

CABLES DE MEDIA Y ALTA TENSION

EL POLIETILENO RETICULADO – LOS SUBPRODUCTOS NO DESEADOS



Inducor Ingeniería S. A. - Buenos Aires Argentina - www.inducor.com.ar

RESUMEN

La **reticulación** es una reacción química por la que los **polímeros** se unen en **cadena**s formando una especie de red tridimensional. Tras esta reacción, las propiedades químicas del polímero inicial cambian.

El reticulado del Polietileno de Baja Densidad (LDPE) por medio de Peróxidos (DCP), para formar luego el XLPE, es un proceso químico (reticulación), conducido en forma inmediata luego de la extrusión.

Durante la reticulación se formarán dentro de la aislación del cable, varios subproductos no deseados que ocuparan un lugar dentro de la misma (cavidades) con gases a presión.

Claramente, la presencia de defectos dentro de una aislación, que no puedan ser detectados por ensayos de descargas parciales o de rigidez dieléctrica, creará siempre una inquietud real y práctica.

En consecuencia, existe una necesidad de que todos los componentes de los subproductos (gaseosos y cerosos) sean reducidos a un nivel bajo y estable, para asegurar que los resultados de los ensayos eléctricos durante las pruebas de rutina, sean representativos con el estado real de la muestra, y por ende confiables.

PALABRAS CLAVES

Polietileno Reticulado XLPE – Peróxidos – vulcanizado – cavidades gaseosas – descargas parciales – subproductos –

BREVE ORIGEN DEL POLIETILENO RETICULADO

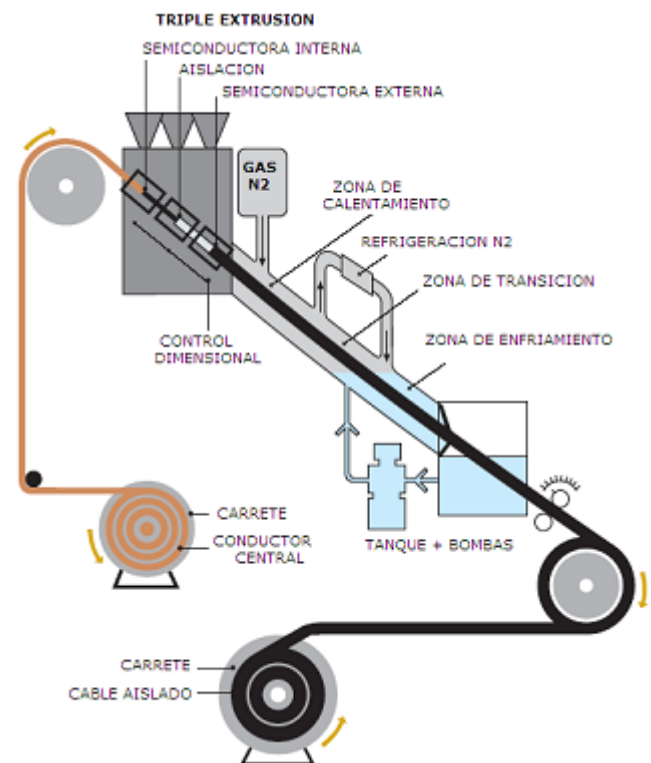
El polietileno (PE) es una larga cadena de polímeros, producidos a través de la polimerización de gas etileno. (CH₃ metilo).

Un tema importante en el diseño de cables con PE, en su estado termoplástico (antes de unir sus cadenas), era que su temperatura de operación estaba limitada a los 70°C. En consecuencia, no podía coincidir (competir) con el rango de temperatura de los primerizos cables aislados con papel impregnado en aceite (PILC).

Este problema fue resuelto con la llegada del Polietileno Reticulado (XLPE), el cual posee la ventaja de coincidir con el índice de temperatura de los PILC.

El reticulado del Polietileno de Baja Densidad (LDPE) por medio de Peróxidos (DCP), para formar luego el

XLPE, fue logrado por primera vez por Gilbert y Precopio en 1955. Este proceso químico (reticulación) es conducido en forma inmediata luego de la extrusión, y en donde la superficie del cable alcanzará una temperatura entre 280°C y 320°C.



PROCESO DE EXTRUSION Y VULCANIZADO CONTINUO (VC)

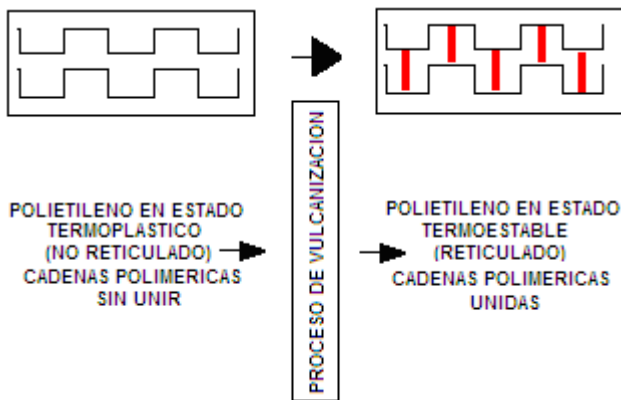
Al utilizar XLPE como aislación principal de un cable, es posible lograr una temperatura máxima del conductor de 90°C, y de hasta 250°C para el cortocircuito momentáneo.

Los polímeros utilizados tanto en compuestos XLPE para cables de Media Tensión, hasta los de EAT, son producidos dentro de reactores tubulares de alta presión (VC)

Esta tecnología de reactor tubular, ha sido probada durante mucho tiempo, hasta lograr con éxito en la extrusión, un óptimo balance en las propiedades de reticulación, tanto físicas, como eléctricas.

Las moléculas de largas cadenas se enlazarán durante el proceso de curado o vulcanizado (denominado así en honor a Vulcano, el Dios del calor), dentro de un tubo de Vulcanizado Continuo (VC) o reactor, para formar luego un material que será mecánicamente más fuerte que el original, con propiedades eléctricas similares, pero principalmente capaz de funcionar a mayores temperaturas que el LDPE. En el caso de los **materiales plásticos** usados para aislar cables, el proceso de **reticulación** les otorga **termoestabilidad**, es decir, estabilidad ante cambios de temperatura.

Aplicado a los cables, la termoestabilidad es sinónimo de que soportan más temperatura sin deformarse, mejorando las características eléctricas.



El polietileno reticulado o XLPE, "hermano" del más conocido PVC, se diferencia de éste, básicamente, en que es un material termoestable, frente al PVC que es termoplástico. Esto significa que reaccionan de manera distinta a los cambios de temperatura. Así, el PVC al calentarse se reblandece, cambia de forma y después al volver a enfriarse recupera su consistencia y conserva su nueva forma. En cambio, con el XLPE o POLIETILENO RETICULADO no sucede lo mismo: los cambios de temperatura no modifican sus propiedades mecánicas, gracias al proceso de reticulación.

Los puntos mas importantes con respecto al reticulado por medio de peróxidos, es que se puede observar que un enlace O-O (generalmente uno por molécula de peróxido), podría en un máximo, dar un incremento a un reticulado químico en la estructura de la cadena.

En segundo lugar, y esto es lo mas importante para el tenor de este estudio, es que por cada molécula de peróxido descompuesta, tanto si esta logre proveer o no un reticulado, proporcionará siempre y como mínimo, dos moléculas de "**subproductos**" no deseados (en inglés "byproducts").

Estos subproductos permanecerán mayoritariamente contenidos dentro de la estructura del polietileno (cable). Por lo tanto, si no estuvieran limitados (restringidos) por una alta presión externa (atmosfera de nitrógeno caliente dentro del VC), los subproductos formarían burbujas de gran tamaño en

la aislación, conduciendo de esta manera a incipientes descargas parciales, y eventuales fallas eléctricas. La proporción exacta en la generación de subproductos durante el proceso de reticulado, dependerá de las posibles rutas (a) y (b), seguidas por el peróxido durante su descomposición.

De este modo, el tiempo/temperatura/presión que experimente la aislación en este proceso, será de vital importancia en la calidad del producido final.

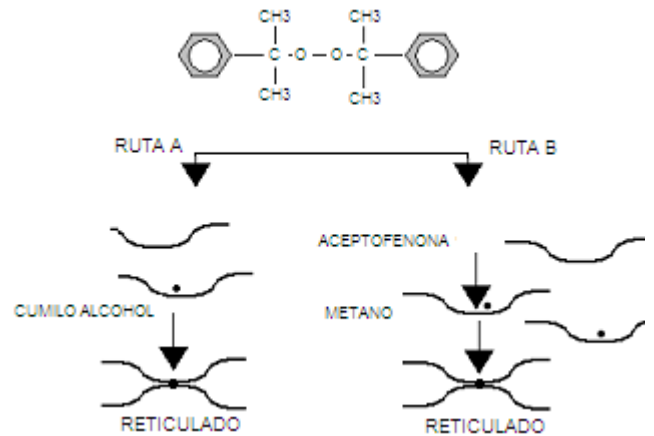


Fig 1: RETICULADO DEL POLIETILENO INICIADO POR PEROXIDOS Y SUS SUBPRODUCTOS

Los peróxidos son sustancias que presentan un enlace oxígeno-oxígeno y que contienen el oxígeno en estado de oxidación= -1. Generalmente se comportan como sustancias oxidantes.

DESGASIFICADO DE CABLES XLPE:

Dentro del tubo de vulcanización continua (VC), y a temperaturas elevadas, la presión aplicada, asegurará que los subproductos limiten su formación de vacíos (huecos), mientras la aislación del cable es reticulada

Esta presión será mantenida hasta que la aislación se enfríe lo suficiente, de manera tal que los subproductos no puedan acrecentar su volumen (esferas – burbujas), pero a la vez, permanecerán indefectiblemente incorporados dentro del sólido.



Cuando el reticulado está completo, la aislación tendrá finalmente un nivel constante de subproductos en todo su espesor, tal como se espera de haber existido una distribución uniforme de los peróxidos agregados durante el proceso de extrusión.

FACTORES IMPORTANTES:

“Para hacer como mínimo 1 bien (o ninguno), será necesario hacer 2 veces un mal”.

Por cada molécula de peróxido descompuesta, tanto si esta logre proveer o no un reticulado o una unión de cadenas (el bien), se generará siempre y como mínimo, dos moléculas de “subproductos” no deseadas (el mal).

La alta presión dentro del tubo de reticulación hará que las burbujas de subproductos no puedan aumentar su volumen, pero necesariamente estas quedarán atrapadas dentro de la aislación.

Una buena reticulación es aquella que logra una distribución uniforme de los efectos de subproductos (burbujas) en todo el espesor radial del aislamiento.

Una buena reticulación es aquella que logra el menor volumen de las cavidades esféricas (micro-burbujas) contenidas (atrapadas) en la aislación.

Una buena (uniforme) distribución del peróxido agregado durante la reticulación, asegurará al mismo tiempo una uniforme distribución de las cavidades (burbujas) contenidas (atrapadas) en la aislación.

Decíamos que una distribución uniforme de los subproductos en todo el espesor radial del aislamiento asegura una buena calidad de material, sin embargo, esta distribución cambiará con el tiempo luego del reticulado, mientras estos subproductos se difundan al exterior (fuera del cable), primero por las capas expuestas (externas), y luego por las capas internas del mismo.

Este proceso de difusión, comienza dentro de la sección caliente del tubo de VC, pero la mayor parte de la pérdida de subproductos, será desarrollada fuera del mismo (migrarán al espacio exterior).

De la misma manera, todos los cables que sean reticulados utilizando peróxidos orgánicos, mantendrán siempre algunos de los subproductos de la descomposición dentro de su estructura.

La distribución y el nivel precisos de los subproductos, dependerán del tipo de cable, la tecnología de la producción, y las condiciones del proceso, las que a veces y por tratarse de un proceso continuo y extendido en el tiempo, son mas difíciles de mantener en constancia.

La siguiente tabla muestra la distribución de los subproductos en todo el espesor de la aislación para cables de distintas clases de tensión, producidos utilizando el mismo material de aislación.



PROBETA DE EXTRACCION DE GASES DEL XLPE PARA CROMATOGRAFIA GASEOSA

XLPE		
COMPONENTES	PROPORCION TOTAL EN PESO (%)	PROPORCION TOTAL EN VOLUMEN (%)
METANO	0,08	0,084
ACEPTOFENONA	0,6	0,44
CUMILO ALCOHOL	1,2	0,84
AGUA	0.08	----

Concentración de distintos Subproductos en XLPE

Varias características definen el proceso de liberación de los subproductos:

- Antes de comenzar el procedimiento de desgasificación, ciertos niveles de subproductos se perdieron de las superficies internas y externas, en los líquidos, o en los gases del tubo de VC o en el conductor.
- El índice de pérdida de subproductos no es el mismo desde el interior que desde el exterior de la superficie del cable - generalmente la mayoría de las pérdidas ocurren desde la superficie externa.
- Los niveles de subproductos son intrínsecamente diferentes para las diferentes clases de tensiones (incluso cuando es utilizado el mismo material de aislación). La razón de ello es doble:

En primer lugar, el reticulado se completa en distintas partes del tubo de VC para los cables de AT y MT, (completo dentro del 45% y 60% del largo del tubo para MT y AT, respectivamente), posibilitando a las aislaciones el perder subproductos.

En segundo lugar, los perfiles del tiempo/temperatura experimentados por las aislaciones son distintos en cada tipo de cable, conduciendo a diferentes relaciones de rutas de reacción química (a) y (b) de la Figura 1 anterior.

Estos subproductos afectarán, en algún grado, al rendimiento de los cables y sus accesorios asociados.

Los problemas asociados con estos subproductos a menudo incluyen los siguientes:

A. Consideraciones Mecánicas

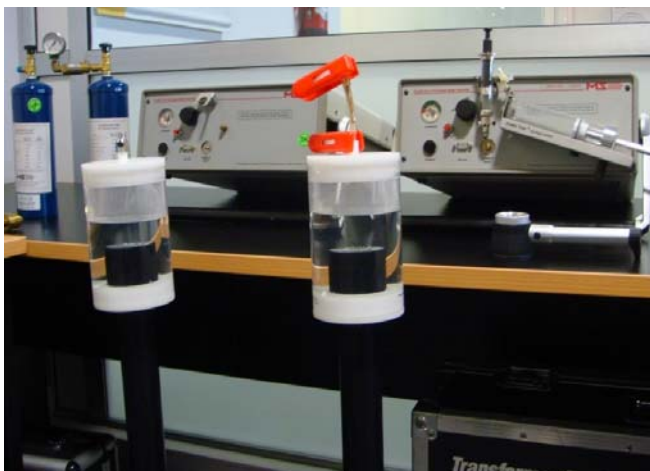
El gas Metano (subproducto) normalmente es eliminado, ya que constituye un problema de salud y de seguridad debido a su inflamabilidad durante los procedimientos de empalme/instalación.

Sin embargo, el gas también puede conducir a problemas durante el servicio. Mientras el cable funciona (en servicio), los gases son liberados. Si se ven obligados por una barrera de metal (corazas metálicas), los gases pueden viajar únicamente a lo largo del cable, llegando finalmente hasta los accesorios (empalmes o terminales).

Una vez que se encuentran en esta región, se acumulan debajo o dentro de los mismos, ejerciendo una presión.

La mayoría de los accesorios modernos, utilizan componentes elastoméricos para ejercer una alta presión en la interfaz semiconductor/aislamiento, y así suprimir las potenciales descargas parciales durante el servicio. Al mismo tiempo, la presión del gas trabajará contra la compresión del componente, y hará más probable la formación de las descargas parciales.

En el peor de los casos, esto conduciría a una falla. La experiencia ha demostrado que una presión de gas de 1 bar, brinda un servicio bastante aceptable y un buen rendimiento durante el ensayo. En este caso, el cable debe ser tratado térmicamente para reducir el contenido de metano, en la unión, a menos de 30–50 ppm.



PROBETAS DE EXTRACCION DE GASES

“Una fuerte cubierta metálica retiene los gases liberados”.

Existen diseños de cables que usan cubiertas cada vez más delgadas y, en consecuencia, mecánicamente más débiles en comparación con el plomo o el aluminio corrugado, y hojas de aluminio como barrera contra la humedad.

En esta situación, la presión del gas puede ser suficiente para distorsionar el modelado dimensional entre la pantalla o fleje y la cubierta plástica exterior.

Así, la desgasificación es importante para asegurar que no haya deformación cuando el cable sea sometido a una temperatura de operación elevada.

Además del nivel apropiado de desgasificación, la fuerza de la combinación se puede incrementar a través del uso de un polietileno de alta densidad (HDPE); un nivel de *hardness of Shore D* > 59 ha demostrado ser particularmente eficaz.



PROBETA DE EXTRACCION DE GASES DEL XLPE

B. Consideraciones Dieléctricas

Los componentes de los subproductos, tales como cumilo alcohol (aceite muy espeso, más denso que el agua, que se inflama fácilmente y arde con una llama fuliginosa), agua, y acetofenona, son naturalmente polares. Esto significa que modificarán las propiedades dieléctricas y conductivas del material que los incluya, en este caso el polietileno. El nivel de esta modificación dependerá de la concentración (fracción de volumen), las propiedades dieléctricas de los componentes, y la manera en que se incorporan en el medio aislante.

El efecto es importante sobre los materiales de la aislación, sin embargo, estas especies polares también afectan a los materiales semiconductores, por los cuales podrían incrementar la resistencia eléctrica. Los materiales semiconductores son en sí mismos reticulables, y tendrán su propia carga de similares subproductos.

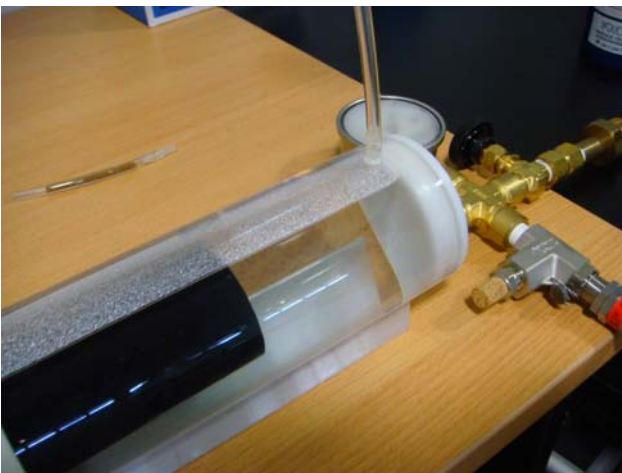
C. Consideraciones sobre el rendimiento y los Ensayos Eléctricos

Dado que los subproductos del reticulado, son naturalmente polares, y por ello afectan a las propiedades dieléctricas de XLPE, también afectarán a la distribución uniforme del gradiente eléctrico, tanto en condiciones de humedad como en secas.

Cuando el cable está en servicio, la aislación de polietileno reticulado (XLPE) estará a temperaturas de entre 50°C y 90°C,. Esta elevación de la temperatura agilizará el proceso de pérdida de estos subproductos durante el servicio, y las cavidades que contenían gases a presión quedarán luego vacías.

Cuando una cavidad contiene gas a presión (oclusión gaseosa), implica que al mismo tiempo bajará su detectabilidad por medio de los ensayos de descargas parciales. Si esta medición (rutina), se realizara en ese estado, no podríamos ver (detectar) realmente su presencia, y el resultado del ensayo sería ficticio. Por lo tanto, cualquier aparente efecto positivo de oclusiones llenas de gases a presión, lo que infiere un aumento "ficticio" de la rigidez en dichas cavidades (Ley de Paschen), es en realidad una desventaja posterior.

Claramente, la presencia de defectos dentro de una aislación, que no puedan ser detectados por ensayos de D.P. o de rigidez dieléctrica, creará siempre una inquietud real y práctica. En consecuencia, existe una real necesidad de que todos los componentes de los subproductos (gaseosos y cerosos) sean reducidos a un nivel bajo y estable, para asegurarse que los resultados de los ensayos eléctricos durante las pruebas de rutina, sean representativos con el estado real de la muestra, y por ende confiables.



EXTRACCION DE GASES DE UNA MUESTRA XLPE

PROCESO DE DESGASIFICACION

Para garantizar que los cables tengan las propiedades dieléctricas correctas, y que cualquier hueco o cavidad existente en la aislación estén libres de gases, los productores de cables deben asegurar que se ha obtenido la suficiente desgaseificación (a veces llamada vaporización o acondicionamiento) durante el proceso de producción, de reposo, y antes de los ensayos de rutina.

Esto significa que, cuando finalmente se prueben, se pueda asegurar a todas las partes, que las verdaderas propiedades del cable han sido ensayadas (descargas parciales).

El aumento del grosor en los cables de transmisión, y el alto punto de ebullición de los subproductos que se forman, implican que cualquier proceso natural de desgaseificación debe ser incrementado (acelerado) por tratamientos de alta temperatura.



EFEECTO BURBUJA DE LA DESGASIFICACION BAJO AGUA

Dichos tratamientos se utilizan antes de que el revestimiento metálico (pantallas y corazas) sea aplicado, ya que su presencia reduce enormemente el índice de una libre desgaseificación.

Sin embargo, y regidos por la fluidez necesaria que requiere todo proceso de producción, esto toma mucha relevancia para aquellos diseños de cables de MT, en donde los grosores son reducidos y las tensiones de operación no son tan altas, asumiéndose, aún erróneamente, que puede ocurrir una desgaseificación suficiente y casi completa durante el propio proceso de extrusión de esta clase de cables.

Es pertinente remarcar, que la importancia de la desgaseificación es reconocida en la especificación de ICEA, la cual expresa que se requiere un tiempo mínimo de 5 días entre la terminación del cable y su ensayo final.

La desgaseificación para los grandes cables es casi universalmente llevada a cabo en grandes cámaras térmicas. Estos dispositivos pueden consumir cantidades considerables de energía y lugar. Por obvias razones de seguridad, las cámaras se encuentran bien ventiladas para evitar la acumulación del etano y del metano inflamable. A veces, para ayudar al cable a alcanzar rápidamente la temperatura requerida, las cámaras térmicas se incrementan por calentamiento del conductor. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el calentamiento del conductor por sí solo, es bastante ineficaz como método de desgaseificación; en esta situación, la viabilidad está limitada por la alta temperatura que tomará la superficie externa del cable (calentamiento desparejo).

Por lo tanto, las temperaturas empleadas para la desgasificación pueden rondar entre 50°C y 80°C, siendo el rango predominante entre 60°C y 70°C.



Además, las temperaturas y los tiempos inapropiados para la desgasificación, pueden causar daños (a partir de una temperatura muy alta), que no es detectado durante las pruebas de rutina, debido a la desgasificación incompleta (los defectos están ocultos).

Por lo tanto, es muy común que la temperatura de desgasificación sea reducida, mientras que el peso del cable sea mayor; esto es particularmente importante para los cables de AT y EAT.

MEDICION DE LOS SUBPRODUCTOS EN XLPE

Uno de los pasos más importantes para entender el proceso de desgasificación, es la medición del estado inicial de los cables, y cómo cualquier otro tratamiento, el establecer como evoluciona a lo largo del tiempo.

Se puede seguir el progreso de la desgasificación en cables de tamaño normal, simplemente por el cambio de su peso (esto proporciona una discusión particularmente interesante), y a través de una cromatografía de gases (GCMS) efectuada en forma seriada y temporal.

La experiencia partiendo de un gran número de análisis para distintos diseños de cables ha demostrado que:

• La medición de la pérdida de peso en un cable completo, luego de la etapa de extrusión, es la forma más práctica y sencilla de determinar el nivel de subproductos en las aislaciones XLPE para un grupo de condiciones.

• GCMS es el mejor método para determinar el nivel de concentración de cada gas del subproducto.

CALCULO DE LA DESGASIFICACION

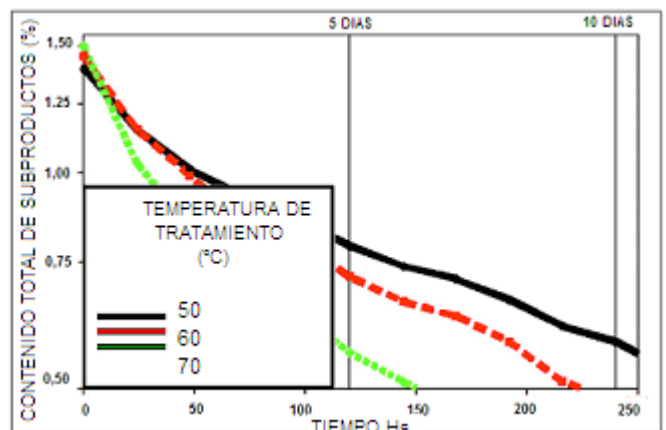
Las mediciones directas de la desgasificación son muy útiles.

Como se ha mencionado anteriormente, los detalles dependen del material del cable, diseño, línea de producción, condiciones del proceso y temperatura experimentada. Sin embargo, no es práctico conducir dichas mediciones para todos los diversos diseños de cable o temperaturas de tratamiento. Por lo tanto, es muy común y práctico el uso de métodos de cálculos para extender la comprensión del tema, derivada de los experimentos de desgasificación. La desorción de los subproductos (el cambio de concentración C a un tiempo t y una posición x) de la reacción del reticulado, puede describirse matemáticamente utilizando la Ley de Fick.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \rho D \nabla^2 C \quad D = D_0 \exp\left(\frac{-E_D}{RT}\right)$$

Aquí D representa la constante difusión a una temperatura T , E_D es la energía de activación que depende de la temperatura, ρ es la densidad del material, y R es la Constante de Gas Universal. D_0 es un pre-factor que se relaciona con los datos de la difusión medida en las distintas temperaturas.

Al elevar la temperatura (T) del tratamiento, se acelera la difusión, reduciendo los tiempos de la desgasificación. Cada uno de los diversos tipos de subproductos (gases, líquidos, ceras) tienen diferentes energías de activación y pre-factores, resultando en diferentes índices de difusión por cada componente del subproducto.



Un aspecto importante en el cálculo de la distribución de subproductos, es la selección de las condiciones correctas para el modelo. En principio, se pueden utilizar tres tipos:

• La desgasificación se produce libremente tanto desde las superficies externas como internas del cable.

- La desgasificación se produce libremente desde la superficie externa, pero es completamente bloqueada desde la superficie interna debido a la presencia del conductor y de cualquier tipo de material que esté bloqueando.
- La desgasificación se produce libremente desde la superficie externa, pero se presenta de una manera muy limitada desde la superficie interna.

Los datos experimentales muestran que en cables reales, se pierden más subproductos desde la superficie externa que dentro del conductor. Por lo tanto, el tercer caso es más aplicable para las soluciones numéricas. Sin embargo, puede ser muy difícil determinar el estado preciso de la superficie interna, ya que depende de la naturaleza del conductor y de algún tipo de encintado o bloqueadores de humedad que contengan.



FORMACION DE MICROBURBUJAS EN SUPERFICIE EXTERNA (SEMICONDUCTORA) DE UN CABLE DE MT, PRODUCTO DE LA DESGASIFICACION

En consecuencia, los autores prefieren adoptar el segundo tipo de condición. Esto tiene la ventaja de la simplicidad computacional y el hecho de que las predicciones serán un poco más prudentes.

En este estudio, se ha observado que los subproductos se difunden a través de los materiales semiconductores más rápido que a través de la aislación.

Las características más relevantes de la física de la desgasificación (reglas) son las siguientes:

- Los tiempos involucrados son bastante largos, incluso para cables pequeños;
- Las distintas especies de subproductos se difunden por la aislación a diferentes ritmos.
- Los puntos cercanos al conductor se esparcirán mucho más lentamente.

• Las múltiples capas (espiras) de cables en una bobina madre podrían por ejemplo, impedir la circulación de aire, dando como resultado mayores tiempos de desgasificación.

• La temperatura tiene un efecto importante: Al aumentar la temperatura de la desgasificación en 40°C, disminuye el tiempo necesario para alcanzar un nivel de concentración por orden de magnitud.

• El nivel final de los subproductos (el punto final), tiene un efecto importante sobre el tiempo requerido. Si se ha elegido un punto final del 75% de la concentración inicial, el tiempo requerido será más corto. (pero no sería tan completa)

• El tamaño del conductor influye sobre el tiempo del proceso de desgasificación; sin embargo, probablemente esto puede omitirse sin peligro, excepto para los cables de EAT.

• El nivel inicial de subproductos en la aislación del cable, una vez que sale del tubo de VC, tiene un efecto importante sobre las condiciones de la desgasificación; esto es, una reducción del 25% en el nivel inicial, reduce el tiempo de desgasificación aproximadamente en un 50%.

El nivel inicial de subproductos dependerá del material elegido para la aislación, la línea de producción, y las condiciones de funcionamiento de la línea (temperaturas y velocidades de las líneas).

• Los tiempos de desgasificación utilizados para desgasificar cables de AT, no pueden ser simplemente reducidos y luego aplicados (extrapolados) a construcciones de MT o EAT.

En la práctica, este efecto es reconocido en la producción de cables con mayores requisitos de desgasificación (días/mm) a medida que aumenta el espesor de la aislación.

• La presencia de una cubierta exterior tipo polimérica, tiene un significativo efecto en la reducción de la rata de eliminación de los subproductos.

Al mismo tiempo, si una cubierta metálica es incorporada, entonces es esperable aún, una menor rata de eliminación de subproductos.

Esto marca la importancia en la eliminación, antes de que algún cobertor exterior sea agregado luego de la triple extrusión, estableciéndose también el rol protagónico que toma el tiempo transcurrido entre el final de la extrusión y la finalización del cable en sí.

Por ende, la presencia de cubiertas exteriores durante el tiempo de espera en frío (a temperatura ambiente), reduce los beneficios esperados en cuanto a rápida desgasificación se refiere.

- La concentración de subproductos se reduce durante el tiempo de almacenamiento y esto a la vez tiende a modificar las propiedades eléctricas del cable durante el paso del mismo.
 - La pérdida de peso (weight loss) es conocida como la mejor técnica para medir el porcentaje de desgaseificación. (peso final versus peso inicial).
 - La desgaseificación es un importante proceso que asegura la estabilidad de las propiedades eléctricas de un cable y la efectividad de los procesos de ensayos. Los tiempos necesarios para desgaseificar en aire (temperatura ambiente) son extremadamente largos y prohibitivos, por lo tanto es usual el elevar la temperatura para acelerar este proceso.
 - La precisa relación tiempo/temperatura depende de los detalles constructivos del cable, La práctica ha demostrado, que una determinada (fija) relación tiempo/temperatura, que podría ser utilizada para extrapolarse sobre distintos cables (en función a sus espesores), solo funcionaría correctamente en cables con bajos espesores de aislación.
- Dicho de otra forma, no es posible establecer una aceptable relación de horas de desgaseificación vs espesor de aislación (Hs vs mm) para todos los cables.



IMAGEN DE UN MODERNO TUBO DE VULCANIZADO

EFFECTOS DE LAS CONDICIONES DE EXTRUSION EN EL PROCESO DE DESGASIFICACION

Los ensayos de perdidas de peso han servido para demostrar que algunos subproductos son eliminados de la aislación del cable, aún dentro del propio VC, o sea durante la producción del núcleo.

Estas pérdidas están ciertamente limitadas en función a la longitud del sector de curado (sector caliente dentro del tubo), y a la posterior caída de temperatura superficial del aislamiento al entrar a la zona de enfriamiento.



FORMACION DE BOBINAS MADRES LUEGO DE EXTRUSION

Por esto, una de las consecuencias del aumento de la velocidad de extrusión o del acortamiento de la sección de curado - ambas necesarias para un aumento de la producción -, es que menos subproductos serán eliminados dentro del VC, pero de todas maneras todo lo anterior también tiene relación directa con el diseño del cable (espesor de aislación principalmente), por lo tanto la ecuación exacta siempre será casi particular a cada caso.

Como ejemplo; en un cable de media tensión (MV), el 83% del proceso de reticulado puede ser completado dentro del VC (en la sección de curado) si es aplicada una temperatura media de 225°C. El reticulado residual ocurre en la profundidad del aislamiento cuando la aislación ha sido enfriada.

Si pocos subproductos son expelidos dentro del VC, entonces su acumulación dentro del sistema es reducida, y el mantenimiento (limpieza interior) del tubo será simple. Este efecto positivo requiere que el curado se complete en mayor medida luego de la etapa de producción, para asegurar que el producto final posea baja cantidad de subproductos, pero aquí el factor tiempo (días) juega su papel de importancia.

CONCLUSIONES

La desgaseificación o liberación de los subproductos es un tema relevante para la vida útil de un cable polimérico. Los ensayos de rutina deben ser conducidos únicamente luego de que las oclusiones gaseosas queden liberadas de todo gas que contengan, de lo contrario los resultados de las pruebas serán no viables.

Un exacto balance entre: tiempo /temperatura / longitud de la sección de curado / velocidad del proceso / espesor de la aislación / enfriamiento, determinarán siempre la calidad del producto final