

# FUENTES DE RADIACION DE ELEVADA INTENSIDAD

Las transformaciones químicas y físicas originadas por campos intensos de radiaciones de elevada energía son a veces útiles. Una conferencia celebrada por el OIEA en Salzburgo (Austria) del 27 al 31 de mayo brindó a los participantes la oportunidad de conocer lo que se viene haciendo en esta esfera desde la última conferencia análoga celebrada por el OIEA en Varsovia en 1959. La mayor parte de las memorias presentadas en la conferencia se referían a investigaciones sobre polimerización, síntesis química, catálisis química y vulcanización del caucho. En una de las memorias se describía un método mediante el cual una importante compañía química de los Estados Unidos fabrica un producto en gran escala utilizando las radiaciones como catalizador. En otras varias memorias se describían plantas que se están utilizando para la esterilización comercial. Estos nuevos procedimientos y otros sobre los que ya se ha informado, dan una idea de la extensión alcanzada por las aplicaciones de las fuentes de radiación de elevada intensidad en la industria.

## Polímeros, síntesis, catalizadores

La mayor parte de las memorias presentadas en Salzburgo estaban consagradas a la polimerización (proceso por el que las moléculas de compuestos como el etileno, llamados "monómeros", se enlazan entre sí formando polímeros plásticos tales como el polietileno) y a la síntesis (proceso en el que se obtienen nuevos productos químicos por la acción de las radiaciones). Entre los procesos de polimerización que se están estudiando figuran algunos combinados en que se impregnan maderas y tejidos con monómeros (éstos se hallan habitualmente en estado líquido), que se polimerizan seguidamente por irradiación. Los productos así obtenidos poseen propiedades de los materiales naturales y de los plásticos modernos. Otras memorias trataron de la cinética de la polimerización y de los diversos procesos de injerto cuya finalidad es enlazar las moléculas de monómeros a polímeros ya formados.

En dos memorias se comunicaron los éxitos obtenidos al tratar de producir hidrazina, que puede utilizarse como combustible de los cohetes, mediante la irradiación de amoníaco. Otras dos trataron de la fijación del nitrógeno. Entre los demás procesos de síntesis que se están estudiando cabe mencionar la formación de compuestos de interés biológico.

Los catalizadores químicos siempre plantean problemas, ya que es muy difícil saber cómo funcionan. Con ayuda de las radiaciones, los químicos desearían responder a tres preguntas: ¿Cómo funcionan

los catalizadores? ¿Es posible aumentar su actividad irradiando el sistema mientras se produce la reacción? ¿Es posible modificar la actividad irradiando el catalizador antes de introducirlo en el sistema químico? Cuatro de las memorias presentadas en Salzburgo estaban dedicadas a diversos estudios sobre catalizadores.

## Las radiaciones y la obtención de productos químicos

Realizando pruebas preliminares y ensayos en planta experimental se ha logrado perfeccionar un procedimiento para la producción de bromuro de etilo (muy usado en la medicina y en la industria) utilizando como catalizador las radiaciones, procedimiento que viene aplicando desde el pasado marzo en escala industrial la empresa Dow Chemical Company de los Estados Unidos. D. E. Harmer, quien describió este procedimiento en Salzburgo, dice que ha sustituido totalmente el método antes empleado por la empresa para producir bromuro de etilo y que gracias a él es posible obtener alrededor de un millón de libras de este producto químico al año.

La reacción química que se produce es muy sencilla. Se mezclan dos corrientes de gas -una de bromuro de hidrógeno y otra de etileno- que se hacen burbujear por el fondo de un recipiente lleno de un líquido que es el producto definitivo, a saber bromuro de etilo. Las burbujas no alcanzan nunca la superficie; bajo el efecto de los rayos gamma emitidos por una fuente de cobalto-60 de 1 800 curies instalada en el recipiente, los dos gases se combinan para formar el producto con un rendimiento de hasta el 99 por ciento y sin subproducto alguno.

El bromuro de etilo líquido se hace circular y se refrigera continuamente; el líquido que rebosa se retira como producto.

Los experimentos iniciales a partir de los cuales se desarrolló el procedimiento se realizaron con un frasco de medio litro de capacidad rodeado de cobalto-60. Las corrientes de gas se introducían por el fondo y, con ayuda de una válvula, los experimentadores podían pasar rápidamente de uno a otro de los dos sistemas de circulación utilizados. En uno de los sistemas, las corrientes de gas entraban por separado; en el otro se mezclaban previamente y entraban en el frasco como una sola corriente. Se logró introducir en el frasco distintos disolventes y realizar el experimento a diferentes temperaturas.

Por fortuna, el propio producto resulta a su vez el mejor disolvente. En condiciones óptimas (-10°C, con inyección de bromuro de hidrógeno a razón de 1,2 gm/min y de etileno a razón de 0,4 gm/min y una intensidad de irradiación de 254 kilorads\*/h.), el experimento preliminar rindió un 96 por ciento.

En un principio, los experimentadores se sintieron perplejos al observar que siempre que se iniciaba el proceso transcurrían tres horas hasta que comenzaba la reacción. La explicación de este hecho se halló en los vestigios de impurezas presentes en el bromuro de etilo producido por otros procedimientos. Cuando se utiliza bromuro de etilo producido por catálisis radiactiva no hay tales impurezas que entorpezcan el desarrollo del proceso.

El procedimiento ofrece muchas ventajas desde el punto de vista comercial. Es sencillo y no existen impurezas ni subproductos. (En otro procedimiento que a veces se emplea gran parte del material inyectado se desecha pues termina por convertirse en agua.) Los gastos son reducidos. La fuente (1 800 curies de intensidad) de cobalto-60, cuyo período de semidesintegración es de 5,2 años, puede recargarse con un gasto de unos 360 dólares anuales. Hay algunos ligeros riesgos de irradiación. La fuente de radiaciones está instalada en el subsuelo, dentro de un recipiente cerrado; al mismo tiempo, se vigila la radiactividad de la corriente de producto y de una corriente especial de nitrógeno de lavado para cerciorarse de que no hay escapes de sustancias radiactivas ni de gases inyectados.

### **Destrucción de gérmenes por irradiación**

Cuando se utilizan como agente esterilizador, las radiaciones presentan ventajas importantes con relación a sus dos principales competidores, o sea el calor y los gases. Estos tres agentes pueden destruir los microorganismos nocivos. Pero el calor, al mismo tiempo que aniquila los gérmenes, suele descomponer los compuestos químicos y afectar perjudicialmente las propiedades mecánicas de fibras y plásticos. Los electrones rápidos y los rayos gamma destruyen los microorganismos sin generar calor. Aunque estas radiaciones pueden dañar los productos, en muchos casos estos daños serán inferiores a los ocasionados por el calor.

La esterilización por gas presenta el inconveniente de que el gas utilizado debe hacerse penetrar por orificios para alcanzar todas las partes de los objetos que han de esterilizarse. En cambio, puesto que las radiaciones son capaces de atravesar el material de embalaje, puede utilizarse para esterilizar objetos después que éstos han sido empaquetados y dispuestos para su envío en embalajes de papel, metal,

\* El rad es la unidad de dosis de irradiación y corresponde a una absorción de energía de 100 ergios por gramo de materia. En el caso de los rayos X y gamma, un rad equivale aproximadamente a un roentgen.

material plástico o vidrio. Por tanto, el usuario no tiene la dificultad de impedir una nueva contaminación después de la esterilización inicial.

En las memorias presentadas en Salzburgo se manifestó continuo interés por el empleo de radiaciones para la esterilización. En Slough (Inglaterra) funciona lo que se describió como la primera planta de esterilización radioinducida del mundo verdaderamente automática y propiedad de una empresa comercial. La fuente de radiaciones, de cobalto-60, es en la actualidad de 50 000 curies, pero la planta está diseñada de tal modo que la intensidad de la fuente puede hacerse diez veces mayor si las necesidades así lo justifican.

Los objetos que se esterilizan (sobre todo jeringuillas que se utilizan una sola vez) se empaquetan en cajas de 34 x 28 x 21 cms y se hacen pasar dos veces alrededor de la fuente en una cinta transportadora de un solo riel. Cada transportador lleva ocho cajas, de las que se cargan cuatro cada vez. Al llegar el transportador a la zona de carga, se introducen en él por la parte inferior cuatro cajas que desplazan otras tantas ya totalmente esterilizadas, situadas en la parte superior. Seguidamente, el transportador pasa sobre el riel por la cámara donde se halla instalada la fuente y vuelve a la zona de carga. Aquí se introduce en él un nuevo grupo de cuatro cajas por el fondo; el grupo que ha pasado por la cámara donde está la fuente es desplazado de su posición en la parte inferior y pasa a la parte superior; el grupo que antes ocupaba esta posición, ya totalmente esterilizado, es descargado; y el transportador vuelve a pasar por la cámara donde se encuentra la fuente. Así, cada grupo de cuatro cajas pasa dos veces por la fuente, una vez situado en la parte inferior del transportador y otra en la parte superior.

A diferencia de otras instalaciones de esterilización, la mayor parte de las cuales tienen blindaje hidráulico, la instalación de Slough utiliza sólo blindaje seco. La fuente se compone de barras de cobalto montadas en tubos horizontales. La carga y descarga se efectúan haciendo descender el soporte de la fuente a un foso en el que cualquiera de los tubos de ésta puede alinearse con otro tubo que atraviesa el blindaje. Una vez retirado un obturador, pueden introducirse barras radiactivas en la fuente, y también extraerse de ella.

La compañía que explota la planta de Slough ha realizado ya una labor precursora en la esterilización por irradiación de suturas quirúrgicas mediante electrones en una sucursal americana; además, tiene en estudio otras aplicaciones de la esterilización radioinducida. Por ejemplo, se podrían llenar jeringuillas que se utilizan una sola vez y esterilizar luego la jeringuilla y su contenido simultáneamente.

También se informó en Salzburgo acerca de la experiencia adquirida en la explotación de una planta de

esterilización de suturas en Edimburgo (Escocia). La fuente es de cobalto-60 con intensidad de 40 000 curies; la planta funciona desde comienzos del presente año.

El centro de investigaciones nucleares de Saluggia (Italia) está estudiando un problema de esterilización de otro tipo; en este caso, el procedimiento no debe producir transformaciones químicas perjudiciales. Lo que se trata de esterilizar es la sal sódica de un compuesto orgánico complejo utilizado en el tratamiento de determinadas infecciones tuberculosas. Es difícil esterilizar esta sustancia por los métodos ordinarios. Se están realizando ensayos sobre la eficacia de la esterilización mediante rayos gamma con una fuente de cobalto-60, y sobre la tolerancia biológica de animales de ensayo al producto así esterilizado.

## Vulcanización radioinducida del caucho

Los fabricantes de caucho y de sus sucedáneos sintéticos (llamados elastómeros) están estudiando la posibilidad de utilizar las radiaciones para sustituir los procedimientos habituales de vulcanización. En estos procedimientos se añade al caucho, cuyas moléculas se presentan ordenadas en línea recta, una sustancia, tal como el azufre, y por interacción química del material original con el aditivo o "relleno" se forman enlaces gracias a los cuales adquiere consistencia y se reticula una sustancia que, de lo contrario, se presenta en estado de líquido o de semisólido denso y adherente. El principal inconveniente es que los enlaces formados por el aditivo suelen ser el punto débil del producto acabado. Las radiaciones ofrecen un método sustitutivo capaz de producir reticulaciones más firmes entre las moléculas del caucho.

En Salzburgo se presentaron dos memorias, una de la Unión Soviética y otra de Francia, en las que se describían los esfuerzos encaminados a mejorar la vulcanización o "curado" de las películas de látex. El método seguido en Francia consiste en irradiar primero el látex con electrones emitidos por un acelerador de 1,5 MeV de energía y de 15 kW de potencia, y añadir luego el relleno. Los fragmentos moleculares cargados de electricidad, denominados habitualmente "radicales libres", que se forman en el látex por irradiación suelen provocar reacciones químicas que originan en último término la reticulación del producto. Los autores, A. Lamm y G. Lamm, informaron que pueden producir películas de látex cuyas propiedades son distintas y, en general, mejores que las fabricadas por vulcanización química.

V.L. Karpov y sus colegas de la URSS informaron acerca de una labor similar realizada con látex. Los autores practican la vulcanización radioinducida sin relleno de ningún género y luego estudian a fondo las transformaciones químicas y físicas ocurridas. Estas transformaciones dependen en medida consi-

derable de la composición química del caucho y de su origen. El caucho vulcanizado por irradiación tiene propiedades de envejecimiento diferentes de las del producido por métodos tradicionales y mayor estabilidad.

En estudios que han realizado para conocer los fenómenos que ocurren en la vulcanización radioinducida, y cómo se desarrolla el proceso, A.S. Kuzminsky, T.S. Fedeseeva y V.P. Chertkova han utilizado técnicas de análisis electrónico recientemente ideadas para investigar el comportamiento de los radicales libres formados por irradiación. Se interesan especialmente por saber lo que ocurre cuando se provocan por irradiación reticulaciones en caucho ya vulcanizado con azufre. Es posible que las propiedades físicas y mecánicas de éste sean óptimas. El procedimiento empleado en la investigación consiste en efectuar la irradiación a baja temperatura y luego observar el comportamiento de los radicales libres a medida que se calienta la muestra. Se comprueba que, después de formarse por reticulación una red tridimensional, disminuye enormemente la movilidad de los radicales libres y por tanto su índice de recombinación.

En el Wantage Laboratory (Inglaterra), S.M. Miller, M.W. Spindler y R.L. Vale vienen tratando de resolver el principal inconveniente de la vulcanización radioinducida, o sea su costo. Están buscando sustancias que sirvan de agentes sensibilizadores y reduzcan las dosis de irradiación necesarias para la vulcanización. Ya han encontrado algunos de ellos, que, por un mecanismo de reacción en cadena en el que los agentes necesarios para la reacción se reproducen a medida que ésta se desarrolla, reducen la dosis necesaria (entre 40 y 50 megarads) a una cantidad comprendida entre 3 y 5 megarads.

## Diseño de fuentes de radiación

Para que los procedimientos de irradiación tengan utilidad comercial, ha de disponerse de una fuente que sea económica, segura y eficaz. Lo ideal sería utilizar un reactor nuclear, porque permite dosis de irradiación extraordinariamente elevadas que, por otra parte, suelen desperdiciarse. La dificultad estriba en que, mezclados con las radiaciones gamma que se desearía utilizar, suelen haber neutrones que pueden inducir radiactividad en el propio producto.

En una memoria presentada por Yu.S. Ryabujin, A.J. Breger y otros colegas de Moscú se describieron los trabajos encaminados a utilizar reactores como fuentes de radiación. Los autores expusieron los últimos progresos realizados en el empleo de circuitos de irradiación, sistemas en los que se hace circular un fluido por el interior del reactor a fin de hacerlo radiactivo, y luego se hace pasar a una cámara de irradiación en la que se utilizan sus radiaciones gamma para diversos procesos. Los neutrones permanecen en el reactor y no afectan al producto acabado. En la URSS funcionan ya tres circuitos de esta

clase. El primero contiene una aleación de indio-galio y está instalado desde 1960 en la Academia de Ciencias de Georgia. Los otros utilizan una aleación de indio-galio-estaño: uno de ellos se encuentra en el Instituto de Energía Atómica de Moscú y el otro en la Academia de Ciencias de Letonia.

En Rumania, S. Ionescu y sus colegas están realizando experimentos sobre otro método de utilización de las radiaciones de un reactor. Se hace pasar metano a través de carbonato de litio, en el que la captura de un neutrón por el isótopo litio-6 determina que

el núcleo del litio se escinda y produzca una partícula alfa energética (núcleo de un átomo de helio) y un tritón energético (núcleo de un átomo de tritio). En otras memorias presentadas por científicos de Londres y Brookhaven se exponen los trabajos realizados para utilizar directamente los fragmentos de fisión del combustible de un reactor para irradiar productos. Esos fragmentos de fisión poseen al producirse, energías y cargas eléctricas enormes. El problema consiste en idear una forma de combustible, tal como un polvo o una fibra, del que puedan escapar los fragmentos para irradiar los productos.