

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE POLIETILENO RETICULADO POR RADIACION GAMMA

González M.E., Romero G., Smolko E.E.

Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Aplicaciones Tecnológicas y
Agropecuarias, 1804 Centro Atómico Ezeiza.

El polietileno reticulado es uno de los productos más exitosos del procesamiento por radiaciones. Se emplea en la industria de los cables y aislaciones, en la de envases y materiales termocontraíbles, en la fabricación de espuma de polietileno (polietileno expandido), en materiales magnéticos y en semiconductores.

En el radioprocesamiento industrial de polietileno, ya bien establecido, se emplean aceleradores de electrones como fuente de radiación. En nuestro medio no existe aún disponibilidad de este tipo de instalaciones que puedan emplearse para el desarrollo de estas aplicaciones y para su promoción entre la industria local. Sin embargo, dado que se dispone de fuentes de radiación gamma y que el efecto químico y físico sobre el polímero es el mismo con ambos tipos de radiación, se encaró la obtención de polietileno reticulado por radiación gamma y el estudio de su estabilidad en el tiempo mediante ensayos de envejecimiento acelerado. Para contrarrestar el efecto del oxígeno del aire que produciría una acción deletérea sobre el material durante la irradiación, se trabajó en ambiente inerte.

El material de partida fue polietileno de media densidad (0,920) LDPE 2003 (Polisur, Dow Chemical Co). Este material en forma de granallas, se procesó por medio de una extrusora de doble tornillo corrotante, obteniéndose cintas de 25 mm de ancho y 0,5 mm de espesor. De estas cintas se cortaron probetas para ensayos mecánicos de tracción según ASTM D-638.

El entrecruzamiento se realizó por irradiación de las probetas envasadas en ambiente de nitrógeno en envases flexibles de alta barrera. Se aplicaron dosis de 150, 200 y 300 kGy, a tasa de dosis de 0,5 kGy/h, en la Planta de Irradiación del Centro Atómico Ezeiza.

Con el objetivo de estimar el grado de entrecruzamiento se determinó el porcentaje de insoluble y la capacidad de retención de solvente, basándonos en el hecho de que a medida que se produce el entrecruzamiento de las cadenas moleculares el material resulta insoluble en los solventes habituales. Al mismo tiempo, al aumentar el entrecruzamiento de las cadenas, los retículos formados resultan más cerrados y rígidos disminuyendo la capacidad de hinchamiento en solvente.

Estas determinaciones se hicieron mediante extracciones exhaustivas con tolueno a ebullición, que solubiliza totalmente el polietileno no irradiado. Se realizó luego la determinación gravimétrica del material insoluble en el polietileno irradiado. El porcentaje de insoluble se expresa como:

$$I(\%) = Pf / Pi \times 100$$

donde Pi es el peso inicial del polímero seco y Pf es el peso final del polímero seco después de la extracción.

Complementariamente se midió la capacidad de retención de solvente mediante una gravimetría realizada antes de proceder a la eliminación del solvente retenido por el gel insoluble. La capacidad de retención se expresó como:

$$S(\%) = (P_s - P_i) / P_f \times 100$$

donde P_s es el peso del gel hinchado en solvente y P_f es el peso del gel seco obtenido luego de la evaporación completa del tolueno.

Los resultados dieron un crecimiento en el porcentaje de insoluble en el polietileno irradiado, que llegó al 75 % con la dosis de 300 kGy, acompañado por el correspondiente decrecimiento de la capacidad de retención de solvente. Esos resultados muestran la formación de retículos por entrecruzamiento de cadenas del polietileno, con un grado de entrecruzamiento creciente en función de la dosis.

Se midieron también las propiedades mecánicas de tracción: elongación a ruptura y resistencia a la tracción. Se siguieron los lineamientos de la norma ASTM D-638 empleando una máquina Instron para ensayos universales. Los valores de las propiedades de elongación a ruptura y de resistencia a la tracción de los productos entrecruzados se calcularon en forma relativa a la de muestras control no irradiadas, expresándose como e / e_0 y R / R_0 respectivamente, donde e_0 y R_0 son los valores de las muestras control.

El producto entrecruzado por radiación gamma tuvo un incremento progresivo con la dosis en su resistencia a la tracción: R / R_0 llegó a 1,5 con una dosis de 150 kGy y a 1,7 con 300 kGy. La elongación a ruptura no mostró modificaciones significativas con respecto al control.

Dado que uno de los objetivos del entrecruzamiento de polietileno es la obtención de un material de mayor resistencia a la temperatura, se ensayó la resistencia a alta temperatura del producto irradiado. El polietileno irradiado con dosis de 200 kGy y 300 kGy resistió el calentamiento a 200 °C durante 2 hs sin colapsar. El polietileno no irradiado fundió a 120 °C.

A fin de estimar la durabilidad del material entrecruzado obtenido se ensayó la aceleración del envejecimiento por calentamiento en estufa a 60 °C. A intervalos regulares se retiran probetas de la estufa para evaluar el deterioro mediante mediciones mecánicas, espectroscopia en el infrarrojo para detección de productos de oxidación y calorimetría de barrido diferencial para la estimación del tiempo de inducción de oxidación. Esta última técnica permite evaluar el producto en cuanto a su estabilidad frente a la oxidación, que durante el envejecimiento irá disminuyendo a medida que se agote el antioxidante presente en el material.

Este ensayo continúa en realización, con cuatro semanas cumplidas de envejecimiento y mediciones realizadas en la primera y cuarta semanas.

En la evaluación de las muestras envejecidas se tomó como referencia el valor correspondiente al producto obtenido con la misma dosis pero no envejecido.

Se realizan ensayos mecánicos de tracción con determinación de la resistencia a la tracción ruptura y de la elongación a ruptura en relación con el producto no envejecido. Los resultados de ensayos de tracción de muestras envejecidas no mostraron alteraciones al cumplirse cuatro semanas de envejecimiento.

Las determinaciones realizadas por calorimetría de barrido diferencial no evidencian aumento en la capacidad de oxidación en el mismo período, mientras que la espectroscopia en el infrarrojo permite detectar un ligero incremento en la absorción

debida a productos de oxidación en el polietileno entrecruzado por irradiación con 300 kGy luego del mismo período de envejecimiento.

Como conclusión, se obtuvo un producto con alto grado de entrecruzamiento molecular, evidenciado por un contenido de gel de 75 % y capacidad de retención de solvente de 90%, que tolera sin deformarse un calentamiento de hasta 200 ° C por un período de 2hs, cuyas propiedades mecánicas no se deterioran sino que, conservando extensibilidad, aumenta en un 70% su resistencia a la tracción a ruptura. El resultado preliminar del ensayo de envejecimiento es también promisorio al no mostrar signos de deterioro físico ni mecánico luego de cuatro semanas a 60 ° C.