	نوع آمیزه
گشتاور نوعی[۱۳] در زمان کراس‌لینک شدن (نیوتن متر)	گرماسختی نوعی[۱۲] ٪		
۰/۶۲-۰/۶۷	۵۰ – ۶۰	MV تا EHV	LDPE پلی‌اتیلن سبک

در شکل ۱ می‌توان چند نکته مهم را در رابطه با پراکساید مشاهده کرد:
اولاً پراکساید باعث می‌شود که حداکثر کراس‌لینک شیمیایی در ساختار شبکه‌ای پلی‌اتیلن ایجاد شود. ثانیاً هرگونه تجزیه مولکولی پراکساید، صرفنظر از اینکه باعث کراس‌لینک بشود یا خیر، حداقل دو نوع محصول فرعی در پی خواهد داشت. با توجه به اینکه این محصولات فرعی در داخل ساختار عایق وجود خواهند داشت، لذا اگر تحت فشارهای بالا قرار نگیرند (که عایق XLPE معمولاً از طرف گاز نیتروژن داغ، در داخل لوله ولکانیزه، تحت فشار قرار می‌گیرد)، در درون عایق مذاب، به شکل حباب ظاهر شده که منجر به تخلیه جزیی[۱۹] و نهایتاً شکست الکتریکی عایق، می‌شود. جدول ۲، خواص نوعی مربوط به مهم‌ترین محصولات فرعی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. خواص و غلظت محصولات فرعی مختلف حاصل از پلی‌اتیلن کراس‌لینک

مؤلفه‌ها	درجه معرف یا واکنش‌گر شیمیایی[۱۴]				کابل XLPE	
	نقطه جوش[۱۵] C°	نقطه ذوب[۱۶] C°	نفوذپذیری الکتریکی[۱۷]	هدایت الکتریکی[۱۸] @ 80°C Ω^{-1}. Cm^{-1}	نسبت وزنی محصول فرعی (% Wt)	نسبت حجمی محصول فرعی (%Vol)
متان	۱۶۲ –	–	–	–	۰/۰۸	۰/۰۸۴
استوفنون	۲۰۲	۱۹ – ۲۰	۱۷	۵×۱۰^{-۹}	۰/۶	۰/۴۴
الکل کیومیل	۲۱۵ – ۲۲۰	۲۸ – ۳۲	۸	۱×۱۰^{-۱۰}	۱/۲	۰/۸۴
آب	۱۰۰	۰	۸۰	–	۰/۰۸	–
پلی اتیلن سبک	–	۸۰ – ۱۰۵	۲/۳	$۱ \times ۱۰^{-۹}>$	۹۸/۱	۹۸/۶

www.sbargh.ir

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

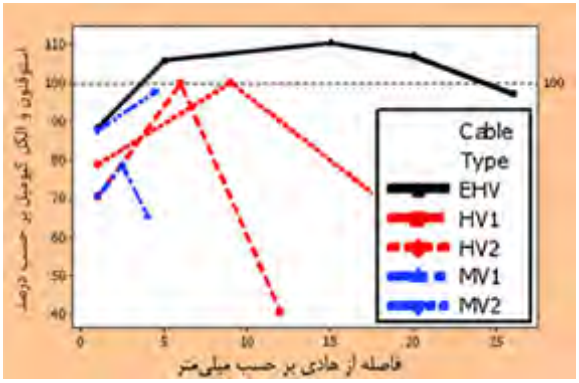
www.sbargh.ir

مقدار دقیق محصولات فرعی بستگی به نسبت‌های دقیق مسیرهای a وb نشان داده شده در شکل ۱ دارد. و به تبع آن بستگی به پراکساید در هنگام تجزیه شدن دارد. بنابراین، نمودار دقیق دما / زمان، مربوط به آزمایشات انجام شده بر روی عایق، بسیار مهم و حیاتی است.

گاززدایی کابل‌های XLPE :

هنگامیکه عایق XLPE، درداخل لوله ولکانیزاسیون پیوسته[19] شروع به کراس شدن می‌کند، به دلیل فشارهای اعمال شده به عایق، می‌توان اطمینان حاصل کرد که محصولات فرعی، هیچگونه حفره‌ای در داخل عایق ایجاد نخواهند کرد. این فشار، تا زمان سرد شدن عایق، در داخل لوله وجود دارد. وقتی عمل کراس‌لینک شدن کامل شود، میزان محصولات فرعی در سراسر عایق، تقریباً ثابت خواهد شد، که این خود ناشی از توزیع یکنواخت پراکساید در زمان اکسترود کردن عایق می‌باشد.

همانگونه که محصولات فرعی پس از تکمیل عمل کراس‌لینک، شروع به خارج شدن از داخل عایق می‌کند، پراکندگی و توزیع پراکساید هم تغییر می‌کند. این فرآیند، در قسمت داغ لوله ولکانیزاسیون، یا لوله CV، شروع می‌شود اما بیشترین میزان تجزیه و تلفات محصولات فرعی در خارج از لوله CV صورت می‌گیرد. در نتیجه تمامی کابل‌هایی که با استفاده از مواد پراکساید آلی[20]، کراس می‌شوند بعضی از این محصولات فرعی تجزیه شده را در ساختار خود نگه می‌دارند. توزیع دقیق و معین محصولات فرعی و همچنین مقدار آنها، بستگی به نوع کابل، تکنولوژی تولید و شرایط فرآیندسازی دارد. در شکل ۲، توزیع و پراکندگی محصولات فرعی را در سرتاسر عایق کابل‌هایی که با مواد یکسان اما درسطوح ولتاژ متفاوت تولید شده‌اند را نشان می‌دهد.



شکل ۲. دیاگرام توزیع محصولات فرعی در کابلهای تولید شده با استفاده از یک نوع مواد عایقی

داده‌های دیاگرام نسبت به عدد ۱۰۰ و در نقطه میانی عایق در کابلی با ولتاژ فشار قوی، مرتب شده است. بخشی از این ویژگی‌ها که در شکل ۲، بطور واضح نمایش داده شده‌اند به شرح زیر است:

– قبل از شروع به گاززدایی، مقداری از محصولات فرعی، از سطوح داخلی و خارجی عایق، به سمت هادی و یا به سمت لوله CV، از عایق خارج می‌شود.

میزان محصولات فرعی که عایق از سطوح داخلی و خارجی خود، از دست می‌دهد یکسان نمی‌باشد. به طور کلی، بیشترین مقدار از محصولات فرعی که عایق از دست می‌دهد، از طریق سطح خارجی آن است.

میزان محصولات فرعی، ذاتاً متفاوتند، از روی شکل ۱ می‌توان غلظت و تمرکز آنها را در کابل‌ها با سطح ولتاژهای مختلف و در نقطه میانی عایق آنها مشاهده کرد. (حتی وقتی که مواد عایقی استفاده شده در این کابلها از یک نوع باشد).

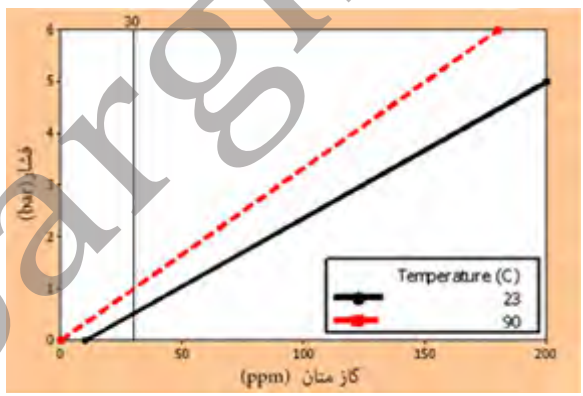
این موضوع، دو علت اصلی دارد، اول اینکه کراس‌لینک شدن در کابل‌های فشار متوسط و فشار قوی، در قسمت‌های مختلف لوله ولکانیزاسیون تکمیل می‌شود، (به طور مثال، کراس‌لینک شدن عایق کابلهای فشار متوسط، در ۴۵ درصد از طول لوله انجام می‌شود و برای کابل‌های فشارقوی در ۶۰ درصد از طول لوله). دوم اینکه نمودارهای زمان/ دما که با آزمایش بر روی عایق‌ها، بدست آمده‌اند، متفاوت بوده و با توجه به نسبت‌های ترکیبی مختلف، برای انجام واکنش کراس‌لینک، به یکی از راه‌های نشان داده شده در شکل ۱، منتهی می‌شوند. محصولات فرعی بر روی کارآیی کابل‌ها و لوازم جانبی آنها تأثیر می‌گذارند. مواردی که به تأثیرگذاری محصولات فرعی مربوط می‌شوند در زیر آمده‌اند:

تأثیرات مکانیکی محصولات فرعی: اگر چه گاز متان می‌تواند در هنگام بهره‌برداری، به مرور از عایق خارج شود، اما به دلیل رعایت مسایل ایمنی و بهداشتی، باید قبل از نصب، این گاز، از عایق خارج گردد زیرا متان، گازی است قابل اشتعال و در هنگام نصب و سرکابل زدن می‌تواند بسیار خطرناک باشد.

کابل‌های فشار قوی و فوق فشار قوی که دارای غلاف فلزی هستند، گازها تحت فشار قرار می‌گیرند و خروج آنها به صورت عرضی با مشکل مواجه خواهد شد اما می‌توانند در امتداد طول کابل، به سمت تجهیزات جانبی مانند ترمینال‌ها و اتصالات در ابتدا و انتهای کابل، حرکت کنند. در این ناحیه با توجه به حرکت گازها، متعلقات و تجهیزات جانبی تحت فشارهای اضافی قرار می‌گیرند. اما از آنجا که تجهیزات نصب و اتصال کابل‌ها دارای خاصیت کشسانی[21] هستند لذا می‌توانند فشارهای مکانیکی بالایی را در محل اتصال به عایق، تحمل کنند و در نتیجه از بروز تخلیه جزیی جلوگیری می‌کنند.

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

فشارگاز باعث می‌شود که مؤلفه‌های کابل تحت فشار قرارگیرند و به احتمال زیاد منجر به تخلیه جزیی شده و در بدترین حالت منجر به شکست عایق می‌گردد. شکل ۳ ارتباط بین گاز متان باقیمانده در کابل را با فشاری که ممکن است در دماهای مختلف اعمال نماید را نشان می‌دهد. تجربه نشان داده است که گاز با فشار یک بار[۲۲]، در حد قابل قبولی می‌باشد. به هرحال در این حالت بایستی کابل، تحت عملیات حرارتی قرار گیرد تا حجم گاز متان در درون عایق و در محل اتصالات، به کمتر از (30-50 ppm[23]) کاهش یابد.



شکل ۳. اثر فشار گاز باقیمانده بر روی متعلقات و تجهیزات جانبی

گزارشات ارسالی از طرف نصب‌کنندگان کابل، حاکی از آن هستند که غلاف‌های فلزی که از استحکام بالایی برخوردارند و ضخیم می‌باشند، مانع از خروج گازهای آزاد شده می‌باشند. در این حالت، فشار گازهای موجود ممکن است باعث تغییر شکل روکش گردد بنابراین، عملیات گاززدایی از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر گاززدایی، می‌توان جهت بالا بردن استحکام روکش، از مواد پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) با سختی Shore D > 59 استفاده کرد.

تأثیرمحصولات فرعی بر روی خواص عایقی (دی الکتریک):

محصولات فرعی مانند الکل کیومیل، آب و استوفنون به طور طبیعی، قطبی هستند به این معنی که می‌توانند باعث تغییر و اصلاح خواص عایقی یا رسانایی مواد شوند. میزان این تغییرات بستگی به غلظت و خواص عایقی مواد دارد. اثر محصول فرعی، اغلب بر روی مواد عایقی مورد بررسی قرار می‌گیرد، اما بر روی مواد نیمه هادی نیز تأثیرگذار هستند (جدول ۳) بطوریکه می‌توانند مقاومت الکتریکی آنها را افزایش دهند. از آنجا که خود مواد نیمه هادی قابل کراس‌لینک شدن هستند، محصولات فرعی مخصوص به خود را خواهند داشت، اما چون بر روی عایق اکسترود شده‌اند و همچنین بالاترین دما را تحمل می‌کنند لذا محصولات فرعی حاصل از آن خیلی سریع در فرآیند تولید و در لوله ولکانیزاسیون، خارج شده و گاززدایی می‌شود. در این حالت، عمل گاززدایی از عایق، که بعد از فرآیند تولید و خارج از لوله ولکانیزاسیون صورت می‌گیرد، ممکن است دوباره باعث ایجاد محصولات فرعی شود و احتمال دارد که مجدداً وارد ساختار عایق شوند.

جدول ۳. اثر سطوح بالایی از اشباع محصولات فرعی روی خواص تلفات عایقی (tan ∂) و مقاومت ویژه نیمه هادی

	تلفات عایقی[24] 10^{-4}	مقاومت ویژه نیمه هادی Ω . m
مقدار اولیه	۳/۵	۰/۱
محصول فرعی اشباع، با ۲/۳ ٪ وزنی استوفنون (تقریباً چهار برابربیشتر از مقدار واقعی)	۱۴۱	
محصول فرعی اشباع، با ۲/۳ ٪ وزنی الکل کیومیل (تقریباً دو برابر بیشتر از مقدار واقعی)	۲۹۹	۱۰

در جدول ۳، اثرات قابل ملاحظه محصولات فرعی بر روی خواص دی‌الکتریک عایق را در وقتیکه این محصولات مجدداً به شبکه عایقی وارد می‌شوند را می‌توان مشاهده کرد. البته میزان غلظت واقعی در عمل، خیلی بیشتر از آن چیزی است که مشاهده می‌شود. اگر میزان آب افزایش یابد، درجه رسانایی محصولات فرعی به عنوان یک واکنش‌گر، خیلی بیشتر می‌شود و در نتیجه کارآیی کابل ممکن است خیلی غیرعادی شود، بعلاوه محل و موقعیت محصولات فرعی در پلیمر، اثر قابل ملاحظه‌ای در شرایط دی‌الکتریک خواهد داشت. با اولین بررسی‌های انجام شده بر روی جدول ۲ می‌توان مشاهده کرد که مؤلفه آب به دلیل قابلیت نفوذ[25] بسیار بالا، بیشترین اثر را روی خاصیت دی‌الکتریک خواهد داشت.

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

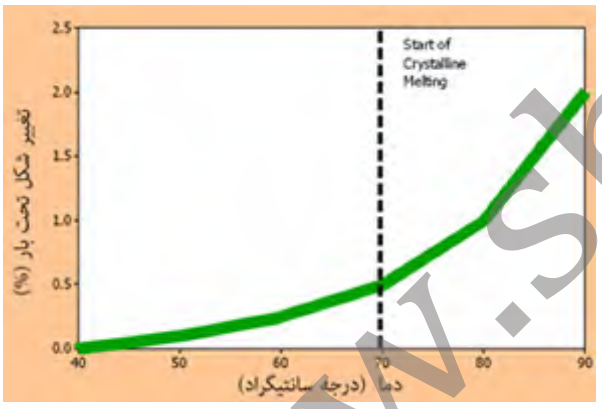
اثرمحصولات فرعی بر روی آزمون‌های الکتریکی و کارآیی کابل:

محصولات فرعی کراس‌لینک، به طور طبیعی قطبی هستند و بنابراین خواص عایقی XLPE را تحت تأثیر قرار می‌دهند، با بالا بردن تدریجی ولتاژی که به کابل اعمال می‌شود مشاهده می‌شود که وجود محصولات فرعی، باعث شروع درخت الکتریکی[۲۶] در عایق می‌شود که در نتیجه منجر به تخلیه جزیی می‌گردد. اطلاعات حاصل از آزمونها نشان می‌دهند که عایقها پس از حدود ۷۲ ساعت به پایداری می‌رسند. ولتاژ شروع درخت الکتریکی تقریبا بین ۱۰ تا ۱۴ کیلوولت می‌باشد. مطالعاتی که بر روی نتایج حاصل از آزمونهای ولتاژ و ضربه[۲۷] صورت گرفته، حاکی از آن است که هر چه محصولات فرعی افزایش یابند ولتاژ شکست کاهش می‌یابد، به این ترتیب، در کابلهایی که گازدایی نشده‌اند نمی‌توان مشخص نمود که درخت الکتریکی در چه ولتاژی شروع می‌شود.

فرآیند گازدایی:

برای اطمینان از اینکه کابل‌ها خواص عایقی خود را حفظ کرده و دارای عایقی یکنواخت و عاری از هرگونه حفره‌های حاوی گاز هستند لازم است که تولیدکنندگان تضمین نمایند که گازدایی، به طور کامل در فرآیند تولید انجام شده است (بعضی مواقع به جای کلمه گازدایی از کلمات تبخیر[۲۸] و یا بهبود سازی[۲۹] استفاده می‌شود)، بطوریکه مصرف‌کنندگان مطمئن شوند، تمامی آزمون‌ها انجام شده و تمام پارامترهای الکتریکی کابل اندازه‌گیری شده‌اند و عایق خواص واقعی خود را داراست. افزایش ضخامت عایق و همچنین بالا بودن نقطه جوش محصولات فرعی ایجاب می‌کند که فرآیند گازدایی حتماً باید با عملیات حرارتی تکمیل گردد. انجام عملیات حرارتی باید قبل از استفاده از لایه‌های فلزی (مثل شیلد) صورت گیرد زیرا وجود غلاف یا لایه فلزی، سرعت گازدایی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. لذا باید در طراحی و فرآیند تولید کابل، به مسأله گازدایی، توجه زیادی شده و تمهیدات لازم در نظر گرفته شود. جالب توجه است که در استاندارد ICEA به اهمیت گازدایی اشاره شده است.

عملیات گازدایی باید در اتاقها یا محفظه‌هایی موسوم به "اتاق گازدایی"[۳۰] انجام شود. این اتاقها نه تنها فضای زیادی را اشغال می‌کنند بلکه برای گرم کردن آنها به انرژی بسیار زیادی نیاز می‌باشد. جهت جلوگیری از جمع شدن گازهای قابل اشتعال متان و اتان، لازم است این اتاقها مجهز به سیستم تهویه مناسبی باشند. برای آنکه دمای اتاق گازدایی سریع‌تر به دمای مورد نظر برسد، می‌توان از هادی گرمایی[۳۱] استفاده کرد، البته تجربه نشان داده است که این عمل چندان مؤثر نمی‌باشد. دمای مناسب برای گازدایی در محدوده ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد می‌باشد اما دمای ترجیحی بین ۶۰ تا ۷۰ درجه است. هنگام گازدایی، بویژه در دماهای بالا باید مواظب بود که به کابل صدمه‌ای وارد نشود زیرا باعث تغییر شکل بیش از حد کابل می‌گردد (باعث دوپهنی، تخت شدن، تخریب لایه‌های بیرونی و ...) . دمای نرم شدن عایق و انبساط حرارتی آن در شکل ۴ نشان داده شده است. این تغییر شکل ممکن است در هنگام انجام آزمون الکتریکی؛ به طور مستقیم منجر به شکست عایقی گردد، در واقع نه تنها شرایطی که از گازدایی انتظار می‌رود بدست نمی‌آید، بلکه باعث هدر رفتن انرژی گرمایشی و زمان بکار رفته جهت گازدایی شده و در آخر هم منتهی به تخریب عایق می‌شود، پس بسیار مهم است که دمای گازدایی را تا حد ممکن کاهش داد حتی وقتی که ضخامت عایق زیاد می‌شود.



شکل ٤. اثردما بر روی انبساط و نرم شدن عایق XLPE (کابل‌های فشار متوسط تا فوق فشار قوی)

اندازه‌گیری محصولات فرعی در XLPE :

یکی از سخت‌ترین و مهم‌ترین مراحل، جهت آگاهی از عملیات گازدایی، اندازه گیری وضعیت اولیه کابل‌ها و چگونگی پیشرفت گازدایی نسبت به زمان است. پیشرفت گازدایی را به راحتی می‌توان با استفاده از روشهای طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز[۳۲] یا FTIR، کروماتوگرافی مایعات با فشار بالا[۳۳] یا HPLC و یا کروماتوگرافی گازی – طیف سنج جرمی[۳۴] یا GCMS، تعیین نمود. تجزیه تحلیل‌های زیادی که بر روی کابل‌های مختلف انجام شده نشان می‌دهند که:

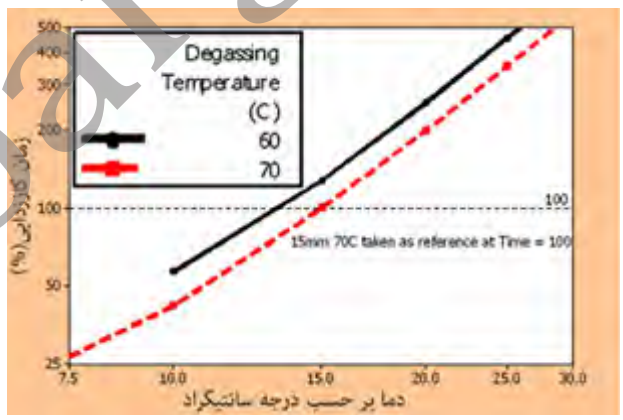
- تلف جرمی کابل، کاربردی‌ترین و ساده‌ترین راه برای تعیین میزان محصولات فرعی در عایق XLPE می‌باشد.

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

• روش HPLC، بـه طـور انحصـاری، بهتریـن و مناسـب‌ترین روش بـرای تعییـن سـطح محصـولات فرعـی جامـد می‌باشـد.

زمانها و درجه حرارت‌های گاززدایی:

همانگونـه کـه قبـلاً بیان شـد بـرای حصـول اطمینـان از ثبـات خواص الکتریکـی و اثربخشـی روشـهای آزمـون، فرآینـد گاززدایـی از اهمیـت بالایـی برخـوردار اسـت. بنابرایـن از آنجـا که زمـان گاززدایـی در دمای محیـط بسـیار طولانـی می‌باشـد لـذا بـرای دسـتیابی بـه زمان مناسـب جهـت گاززدایـی کامـل و دقیـق، اسـتفاده از عملیـات حرارتـی با دمای بـالا بـه عنوان یـک اصل اساسـی، الزامی می‌باشـد. تعییـن دقیق زمان و دمـای گاززدایـی، بسـتگی بـه جزئیـات طراحی کابـل دارد.
شـکل ۵ دلیـل واقعـی ارتبـاط بیـن طراحـی کابـل (به‌ویـژه ضخامـت عایـق) و زمـان و دمـای گاززدایـی را نشـان می‌دهـد.



شکل ۵. اثر دما بر روی زمان گاززدایی در عایق XLPE (استفاده از ۱۰۰٪ زمان مورد نیاز، در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد)

همانگونـه کـه در شـکل ۵ مشـاهده می‌شـود اگـر درجه حـرارت، کمتر از ۶۰ درجـه سـانتیگراد شـود بـه همان نسـبت زمـان گاززدایـی افزایش می‌یابـد، بـه طـور مثال چنانچـه دما به ۵۵ درجه سـانتیگراد برسـد زمان گاززدایـی، نسـبت به شـرایطی کـه دما ۶۰ درجه سـانتیگراد بوده اسـت، حـدود ۲۵٪ افزایـش پیـدا می‌کنـد و بالعکس.

اثر وضعیت اکسترود کردن و تکنولوژی‌های عایق‌کاری:

مطالعـات صورت گرفته بـر روی هر دو عامل تلفات وزنی و کروماتوگرافی مایعـات بـا فشـار بـالا (HPCL) نشـان می‌دهنـد کـه وقتـی هنـوز کابل در داخـل لولـه ولکانیـزه (CV) بـوده و فرآینـد عایقـکاری در حـال انجام اسـت، عایـق می‌توانـد بعضی از محصـولات فرعی خود را از دسـت بدهد.

ایـن تلفـات، به طـول لولـه عمـل‌آوری[۳۵] (قسـمتی از لوله ولکانیزاسـیون کـه درآنجـا فرآینـد کراس‌لینـک شـدن صـورت می‌گیـرد) بسـتگی دارد، زیـرا پـس از آن، کابـل، وارد ناحیـه سـرد لولـه[۳۶] ولکانیـزه شـده و دمـای سـطحی آن بـه شـدت پاییـن آمـده و دیگـر امـکان خـروج محصـولات فرعـی از داخـل عایق وجـود نخواهد داشـت. بنابراین یکـی از نتایجی که از ایـن وضعیـت بـه دسـت می‌آیـد این اسـت که امـکان افزایش سـرعت خطـی و یـا کاهـش طـول لوله عمـل‌آوری و یـا با توجـه به میـزان تولید و بهـره‌وری، هـر دو مـورد (افزایـش سـرعت خطـی وکاهـش طـول لوله عمـل‌آوری) وجـود دارد. زیـرا در ایـن حالـت، عایـق، محصـولات فرعـی کمتـری در لولـه ولکانیزاسـیون (CCV) از دسـت می‌دهـد. البتـه بایـد اشـاره کـرد کـه مقـدار کراس‌لینک شـدن، میـزان دمـا و مهم‌تـر از همه، زمـان مانـدگاری در لولـه عمـل‌آوری، به طراحـی کابل بسـتگی دارد.
زمـان مانـدگاری در لولـه عمل‌آوری (curing tube)، مسـأله‌ای بسـیار مهـم اسـت زیـرا میـزان کراس‌لینک شـدن، بسـتگی بسـیار زیـادی به ایـن زمـان دارد. بـه طـور مثـال در یـک کابـل فشـار متوسـط، چنانچه دمـای عایـق در داخـل لولـه، تقریبـاً بـه ۲۲۵ درجـه سـانتیگراد برسـد، حـدود ۸۳٪ از فرآینـد کراس‌لینـک شـدن، تکمیـل خواهد شـد. البته در مـورد کابل فوق فشـار قـوی یا EHV، این مقادیر بسـیار پایین‌تر اسـت بطوریکـه اگـر دمـای عایـق ایـن نـوع از کابل‌هـا در ناحیـه عمـل‌آوری لولـه، بـه حـدود ۱۷۰ درجـه سـانتیگراد برسـد، تقریبـاً ۵۵٪ از فرآینـد کراس‌لینـک شـدن،کامل خواهـد شـد. مابقـی ایـن فرآینـد در لایه‌های زیریـن عایـق، زمانـی اتفاق می‌افتد که کابل درحال سـرد شـدن اسـت.
ایـن ویژگـی دو نتیجـه مهـم در پـی خواهـد داشـت؛ اول اینکـه اگر در حیـن فرآینـد تولیـد، محصـولات فرعـی کمتـری از عایـق خارج شـود، بهتـر اسـت زیـرا انباشـتگی و تراکم آنها درداخـل لوله ولکانیـزه؛ کاهش یافتـه و ایـن مسـأله باعث می‌شـود کـه نگهداری لوله بسـیار سـاده‌تر و راحت‌تـر گـردد. بـه طور کلـی اثر مثبتـی در افزایـش بهـره‌وری و تولید دارد. دوم اینکـه بیشـترین گاززدایـی بایـد پـس از تولیـد انجـام شـود و اطمینـان حاصـل کرد کـه باقیمانده محصـولات فرعی نیز خارج شـده و گاززدایـی بـه طـور کامل صـورت گرفته اسـت.
در ایـن راسـتا مـوارد پیش‌بینـی نشـده‌ای ممکـن اسـت اتفـاق بیافتد که مربـوط بـه تغییر سـایز هادی و یـا تغییر در سـطح ولتاژ کابـل و یا مربوط بـه تغییـر در سـرعتهای خطـی باشـد کـه ایـن پارامترهـا می‌تواننـد یـک عـدم توازنـی بین زمانهـای مانـدگاری در ناحیه گرم و ناحیـه خنک کننده لولـه CV ایجـاد کننـد و تولیدکننـدگان را با یـک آشـفتگی مواجه کند.
با توجه به نتـایج و موارد پیش‌بینی نشـده‌ای که بیـــان شـد مشـخص می‌شـود کـه گاززدایـی، عمـل بسـیار مهمـی اسـت زیـرا کمک بسـیار بزرگـی بـه کیفیـت کابل‌های قـدرت می‌کنـد و باعث بهبـود ویژگیهای دی الکتریـک کابـل می‌شـود. لـذا اندازه‌گیری میزان محصـولات فرعی

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

حاصل ازکراس‌لینک شدن عایق، جهت حصول اطمینان از اینکه گاززدایی در حد انتظار و به طور کامل انجام شده است، از اهمیت خاصی برخوردار می‌شود.

تلف وزنی و کروماتوگرافی مایعات با فشار بالا HPCL نشان داده‌اند که می‌توانند مؤثرترین و عملی‌ترین روش‌های تکنیکی برای اندازه‌گیری محصولات فرعی باشند. اطلاعاتی که از این اندازه‌گیری‌ها به دست می‌آید می‌تواند به راحتی جهت پیش‌بینی زمان مورد نیاز گاززدایی در کابل‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بهبود فرآیند گاززدایی هم می‌تواند توان عملیاتی و هم کارآیی الکتریکی کابل را بهبود بخشد.

پی‌نوشت‌ها:

1 – Degassing
2- XLPE
3- Underground
4- Extra High Voltage (EHV)
5- By product
6- Acetophenone
7- Cumyl Alcohol
8- DiCumylPeroxide (DCP)
9- Gilbert
10- Precopio
11- Niskayuna
12- Typical Hot Set
13- Typical Torque
14- Reagent grade
15- Boiling Point
16- Melting Point
17- Permittivity
18- Electrical Conductivity
19- Continuous Vulcanization (CV)
20- Organic peroxide
21- Elastomer
22- Bar
23- Parts Per Million
24- Tangent ∂ (tan ∂)
25- Permittivity
26- Electrical tree
27- Impulse test
28- Vaporization
29- Conditioning
30- Degassing room
32- Fourier Transform Infrared Spectroscopy
33- High Pressure Liquid Chromatography
34- Gas Chromatography Mass Spectrometer
35- Curing tube
36- Cooling tube

www.sbargh.ir

www.sbargh.ir