

ARTÍCULO COMPUESTO

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a un artículo compuesto útil para eliminar contaminantes de un fluido líquido; y a un proceso para fabricar el artículo compuesto.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10

Hasta ahora, se han usado diversas estructuras y métodos de tubería para eliminar contaminantes de los fluidos líquidos que fluyen a través del espacio interior de las estructuras de tubería. Típicamente, los métodos conocidos para eliminar contaminantes se basan en revestimientos aplicados a sustratos de tubos metálicos (por ejemplo, acero, aluminio y similares). Por ejemplo, las patentes de Estados Unidos Nos 8,726,989 y 8,746,335 describen métodos para eliminar contaminantes del agua residual durante un proceso de fracturación hidráulica que utiliza un revestimiento de tubería en la superficie interna de un tubo para capturar contaminantes de la operación de fracturación hidráulica. El uso de un recubrimiento aplicado a la superficie interna de un tubo para capturar contaminantes tiene sus desventajas que incluyen, entre otras, las siguientes desventajas: (1) se

15

20

25

requiere una capa adicional para la estructura general del tubo; (2) la capa de recubrimiento extra añadida reduce el diámetro interno de la tubería, constriñendo así el espacio que puede fluir el fluido dentro de la tubería; y (3) se
5 requiere un paso de procesamiento adicional para aplicar la capa de revestimiento a la tubería cuando se está fabricando la tubería. Además, los procedimientos de las patentes anteriores no proporcionan un mecanismo de eliminación de contaminantes que se incorpora directamente en una estructura
10 de tubería, es decir, la estructura de tubería no incluye una capa integral de eliminación de contaminantes unida a la estructura de tubería.

La patente de Estados Unidos No. 4,171,238 describe un método para fabricar estructuras compuestas de plástico
15 reforzado. La patente anterior describe la incorporación de partículas micrométricas, tales como partículas de cemento, con el fin de reducir la cantidad de desgaste que se produce dentro de una tubería, es decir, la patente anterior se refiere a aumentar la resistencia a los ácidos u otros
20 materiales corrosivos. La patente describe además un intento de hacer que una partícula y una resina se unan entre sí en una matriz única en la que el material en partículas se suspende dentro de la resina, tal como una resina de poliéster. El proceso conocido anterior descrito en la
25 Patente de Estados Unidos No. 4,171,238 adolece de la

desventaja de requerir la distribución de partículas en todas las regiones reforzadas con fibra y la incapacidad de colocar preferentemente una cantidad predeterminada de partículas en una región predeterminada reforzada con fibra del compuesto
5 reforzado con fibra para maximizar la funcionalización mientras se minimiza el costo.

En la patente de Estados Unidos No. 6,620,475, se describe una estructura para un tubo de plástico reforzado con fibra enrollada y un método para fabricar el tubo. La
10 patente anterior describe la formación y fabricación de un tubo compuesto reforzado con fibra a través de un proceso de devanado de filamentos utilizando un forro interior y una o más capas de material de refuerzo de fibra. El proceso conocido anterior descrito en la patente de Estados Unidos
15 No. 6,620,475 no utiliza el revestimiento interno del material compuesto como un material multifuncional que es capaz de capturar contaminantes no deseados de un fluido que entra en contacto directo con la superficie del revestimiento interior.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Las modalidades se pueden realizar proporcionando un artículo compuesto reforzado con fibra útil para la
25 eliminación de contaminantes. El compuesto reforzado con

fibra incluye al menos una capa única de un material compuesto reforzado con fibra que comprende varias secciones, áreas o regiones que forman la capa única del material compuesto. Por ejemplo, el material compuesto puede incluir

5 las siguientes regiones en la al menos una única capa: (a) al menos una primera región libre de fibras poliméricas que contiene material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material contaminante eliminado integrado en la primera región libre de fibras poliméricas; dicha primera región sin

10 fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en fibra de polímero que contiene material de refuerzo de fibra; dicha segunda región rica en fibra de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos

15 una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibra de polímero y una porción de la segunda región rica en fibra de polímero; donde la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interna

20 de la segunda región rica en fibras poliméricas que forma la al menos una tercera región límite polimérica dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibra polimérica; en donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una

25 anchura no delineada entre la primera región libre de fibras

poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando al menos una tercera región límite polimérica.

Otra modalidad de la presente invención se refiere a un proceso para fabricar el artículo compuesto anterior. Otras modalidades de la presente invención incluyen un aparato y proceso de fabricación de un artículo compuesto reforzado con fibra. Todavía otra modalidad de la presente invención se dirige a un proceso para eliminar contaminantes usando el artículo compuesto anterior, particularmente cuando el artículo compuesto es un conducto tal como un tubo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Con el fin de ilustrar la presente invención, los dibujos muestran una forma de la presente invención que se prefiere actualmente. Sin embargo, debe entenderse que la presente invención no está limitada a las disposiciones e instrumentos precisos mostrados en los dibujos. En los dibujos, los elementos similares se referencian con los mismos números. Por lo tanto, los siguientes dibujos ilustran

modalidades no limitantes de la presente invención en donde:

La figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una modalidad de la estructura del artículo compuesto, que se muestra como un miembro de tubería, que
5 incluye los materiales usados para formar las capas de una estructura compuesta de la presente invención. La figura 1 incluye una primera región libre de fibras poliméricas que contiene material adaptado para eliminar contaminantes, una segunda región rica en fibras poliméricas que contiene
10 material de refuerzo de fibras, y una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas en donde la tercera región límite de polímero contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y
15 una parte de la segunda región rica en fibras de polímero integralmente unidas entre sí.

La figura 2 es una micrografía (a 5 aumentos) de una porción de una estructura de miembro de tubería de la presente invención que muestra una región de unión homogénea
20 (como se muestra entre líneas de puntos A y B) entre la primera región libre de fibra de polímero (como se muestra entre puntos líneas B y C) y la segunda región rica en fibras de polímero (como se muestra con el número 22).

La figura 3 es una micrografía (a 10 aumentos) de
25 una porción de una estructura de miembro de tubería de la

presente invención que muestra una región de unión homogénea (como se muestra entre las líneas de puntos D y E) entre la primera región libre de fibras de polímero (como se muestra entre puntos líneas E y F) y la segunda región rica en fibras de polímero (como se muestra con el número 32).

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de otra modalidad de la estructura del artículo compuesto, que se muestra como un miembro de tubería multicapa, que incluye los materiales utilizados para formar diversas capas de una estructura compuesta de la presente invención. Mientras que la figura 4 muestra al menos cinco capas que comprenden la estructura de miembro de tubería en capas, el artículo compuesto de la presente invención no está limitado a un número específico de capas porque el número mínimo de capas requeridas para una aplicación particular puede variar según la aplicación y las condiciones operativas del tubo compuesto. El número mínimo de capas en el tubo de la presente invención puede ser tan pequeño como una capa que comprende las diferentes regiones en la vista en sección transversal que se muestra en la figura 1.

La figura 5 es una fotografía que muestra la aplicación de una primera capa de gel sin fibras de polímero a un mandril de un aparato de devanado de filamentos durante el proceso de fabricación de la estructura de tubos de la presente invención.

La figura 6 es una fotografía que muestra la aplicación de un segundo compuesto rico en fibras poliméricas enrollado sobre la primera capa de gel libre de fibras poliméricas de la figura 5 durante el proceso de fabricación de la estructura de tubería de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención resuelve varios problemas de los procesos conocidos. Por ejemplo, el proceso de la presente invención proporciona un mecanismo de eliminación de contaminantes que se incorpora directamente en un artículo, tal como un tubo, reduciendo el tiempo requerido para fabricar una estructura o parte compuesta. Además, el proceso de fabricación del compuesto permite la producción de un artículo de diversos tamaños, como un tubo con diámetros interiores de menos de una pulgada. Además, la presente invención demuestra que los aditivos funcionales pueden colocarse preferentemente en un material compuesto reforzado con fibras para maximizar la funcionalización a la vez que se minimizan los costos. Y, la estructura compuesta de la presente invención utiliza una o más de las partes estructurales del compuesto, tales como el forro interior de un material de tubería compuesto, como un material multifuncional que es capaz de capturar contaminantes no

deseados de un fluido que entra en contacto directo con la superficie compuesta.

En una modalidad, la presente invención incluye incorporar un relleno de captura de contaminantes en un material compuesto tal como la incorporación de los resultados del relleno en un material compuesto multifuncional. El material compuesto multifuncional proporciona todos los beneficios de un artículo compuesto con el beneficio adicional de poder capturar contaminantes. Por ejemplo, en una modalidad preferida, la presente invención se dirige a un método de fabricación de un artículo compuesto reforzado con fibra para la eliminación de radionúclidos. El material compuesto reforzado con fibra utiliza un proceso de eliminación de contaminantes incrustado dentro del material compuesto muy cerca de la superficie del artículo compuesto formado que está en contacto con el contaminante. El método único de fabricación de la presente invención se puede utilizar en una amplia variedad de diferentes aplicaciones y procesos para fabricar artículos compuestos, que incluyen, por ejemplo, infusión, pultrusión, devanado de filamentos y otros procesos similares. En una modalidad específica, el método de fabricación de la presente invención se puede usar para fabricar un artículo de tubería compuesto multicapa de un número predeterminado de capas y de un diámetro interno predeterminado.

Por ejemplo, en otra modalidad preferida, la presente invención incluye el uso de un método de devanado de filamentos para fabricar una estructura de tubería compuesta que puede usarse en una aplicación de tubería. Sin embargo, 5 el alcance de la fabricación de la presente invención no se limita únicamente a un proceso de devanado de filamentos, sino que puede incluir cualquier método de fabricación de compuestos y/o matriz de polímeros en la que se pueden fabricar artículos compuestos. Sin embargo, el proceso de 10 fabricación de la presente invención es más complicado que el simple uso de una operación de devanado de filamentos para fabricar un tubo. Y, la presente invención descrita en este documento incluye un material compuesto multifuncional.

Los términos utilizados en este documento incluyen 15 lo siguiente:

"Región libre de fibras" en el presente documento significa una región de matriz de polímero curada que no tiene cantidad de material de refuerzo de fibra en la matriz de polímero.

20 "Región rica en fibra" o "región reforzada con fibra" en este documento significa una región de matriz de polímero curada que contiene una cantidad de material de refuerzo de fibra en la matriz de polímero.

"Límite contiguo de un ancho no delineado" en este 25 documento significa una región interfacial cualitativa entre

la región libre de fibra y la región rica en fibra, donde la región interfacial es de un ancho no mensurable y es de unión química de la región rica en fibra y región libre de fibras que forma una región límite integral homogénea generalmente
5 de una sección transversal en la que la región libre de fibra y la región rica en fibra están integralmente en contacto entre sí a través de la región límite.

"Radionúclido" en el presente documento significa un isótopo con un núcleo inestable, caracterizado por un
10 exceso de energía disponible para impartirse a una partícula de radiación recién creada dentro del núcleo o mediante conversión interna.

"Eliminación de radionúclidos" en el presente documento significa la transferencia del núcleo inestable
15 descrito anteriormente desde una ubicación no deseada a una ubicación deseada.

La presente invención incorpora (incrustaciones), por ejemplo, un mecanismo de eliminación de radionúclidos (por ejemplo, en forma de cristales o partículas de BaSO_4) en
20 un método de fabricación de tubería compuesta reforzada con fibras mediante el uso de un proceso de fabricación en dos pasos (producción de capas de gel y luego el enrollamiento del filamento) que da como resultado un producto de tubería compuesta reforzada con fibras de peso ligero adaptado para
25 la captura de contaminantes sin la necesidad de una capa de

revestimiento separada. Además, la tubería con la capa de eliminación de contaminantes se fabrica de manera sustancialmente simultánea; y el diámetro de la tubería no está limitado a un diámetro específico, es decir, la tubería
5 puede hacerse de un diámetro ancho o muy estrecho. La capacidad de ajustar el diámetro de una tubería es ventajosa porque se puede usar una tubería de diámetro estrecho en lugar de una tubería con una capa protectora de metal grueso incluso en situaciones de alta presión (por ejemplo,
10 fracturación hidráulico). Al tener lugar la captura de radio en la tubería compuesta en sí, es decir, pozo de descarga en lugar de hacerlo sobre el suelo, esto puede eliminar o disminuir la necesidad de un tratamiento por encima del suelo del agua y otros fluidos que salen del pozo.

15 Con referencia a la figura 1, se muestra un artículo compuesto reforzado con fibra, en este caso un miembro cilíndrico tal como un conducto o estructura de tubería, generalmente indicado por el número 10 con un espacio interno 11 de un diámetro predeterminado. La
20 estructura de tubería cilíndrica 10 de la figura 1 se prepara uniendo integralmente una primera capa original libre de fibras de polímero y una segunda capa original rica en fibra de polímero. Y, al unir la primera capa original sin fibras de polímero a la segunda capa original rica en fibra de
25 polímero, se forma un único cuerpo o capa que contiene al

menos tres regiones distintas, es decir, la construcción general del artículo compuesto reforzado con fibra incluye: (1) una primera región 12 libre de fibras de polímero; (2) una segunda región 13 rica en fibras de polímero; y (3) una tercera región de límite de polímero 14. Las tres regiones anteriores 12, 13, 14 forman el único cuerpo o capa global, generalmente indicado por el número 15, que comprende el artículo compuesto 10 reforzado con fibra que tiene las tres regiones distintas anteriores. La región límite 14 se origina naturalmente como resultado de curar la primera capa libre de fibras de polímero original a la segunda capa original rica en fibras de polímero

El compuesto 10 reforzado con fibra, tal como el miembro 10 de tubería, es útil para eliminar contaminantes presentes en un fluido líquido cuando el fluido líquido fluye a través del espacio interior 11 del miembro 10 de tubería y el fluido entra en contacto con la primera región libre de fibras de polímero 12 del compuesto. El mecanismo para eliminar contaminantes está integrado en la estructura compuesta que incluye la primera región 12 libre de fibras poliméricas que contiene un material adaptado para eliminar contaminantes tales como partículas 16. Las partículas 16 eliminadoras de contaminantes están integradas en la primera región 12 libre de fibras poliméricas; y están integralmente integrados en el polímero de la primera región 12 libre de

fibras poliméricas. La primera región 12 libre de fibras poliméricas contiene preferiblemente solo material particulado 16 y no contiene fibras 17 en la región 12 libre de fibras.

5 La segunda región rica en fibras de polímero 13 contiene material de refuerzo de fibra 17, tales fibras continuas o discontinuas 17. Las fibras 17 están integradas en la segunda región rica en fibras de polímero 13; y están incrustados integralmente en el polímero de la segunda región
10 13 rica en fibras de polímero. La segunda región 13 rica en fibras de polímero preferiblemente contiene solo fibras 17 y no partículas 16 en la región 13 rica en fibras.

 Como se mencionó anteriormente, al unir la superficie externa de la primera región libre de fibras de
15 polímero y la superficie interna de la segunda región rica en fibras de polímero, se forma una tercera región 14 de límite de polímero. La superficie externa de la primera región 12 libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región 13 rica en fibras
20 poliméricas que forma la tercera región 14 límite de polímero dispuesta entre la primera región 12 libre de fibras poliméricas y la segunda región rica 13 en fibras poliméricas como se muestra en la figura 1. Como resultado de la unión, la tercera región de límite de polímero 14 contiene una
25 porción de la primera región libre de fibras de polímero 12

que tiene las partículas 16 y una porción de la segunda región rica en fibras de polímero 13 que tiene las fibras 17. Por su naturaleza, la tercera región límite del polímero 14 comprende un límite contiguo de una anchura no delineada y una línea límite no delineada entre la primera región 12 libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras de polímero 13; es decir, la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando la tercera región límite 14 de polímero que comprende una matriz de polímero infundida con algunas fibras y algunas partículas que capturan contaminantes entremezcladas.

En la figura 2, se muestra una micrografía con 5 aumentos de parte de la estructura de tubería de la figura 1, generalmente indicada por el número 20, que incluye una primera región libre de fibras de polímero 21 unida integralmente a una segunda región rica en polímeros 22 que forma una tercera región de límite de polímero 23 dispuesta en algún lugar entre las líneas de puntos etiquetadas A y B; y entre la primera región 21 libre de fibras poliméricas y la segunda región 22 rica en fibras poliméricas.

En la figura 3, se muestra una micrografía con 10 aumentos de parte de la estructura de tubos de la figura 1,

generalmente indicada por el número 30, que incluye una primera región libre de fibras de polímero 31 unida integralmente a una segunda región rica en polímeros 32 que forma un tercera región de límite de polímero 33 dispuesta en algún lugar entre las líneas de puntos etiquetadas D y E; y entre la primera región libre de fibra de polímero 31 y la segunda región rica en fibras de polímero 32. La superficie interna de la primera región libre de fibras de polímero 31 forma el perímetro exterior del espacio interno 34 (mostrado como línea de puntos F) de una tubería. En la figura 3 de nuevo, se muestran las partículas 35 incrustadas en la primera región libre de fibras de polímero 31; y las fibras 36 incrustadas en la segunda región rica en fibras de polímero 32.

Con referencia a la figura 1 de nuevo, se muestra una estructura compuesta 10, tal como una estructura de tubería 10 y el espacio interior de la estructura de tubería se indica con el número 11. El diámetro del espacio 11 puede ser, pero no está limitado a, generalmente de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 300 mm en una modalidad, de aproximadamente 6 mm a aproximadamente 250 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 200 mm en otra modalidad más. El diámetro del espacio 11 puede variar dependiendo de la aplicación en la que se utilizará la tubería. Por ejemplo, las tuberías utilizadas para un proceso

de fracturación hidráulica generalmente están en el intervalo de aproximadamente 20 mm a aproximadamente 200 mm de diámetro.

En la figura 4 se muestra otra modalidad de una estructura de tubería compuesta. La estructura de tubería compuesta, generalmente indicada por el número 40, incluye una construcción multicapa que incluye capas adicionales opcionales y/o regiones opcionales. Por ejemplo, la tubería 40 puede incluir una primera capa 41 de gel libre de fibras poliméricas que contiene un material particulado para eliminar contaminantes 47 tales como sulfato de bario, una segunda capa compuesta 42 externa rica en fibras poliméricas que contiene fibras 48, un velo 43 de vidrio, y una película o capa de liberación 44, todas dispuestas sobre la superficie externa de un mandril interno 45 (por ejemplo, hecho de HDPE) con el espacio interno 46. Se puede añadir cualquier cantidad de otras capas opcionales a la estructura compuesta 40 dependiendo del uso final del producto de tubería compuesto final.

Con referencia a la figura 4 de nuevo, la primera capa de gel libre de fibras de polímero 41 del artículo compuesto 40 puede estar hecha de cualquier resina de polímero curable convencional incluyendo, por ejemplo, resinas basadas en bisfenol A, resinas basadas en bisfenol-F, y otras conocidas epóxidos y resinas curables

(termoestables); y mezclas de los mismos. La capa de gel 41 también puede incluir otros aditivos tales como diluyentes reactivos monofuncionales (que incluyen, por ejemplo, éter de cresil glicidilo, éter de butil glicidilo y similares),
5 diluyentes reactivos difuncionales (que incluyen, por ejemplo, butanodiol diglicidil éter, dióxido de butano y similares), diluyentes no reactivos (que incluyen, por ejemplo, ftalato de dibutilo y compuestos fenólicos y similares), rellenos (que incluyen, por ejemplo, negro de
10 humo, dióxido de titanio y similares) y mezclas de los mismos.

Adicionalmente, se usa un agente de curado en la primera capa 41 de gel libre de fibras poliméricas para reaccionar con el primer polímero para formar la primera red
15 polimérica reticulada. El agente de curado (también conocido como endurecedor o agente de reticulación) puede incluir, por ejemplo, poliamidas, poliamidoaminas, fenoles, aminoformaldehídos, poliésteres con funcionalidad de ácido carboxílico, anhídridos, polisulfuros, polimercaptanos y
20 mezclas de los mismos.

La primera capa 41 de gel libre de fibras poliméricas también incluye material en partículas para eliminar contaminantes tales como partículas 47 de sulfato de bario dispersas en la primera capa 41 de gel libre de fibras
25 poliméricas. Otras partículas 47 que pueden dispersarse e

integrarse en el primer polímero libre de fibras la capa de gel 41 puede incluir, por ejemplo, partículas de sulfato de bario con un diámetro de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 5 μm .

5 La cantidad de partículas 47 presente en la primera capa de gel sin fibras de polímero 41 puede ser generalmente de aproximadamente 10% en peso a aproximadamente 95% en peso en una modalidad, de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 90% en peso en otra modalidad, y de
10 aproximadamente 30% en peso a aproximadamente 85% en peso en otra modalidad más.

En una modalidad preferida, la primera capa 41 de gel libre de fibras de polímero puede incluir una resina epoxi basada en bisfenol-A como primer polímero, un agente de
15 curado de amina y partículas de sulfato de bario.

Una de las propiedades beneficiosas de la capa de gel 41 es la capacidad de la capa de gel 41 de eliminar contaminantes tales como el radionúclido de un fluido líquido que entra en contacto con la capa de gel 41. "Sin fibra" con
20 referencia a la cantidad de fibras 48 presente en la capa de gel 41 significa que hay menos del 15% en peso de cantidad de fibras en la capa de gel 41 y preferiblemente cero.

El primer sistema o formulación para fabricar la primera capa 41 de gel sin fibras de polímero está diseñado
25 para tener una viscosidad inicial de al menos 20,000 mPa-s

para evitar el pandeo y el goteo cuando la capa 41 de gel se aplica al mandril 45; y la formulación está diseñada para tener un tiempo de gel de aproximadamente (~) 20 minutos. Por ejemplo, la capa de gel 41 puede tener una viscosidad inicial en general de aproximadamente 10,000 mPa-s a aproximadamente 40,000 mPa-s en una modalidad, de aproximadamente 15,000 mPa-s a aproximadamente 30,000 mPa-s en otra modalidad, y de aproximadamente 18,500 mPa-s hasta aproximadamente 25,000 mPa-s en otra modalidad más. Por ejemplo, la capa de gel 41 puede tener un tiempo de gel en general de aproximadamente 5 minutos (minutos) a aproximadamente 45 minutos en una modalidad, de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 30 minutos en otra modalidad, y de aproximadamente 15 minutos a aproximadamente 25 minutos en todavía otra modalidad.

El grosor de la capa de gel 41 de la estructura del artículo compuesto 40 puede ser generalmente de aproximadamente 0.25 milímetros (mm) a aproximadamente 5 mm en una modalidad, de aproximadamente 0.5 mm a aproximadamente 3 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2 mm en otra modalidad más. Una capa de gel 41 que es demasiado delgada (es decir, menor que aproximadamente 0.25 mm) puede no proporcionar suficiente cobertura en el interior de un miembro de tubería y dará como resultado una parte de bajo rendimiento con menos captura de contaminantes de la deseada. Una capa de gel 41 que es

demasiado gruesa (es decir, mayor que aproximadamente 0.5 mm) puede dar como resultado problemas de procesamiento adversos tales como el goteo de la capa de gel y el desperdicio.

En la modalidad mostrada en la figura 1, la capa de gel 12 está unida a la capa compuesta 13 formando una región de unión 14. En una modalidad preferida, mostrada en la figura 4, la capa de gel 41 de la estructura de artículo compuesta 40 de la presente invención es dispuesto entre una capa de velo 43 y una capa de liberación 44; y la segunda
5
10 capa 42 compuesta rica en fibras de polímero está dispuesta en la superficie exterior de la capa 43 de velo.

Como se muestra en la figura 4, la superficie externa de la capa de gel 41 está dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie interna de la capa de velo de vidrio 43; y la superficie interna de la capa de gel 41 está
15 dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie exterior de una capa de liberación 44. La capa de liberación 44, con la superficie interna de la película o capa de liberación 44 dispuesta en la superficie exterior del mandril
20 45, se usa para evitar que la estructura de tubo compuesto se adhiera al mandril 45.

La segunda capa compuesta 42 rica en fibras polimérica del artículo 40 compuesto, mostrada en la figura 4, puede estar hecha de cualquiera de las resinas poliméricas
25 convencionales descritas anteriormente con referencia a la

primera capa 41 compuesta de polímero libre de fibras. La resina polimérica utilizada para la fabricación de la segunda capa 42 compuesta rica en fibras poliméricas puede ser igual o diferente de la resina polimérica utilizada para fabricar la primera capa 41 compuesta libre de fibras.

Adicionalmente, se usa un agente de curado en la segunda capa compuesta de polímero rico en fibra 42 para reaccionar con el segundo polímero para formar la segunda red de polímero reticulado.

La segunda capa 42 compuesta rica en fibras de polímero también incluye un refuerzo de fibra que puede ser, por ejemplo, fibra continua o fibra discontinua. Las fibras 48 en la matriz polimérica de la capa compuesta 42 pueden ser de orígenes diferentes, que incluyen, pero no se limitan a, fibras de carbono (que incluyen, por ejemplo, base de brea y base de poliacrilonitrilo), fibras de vidrio (incluyendo, por ejemplo, vidrio eléctrico, vidrio s y similares), fibras de aramida, fibras naturales y mezclas de los mismos. Las fibras se pueden aplicar en cualquier dirección en un marco de coordenadas tridimensionales que es consistente con la teoría que dicta una estructura laminada funcional.

La cantidad de fibras 48 presente en la segunda capa compuesta rica en fibras de polímero 42 puede ser generalmente de aproximadamente 50% en peso a aproximadamente 85% en peso en una modalidad, de aproximadamente 60% en peso

a aproximadamente 80% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 65% en peso a aproximadamente 70% en peso en otra modalidad más.

La resina termoendurecible o termoplástica
5 utilizada como la segunda matriz polimérica de la capa
compuesta 42 preferiblemente tiene una viscosidad adecuada
para lograr la impregnación homogénea de los haces de fibras
durante un tiempo de residencia específico dictado por el
proceso individual particular usado (por ejemplo, en un
10 proceso de bobinado de filamentos, el tiempo de residencia es
el tiempo que el paquete de fibras pasa en el baño de
impregnación). Por ejemplo, en una modalidad preferida, la
capa compuesta 42 puede estar hecha de mechas de fibra
continua y una matriz de resina termoendurecible tal como una
15 resina epoxi. Alternativamente, la capa compuesta 42 puede
comprender una mecha de fibra continua y una matriz
termoplástica. La matriz termoplástica puede ser, por
ejemplo, polipropileno, polisulfona, poliéter-éter-cetona y
similares; y mezclas de los mismos.

20 Una de las propiedades beneficiosas de la capa
compuesta 42 es que la capa 42 está libre del material de
partícula 47 que captura radionúclidos y exhibe una
estructura laminada homogénea (es decir, la capa compuesta 42
está libre de defectos, por ejemplo, menos de aproximadamente
25 5% en peso [defectos]). "Sin partículas" con referencia a la

cantidad de partículas 47 en la capa compuesta 42 significa que hay menos del 10% en peso de partículas en la capa compuesta 42 y preferiblemente cero.

En una modalidad, la capa compuesta 42 de la estructura de artículo compuesto 40 de la presente invención está dispuesta sobre la superficie exterior de la capa de velo 43. Como se muestra en la figura 4, la capa 42 está dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie exterior de la capa de velo 43. Por ejemplo, la capa compuesta 42 puede colocarse sobre la superficie superior de la capa de velo 43 y luego todas las capas del artículo 40 pueden unirse químicamente en la matriz de polímero juntas durante el proceso de curado.

El espesor de la capa compuesta 42 de la estructura de artículo compuesto 40 no está limitado a un grosor predeterminado. Sin embargo, el grosor de la capa compuesta 42 puede ser generalmente de aproximadamente 0.25 mm a aproximadamente 100 mm en una modalidad, desde aproximadamente 1 mm a aproximadamente 60 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 40 en otra modalidad más.

La capa de velo 43 del artículo compuesto 40, que se muestra en la figura 4, puede estar hecha de diversos materiales que incluyen, por ejemplo, vidrio, poliéster, carbono o mezclas de los mismos. Por ejemplo, en una

modalidad preferida, la capa de velo 43 puede estar hecha de vidrio electrónico.

Una de las propiedades beneficiosas de la capa de velo 43 es proporcionar una capa de separación tal que se puede establecer un límite más definido entre la primera región libre de fibra de polímero que contiene un mecanismo de eliminación de radionúclido y la segunda región rica en fibra de polímero que contiene refuerzo de fibra que proporciona resistencia mecánica al artículo 40.

En una modalidad, la capa de velo 43 de la estructura de artículo compuesto 40 de la presente invención se coloca entre la capa compuesta 42 y la capa de gel 41. Como se muestra en la figura 4, la capa de velo 12 está dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie interna de la capa compuesta 42; y en contacto con y adyacente a la superficie externa de la capa de gel 41.

El grosor de la capa de velo 43 de la estructura del artículo compuesto 10 puede ser generalmente de aproximadamente 8 μm a aproximadamente 100 μm en una modalidad, de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 75 μm en otra modalidad, y de aproximadamente 15 μm a aproximadamente 50 μm en todavía otra modalidad.

La capa de película de liberación 44 del artículo compuesto 40, que se muestra en la figura 4, puede estar hecha de cualquier material que sea adecuado para

proporcionar un mecanismo de liberación ventajoso para liberar el artículo compuesto 40 del mandril 45. En una modalidad preferida, por ejemplo, la capa de película de liberación 44 puede estar hecha de ceras en pasta, polímeros
5 líquidos, alcoholes polivinílicos (PVA) o semipermanentes.

En una modalidad, la capa de película de liberación 44 de la estructura del artículo compuesto 40 de la presente invención está dispuesta entre la capa de gel 41 y el mandril interno 45. Como se muestra en la figura 4, la capa de
10 película de liberación 44 está dispuesta en contacto con adyacente a la superficie interna de la capa de gel 41; y la capa de película de liberación 44 está dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie exterior del mandril 45.

El grosor de la capa de película de liberación 44
15 de la estructura del artículo compuesto 40 puede ser generalmente de aproximadamente 0.01 mm a aproximadamente 2 mm en una modalidad, de aproximadamente 0.05 mm a aproximadamente 1 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 0.1 mm a aproximadamente 0.5 mm en otra modalidad más.

20 El mandril interior 45, que se muestra en la figura 4, puede estar hecho, por ejemplo, de cualquier material convencional con propiedades adaptadas para resistir las condiciones operativas y de curado del proceso de la presente invención. Por ejemplo, el mandril interno 45 puede estar
25 hecho de acero inoxidable, acero al carbono, aluminio, hierro

y termoplásticos (incluyendo, por ejemplo, poliéter-éter-cetona, polietileno de alta densidad y similares).

Como se muestra en la figura 4, la superficie exterior del mandril 45 útil en la presente invención está
5 dispuesta en contacto con y adyacente a la superficie interior de la capa de película de liberación 44. El mandril 45 solo necesita ser lo suficientemente grueso para soportar capas aplicadas a lo largo el procesamiento del artículo compuesto 40. Dependiendo del material utilizado, el espesor
10 del mandril 45 puede variar. Otras consideraciones para el grosor del mandril 45 pueden incluir la velocidad de procesamiento, las temperaturas de curado y el tipo de resinas usadas en el proceso. Por ejemplo, el grosor del mandril interno 45 de la estructura de artículo compuesto 40
15 puede ser generalmente de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 300 mm en una modalidad, de aproximadamente 6 mm a aproximadamente 250 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 200 mm en otra modalidad más.

20 La estructura 40 de la figura 4 se muestra con varias capas para formar una construcción multicapa. Sin embargo, el número de capas para la estructura 40 no está limitado a las capas como se muestra en la figura 4. Cualquier cantidad de capas puede constituir la estructura
25 general multicapa 40. Por ejemplo, el número de capas puede

ser generalmente de aproximadamente 2 capas hasta aproximadamente 15 capas en una modalidad, desde aproximadamente 3 capas hasta aproximadamente 10 capas en otra modalidad, y desde aproximadamente 4 capas hasta aproximadamente 8 capas en otra modalidad más. En una modalidad preferida, el número mínimo de capas que pueden usarse para fabricar la estructura compuesta 40 puede ser, por ejemplo, tres capas: (1) una primera capa de gel libre de fibras poliméricas, (2) una capa de velo y (3) una segunda capa rica en fibras de polímero

El diámetro total de la estructura de tubería 40 con la construcción de múltiples capas como se muestra en la figura 4 también puede variar dependiendo de la aplicación en la que se utilizará la estructura de tubería 40. Sin embargo, el diámetro total de la estructura 40 puede ser generalmente de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 400 mm en una modalidad, de aproximadamente 20 mm a aproximadamente 300 mm en otra modalidad, y de aproximadamente 30 mm a aproximadamente 200 mm en otra modalidad más.

El producto o artículo compuesto, tal como una tubería, preparado mediante el proceso de la presente invención exhibe propiedades inesperadas y únicas. En una modalidad, por ejemplo, el artículo compuesto fabricado en general puede pesar menos que una pieza de metal convencional similar que realice la misma función. Por ejemplo, el

compuesto de la presente invención puede pesar menos que una parte homóloga de metal generalmente menos de aproximadamente 5% a aproximadamente 75% en una modalidad, menos de aproximadamente 10% a aproximadamente 60% en otra modalidad, y menos de aproximadamente 15% a aproximadamente 50% en otra modalidad más.

Otro amplio alcance de la presente invención incluye un proceso para fabricar un artículo compuesto reforzado con fibra para la eliminación de radionúclidos. El proceso incluye fabricar un artículo compuesto uniendo al menos dos capas de polímero para formar un único artículo compuesto que contiene al menos una primera región libre de fibras de polímero, al menos una segunda región rica en fibras de polímero, y una tercera región de límite dispuesta entre (separación) la primera región libre de fibras de polímero y la segunda región rica en fibras de polímero. El sistema, composición o formulación incluye componentes para fabricar: (a) una primera región libre de fibras de polímero que contiene partículas eliminadoras de contaminantes tales como partículas de eliminación de radionúclidos; y componentes para fabricar: (b) una segunda región rica en fibras de polímero que contiene material de refuerzo de fibras.

La región polimérica libre de fibras que contiene un material captador de contaminantes tales como partículas

de eliminación de radionúclidos comprende la capa de gel del material compuesto. La composición utilizada para formar la capa de gel del material compuesto incluye, por ejemplo, los siguientes compuestos o componentes: (i) una resina epoxídica tal como una resina epoxídica de tipo novolac, (ii) un agente de curado tal como un agente de curado de amina para curar la resina epoxídica, y (iii) un material particulado que captura contaminantes, como BaSO_4 . La composición de la capa de gel anterior también puede incluir (iv) un coadyuvante de dispersión (por ejemplo, BYK-940) para dispersar homogéneamente los componentes anteriores a lo largo de la región polimérica libre de fibras, particularmente para dispersar el material particulado anterior en la región polimérica libre de fibras.

En una modalidad, la primera formulación se aplica como una capa de gel y está diseñada para tener una viscosidad inicial alta (por ejemplo, > aproximadamente 20,000 mPa-s), para evitar la flacidez y el goteo, y para tener un tiempo de gel rápido (por ejemplo <1 hora a 25°C). Por ejemplo, la viscosidad de la primera formulación para formar la capa de gel puede ser generalmente de aproximadamente 20,000 mPa-s a aproximadamente 80,000 mPa-s en una modalidad, de aproximadamente 30,000 mPa-s a aproximadamente 60,000 mPa-s en otra modalidad, y de aproximadamente 40,000 mPa-s a aproximadamente 55,000 mPa-s en otra modalidad más. Si la

viscosidad de la formulación de resina de capa de gel es menor que las viscosidades descritas, la capa de gel tendrá tendencia a pandearse o gotear del mandril utilizado en el proceso de enrollamiento y puede conducir a una distribución no homogénea del mecanismo de eliminación de contaminantes en la capa interna del tubo compuesto. Si la viscosidad de la formulación de resina de capa de gel es mayor que las viscosidades descritas, entonces la formulación mixta puede ser demasiado viscosa para aplicar y puede conducir a una distribución no homogénea del mecanismo de eliminación de contaminantes en la capa interna de la tubería compuesta.

Por ejemplo, el tiempo de gel de la primera formulación de resina puede ser generalmente de aproximadamente 2 minutos a aproximadamente 50 minutos en una modalidad, de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos en otra modalidad, y de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos en otra modalidad más. Si el tiempo de gelificación de la formulación de resina es demasiado corto, entonces la aplicación de la capa de gel será muy difícil y puede no lograrse una unión adecuada entre la región libre de fibras y la región rica en fibras.

La resina epoxídica utilizada para formar la capa de gel puede incluir, por ejemplo, una resina basada en bisfenol-A, una resina basada en bisfenol-F, otras resinas termoendurecibles, y mezclas de las mismas. La formulación

para formar la capa de gel también puede contener otros compuestos opcionales tales como un diluyente reactivo monofuncional (que incluye, por ejemplo, cresilglicidiléter, butilglicidiléter y similares), un diluyente reactivo difuncional (que incluye, por ejemplo, butanodiol diglicidil éter, dióxido de butano, y similares), un diluyente no reactivo (que incluye, por ejemplo, ftalato de dibutilo y compuestos fenólicos), un relleno (que incluye, por ejemplo, negro de humo, dióxido de titanio y similares); y mezclas de los mismos.

En una modalidad preferida, el epoxi útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, una o más resinas basadas en bisfenol-A, resinas basadas en bisfenol-F y mezclas de las mismas.

Una de las propiedades beneficiosas de la resina epoxi utilizada en la presente invención es su viscosidad inicial tal como se especifica en los intervalos descritos anteriormente, de modo que no se produce el goteo de la formulación de resina mixta fuera del mandril.

El agente de curado utilizado para curar la resina epoxídica presente en la capa de gel puede incluir, por ejemplo, una amina, una poliamida, una poliamidoamina, un fenol, un amino-formaldehído, un poliéster con función ácido carboxílico, un anhídrido, un polisulfuro, un polimercaptano; y mezclas de los mismos.

En una modalidad preferida, el agente de curado útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, una o más aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, polieteteraminas y mezclas de las mismas.

5 Una de las propiedades beneficiosas del agente de curado es un bajo peso de hidrógeno equivalente (no mayor que 60 amina en peso equivalente de hidrógeno [AHEW]) de modo que solo se necesita una pequeña cantidad del agente de curado de amina. Un peso equivalente de hidrógeno alto necesitará una
10 gran cantidad de agente de curado y disminuirá la viscosidad de la capa de gel de modo que no sea utilizable.

El material particulado añadido a la capa de gel puede incluir, por ejemplo, cualquier partícula en un tamaño micro o nanoescalar que sea ventajoso para capturar
15 contaminantes y eliminar los contaminantes de un fluido líquido contaminado como los radionúclidos donde las partículas y el contaminante entran en contacto directo con unos a otros en la región libre de fibras que contiene partículas que capturan contaminantes. Por ejemplo, el
20 material en partículas que captura el contaminante puede incluir sulfato de bario (BaSO_4).

El material particulado que captura contaminantes usado en la presente invención puede incluir, por ejemplo, sulfatos metálicos, óxidos metálicos y/o cualquier
25 combinación de los mismos. Las partículas que capturan

contaminantes son sólidas a temperatura ambiente. Las partículas que capturan contaminantes pueden tener un punto de fusión superior a 500°C, superior a 800°C y/o superior a 1000°C. El punto de fusión de las partículas que capturan
5 contaminantes puede ser inferior a 2500°C. Ejemplos de sulfatos metálicos incluyen sulfatos de metales alcalinos y sulfatos de metales alcalinotérreos. Ejemplos de sulfatos de metal incluyen sulfato de bario, sulfato de estroncio y mezclas de los mismos. En una modalidad preferida, el
10 material particulado que captura contaminantes es sulfato de bario. Ejemplos de óxidos metálicos incluyen óxidos de manganeso tales como óxido de manganeso (II) (MnO), óxido de manganeso (II, III) (Mn_3O_4), óxido de manganeso (III) (Mn_2O_3), dióxido de manganeso (MnO_2) y óxido de manganeso (VII)
15 (Mn_2O_7). Ejemplos de minerales basados en óxido de manganeso incluyen birnessita, hausmannita, manganita, manganosita, psilomelano y pirolusita.

El líquido contaminado que se procesa usando un artículo compuesto reforzado con fibra de la presente
20 invención puede incluir, por ejemplo, agua, salmuera, una mezcla de petróleo crudo y agua, o una mezcla de petróleo crudo y salmuera.

En una modalidad preferida, el material particulado útil en el proceso de la presente invención puede incluir,
25 por ejemplo, una o más formas, formas o tamaños de sulfato de

bario (BaSO_4). Una de las propiedades beneficiosas del material particulado incluye la capacidad del material particulado para capturar y atrapar un radionúclido por el radionúclido que entra en contacto directo con el material
5 particulado.

La concentración del material particulado usado en la presente invención puede variar generalmente de aproximadamente 5% en peso a aproximadamente 90% en peso en una modalidad, de aproximadamente 15% en peso a
10 aproximadamente 85% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 80% en peso en otra modalidad más. Si hay muy poco material particulado en la capa de gel, es posible que no haya suficiente material para capturar el contaminante de interés. Si hay demasiado
15 material particulado en la capa de gel, la unión entre capas y dentro de la capa puede no ser suficiente para formar un artículo homogéneo.

El adyuvante de dispersión añadido a la capa de gel puede incluir, por ejemplo, cualquier aditivo que disminuya
20 la sedimentación de aditivos para la eliminación de contaminantes. En una modalidad preferida, el auxiliar de dispersión útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, uno o más copolímeros de polisiloxano que disminuyen la sedimentación del aditivo inorgánico para
25 la eliminación de radionúclidos.

Una de las propiedades beneficiosas del coadyuvante de dispersión es su capacidad para evitar que la partícula para la eliminación de radionúclidos se deposite en la capa de gel.

5 La concentración del coadyuvante de dispersión utilizado en la presente invención puede variar generalmente de aproximadamente 0% en peso a aproximadamente 2% en peso en una modalidad, de aproximadamente 0.25% en peso a aproximadamente 1.5% en peso en otra modalidad y de
10 aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1% en peso en otra modalidad más. El uso de muy poca ayuda de dispersión conducirá a partículas dispersadas ineficientemente. El uso de demasiada ayuda de dispersión afectará el rendimiento del mecanismo de eliminación de contaminantes.

15 Los aditivos opcionales que pueden añadirse a la formulación para formar la capa de gel pueden incluir, por ejemplo, diluyentes reactivos monofuncionales (que incluyen, por ejemplo, cresil glicidil éter, butil glicidil éter y similares), diluyentes reactivos difuncionales (incluido, por
20 ejemplo, butanodiol diglicidil éter, dióxido de butano y similares), diluyentes no reactivos (que incluyen, por ejemplo, ftalato de dibutilo y compuestos fenólicos) útiles para modificar la viscosidad de la capa de gel de modo que ventajosamente la capa de gel pueda procesarse mediante el
25 proceso de la presente invención.

La concentración de los aditivos opcionales usados en la presente invención puede variar generalmente de 0% en peso a aproximadamente 5% en peso en una modalidad, de aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 3% en peso en otra modalidad y de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1 % en peso en otra modalidad más. Si se usa demasiado modificador de la viscosidad (por ejemplo, > 5% en peso), las propiedades mecánicas de la formulación pueden verse afectadas negativamente.

En una modalidad, se puede usar un acelerador como un aditivo opcional que se puede agregar para formar la capa de gel. Por ejemplo, puede usarse un gel o acelerador de curado útil para acelerar la velocidad de reticulación dentro de la formulación de curado.

La concentración del acelerador opcional utilizado en la presente invención puede variar generalmente de 0% en peso a aproximadamente 3% en peso en una modalidad, de aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 2% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1 % en peso en otra modalidad más. Si se agrega demasiado gel o acelerador de curado a la formulación de la capa de gel, entonces la formulación puede ser demasiado reactiva y puede no lograrse una capa de gel homogénea.

Otro aditivo opcional que puede añadirse para

formar la capa de gel puede incluir, por ejemplo, cargas (que incluyen, por ejemplo, negro de humo, dióxido de titanio y similares) útiles para proporcionar propiedades ventajosas que la capa de gel no podría alcanzar sin una barrera
5 térmica, barrera de reducción de desgaste y similares.

La concentración de la carga utilizada en la presente invención puede variar generalmente de 0% en peso a aproximadamente 25% en peso en una modalidad, de aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 15% en peso en
10 otra modalidad, más preferiblemente de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 10 % en peso en otra modalidad más. Si se agrega demasiada carga más allá de las concentraciones anteriores a la formulación, entonces la formulación puede ser demasiado reactiva y no se puede lograr una capa de gel
15 homogénea. Si se utiliza muy poca carga fuera de los rangos anteriores, es posible que no se consigan las propiedades deseadas obtenidas mediante la incorporación del relleno.

La segunda región rica en fibras poliméricas o reforzada con fibras del compuesto se forma utilizando una
20 composición, sistema o formulación que contiene los siguientes compuestos o componentes: (i) una resina de polímero, (ii) un agente de curado para curar la resina, y (iii) un material de refuerzo de fibras.

La segunda formulación que puede usarse en la
25 presente invención puede incluir una formulación convencional

para devanado de filamentos con baja viscosidad (por ejemplo, de aproximadamente 350 mPa-s a aproximadamente 600 mPa-s) para la impregnación homogénea de haces de fibras y largos tiempos de gelificación (para ejemplo, > 6 horas a 25°C). Por ejemplo, la viscosidad de la segunda formulación puede ser generalmente de aproximadamente 200 mPa-s a aproximadamente 1000 mPa-s en una modalidad, de aproximadamente 300 mPa-s a aproximadamente 800 mPa-s en otra modalidad, y de aproximadamente 350 mPa-s hasta aproximadamente 600 mPa-s en otra modalidad más. La viscosidad de la formulación debe estar de acuerdo con un sistema de devanado de filamentos tradicional. Una viscosidad demasiado alta dará como resultado una impregnación deficiente del haz de fibras. Una viscosidad demasiado baja dará como resultado el drenaje de la resina del haz de fibras.

Se desea lograr una impregnación homogénea de los haces de fibras de forma tal que la estructura resultante funcione de la manera que se ha diseñado sin ninguna cantidad nociva de humedad de la formulación de resina como puede determinarse mediante técnicas conocidas en la técnica. Por ejemplo, el tiempo de gelificación de la segunda formulación generalmente puede ser de aproximadamente 1 hora (h) a aproximadamente 16 horas en una modalidad, de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 12 horas en otra modalidad, y de aproximadamente 4 horas a aproximadamente 8 horas en otra

modalidad más. Si el tiempo de gelificación es demasiado corto, la estructura compuesta completa puede no formarse antes de que se produzca la reacción de curado, lo que conduce a una estructura laminada heterogénea. No hay mayores
5 consecuencias de tener un tiempo de gelificación demasiado largo más allá de las 16 horas discutidas, aparte de que el proceso sería antieconómico e ineficiente.

La resina de polímero usada para formar la capa rica en fibra (reforzada con fibra) puede incluir, por
10 ejemplo, una resina basada en bisfenol-A, una resina basada en bisfenol-F, un diluyente reactivo monofuncional (que incluye, por ejemplo, cresil glicidil éter, butil glicidil éter, y similares), diluyentes reactivos difuncionales (que incluyen, por ejemplo, butanodiol diglicidil éter, dióxido de
15 butano y similares), diluyentes no reactivos (que incluyen, por ejemplo, ftalato de dibutilo y compuestos fenólicos), rellenos (que incluyen, por ejemplo, negro de humo, dióxido de titanio y similares) y mezclas de los mismos. Adicionalmente, se usa un agente de curado para formar la red
20 polimérica reticulada que puede estar compuesta por poliamidas, poliamidoaminas, fenol y amino-formaldehídos, poliésteres con funcionalidad de ácido carboxílico, anhídridos y polisulfuros y polimercaptanos; y mezclas de los mismos.

25 En una modalidad preferida, la resina de polímero

útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, una o más resinas basadas en bisfenol-A, uno o más diluyentes reactivos difuncionales, y mezclas de los mismos.

5 Una de las propiedades beneficiosas de la resina polimérica de la segunda formulación es su baja viscosidad inicial (es decir, la formulación que incluye la resina, los aditivos, las cargas y el agente de curado). Por ejemplo, la viscosidad inicial de la formulación puede ser de
10 aproximadamente 350 mPa-s a aproximadamente 600 mPa-s.

 La concentración de la resina de polímero usada en la presente invención puede variar generalmente de aproximadamente 60% en peso a aproximadamente 99% en peso en una modalidad, de aproximadamente 70% en peso a
15 aproximadamente 90% en otra modalidad y de aproximadamente 80% en peso a aproximadamente 85% en peso en otra modalidad más. El uso de demasiado diluyente reactivo (y por lo tanto reduciendo la cantidad de resina epoxídica en la formulación global por debajo del 60% en peso) afectará de manera
20 significativa y adversa las propiedades térmicas y mecánicas del artículo compuesto curado final.

 El agente de curado usado para curar la resina de polímero presente para formar la región de polímero reforzado con fibra puede incluir, por ejemplo, cualquiera de los
25 agentes de curado descritos anteriormente con referencia a la

capa de gel. Por ejemplo, el agente de curado puede ser una amina, una poliamida, una poliamidoamina, un fenol, un aminoformaldehído, un poliéster con función ácido carboxílico, un anhídrido, un polisulfuro, un polimercaptano; y mezclas de los mismos.

En una modalidad preferida, el agente de curado útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, una o más aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, polieteteraminas y mezclas de las mismas.

El material de refuerzo utilizado para formar la capa de la región rica en fibra puede incluir, por ejemplo, fibras de vidrio discontinuas o continuas (por ejemplo, vidrio-e, vidrio-S, y similares), fibras de carbono (por ejemplo, fibras de poliacrilonitrilo [PAN] y fibras basadas en brea), fibras de aramida, fibras naturales y mezclas de las mismas.

En una modalidad preferida, el material de refuerzo útil en el proceso de la presente invención puede incluir, por ejemplo, una o más fibras de vidrio continuas o discontinuas, fibras de carbono continuas o discontinuas, y mezclas de las mismas.

La concentración del material de refuerzo utilizado en la presente invención puede variar generalmente de aproximadamente 10% en peso a aproximadamente 90% en peso en una modalidad, de aproximadamente 15% en peso a

aproximadamente 85% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 80% en peso en otra modalidad más. El material de refuerzo debe tener tal presencia que el artículo compuesto cumpla con los objetivos
5 de rendimiento eléctrico, térmico y mecánico para la industria. Una cantidad demasiado baja o demasiado alta de material de refuerzo causará problemas perjudiciales en las actuaciones antes mencionadas.

Un aditivo beneficioso opcional que puede añadirse
10 para formar la capa de gel puede incluir, por ejemplo, diluyentes reactivos monofuncionales (que incluyen, por ejemplo, cresil glicidil éter, butil glicidiléter y similares), diluyentes reactivos difuncionales (que incluyen, por ejemplo, butanodiol diglicidil éter, dióxido de butano, y
15 similares), diluyentes no reactivos (que incluyen, por ejemplo, ftalato de dibutilo y compuestos fenólicos, y similares) que es capaz de modificar la viscosidad de la capa de gel para que sea ventajosa para el procesamiento.

La concentración del aditivo opcional, cuando se
20 usa en la presente invención, puede variar generalmente de 0% en peso a aproximadamente 5% en peso en una modalidad, de aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 3% en peso en otra modalidad, de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1% en peso en otra modalidad más. Si se usa
25 demasiado modificador de la viscosidad (por ejemplo, > 5% en

peso), las propiedades mecánicas de la formulación pueden verse afectadas negativamente.

Un aditivo beneficioso opcional que puede añadirse para formar la capa de gel puede incluir, por ejemplo, un gel
5 o un acelerador de curado que está adaptado para acelerar la velocidad de reticulación dentro de la formulación de curado.

La concentración de los aditivos opcionales usados en la presente invención puede variar generalmente de 0% en peso a aproximadamente 3% en peso en una modalidad, de
10 aproximadamente 0.1% en peso a aproximadamente 2% en peso en otra modalidad, y de aproximadamente 0.5% en peso a aproximadamente 1 % en peso en otra modalidad más. Si se agrega demasiado gel o acelerador de curado, entonces la formulación puede ser demasiado reactiva y no se puede lograr
15 una capa de gel homogénea.

En general, el proceso para fabricar un artículo compuesto reforzado con fibra útil para la eliminación de contaminantes como la eliminación de radionúclidos incluye los pasos de:

20 (A) disponer una capa de material de gel sobre la superficie de un mandril; (B) introducir un refuerzo de fibra en un medio de impregnación de resina de polímero; (C) impregnar el refuerzo de fibra de la etapa (B) con una resina de polímero para formar un material de capa reforzado con
25 fibra de polímero; (D) disponer el material de la capa

reforzada con fibra impregnada de resina de la etapa (C) sobre la superficie de la capa de material de gel de (A); y (E) unir la capa de material de gel polimérico al material de capa reforzado con fibra de polímero curando la combinación de la capa de material de gel y el material de capa reforzado con fibra impregnado de resina para formar al menos una capa única de un compuesto reforzado con fibra que incluye al menos tres regiones en dicha al menos una sola capa. Las tres regiones incluyen lo siguiente:

10 (a) al menos una primera región libre de fibras poliméricas que contiene material adaptado para eliminar contaminantes, el material eliminador de contaminantes integrado en la primera región libre de fibras poliméricas;

15 (b) al menos una segunda región rica en fibra de polímero que contiene material de refuerzo de fibra; y

 (c) al menos una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibra de polímero y una porción de la segunda región rica en fibra de polímero.

20 La primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y la segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa. La superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida
25 integralmente a la superficie interior de la segunda región

rica en fibras de polímero que forma la al menos una tercera
región límite de polímero dispuesta entre la primera región
libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en
fibras poliméricas. La tercera región límite de polímero
5 comprende además un límite contiguo de una anchura no
delineada entre la primera región libre de fibras de polímero
y la segunda región rica en fibras de polímero. Y, la primera
región libre de fibras de polímero está unida integralmente a
la segunda región rica en fibras de polímero de manera que la
10 primera región libre de fibras de polímero y la segunda
región rica en fibras de polímero se infunden juntas formando
al menos una tercera región límite de polímero.

Más específicamente, el primer paso del proceso
incluye mezclar los componentes requeridos para hacer la capa
15 de gel tal como, por ejemplo: (i) una resina epoxídica, (ii)
un agente de curado tal como un agente de curado de amina
para curar la resina epoxídica, (iii) un material
particulado; y (iv) cualquier compuesto opcional, por
ejemplo, un coadyuvante de dispersión. A continuación, la
20 mezcla puede procesarse en condiciones para formar una capa
de gel que incluye calentar la mezcla anterior a una
temperatura y tiempo predeterminados para formar una capa de
gel efectiva. La temperatura de calentamiento puede estar
generalmente en el intervalo de aproximadamente 15°C a
25 aproximadamente 60°C en una modalidad, de aproximadamente

20°C a aproximadamente 40°C en otra modalidad, y de aproximadamente 22°C a aproximadamente 30°C en otra modalidad más. Si la temperatura de la formulación es demasiado baja, esto puede causar un aumento significativo en la viscosidad (por ejemplo, > 40,000 mPa-s) dando como resultado una incapacidad para procesar la capa de gel sobre el mandril. Si la temperatura de la formulación es demasiado alta, esto puede ocasionar un aumento significativo en la reactividad de la capa de gel y puede no permitir suficiente tiempo para aplicar la capa de gel al mandril antes del curado.

El tiempo de calentamiento para formar la capa de gel puede ser, por ejemplo, generalmente de aproximadamente 5 min a aproximadamente 120 min en una modalidad, de aproximadamente 10 min a aproximadamente 60 min en otra modalidad, y de aproximadamente 15 min a aproximadamente 45 min en modo fijo otra modalidad. En general, el tiempo de calentamiento para la capa de gel dependerá de la composición y la reactividad de la capa de gel. Un tiempo de calentamiento demasiado alto puede aumentar la temperatura de modo que se induce la reacción de curado y la capa de gel no se puede aplicar correctamente al mandril. Una temperatura de calentamiento demasiado baja y la viscosidad de la formulación de la capa de gel puede ser demasiado alta de modo que la capa de gel puede no aplicarse homogéneamente al mandril.

El proceso de la presente invención para formar la capa de gel puede ser un proceso por lotes, un proceso intermitente o un proceso continuo usando un equipo bien conocido por los expertos en la técnica.

5 Una vez que se realiza la composición para la capa de gel, la formulación de la capa de gel se aplica al mandril de un proceso de bobinado de filamentos.

El proceso incluye la etapa de mezclar los compuestos o componentes requeridos para hacer la segunda
10 capa compuesta rica en fibra de polímero del compuesto: (i) una resina de polímero, (ii) un agente de curado para curar la resina, y (iii) una fibra material de refuerzo. A continuación, la mezcla se puede procesar bajo condiciones para formar una capa reforzada con fibra que generalmente
15 incluye las etapas de introducir un refuerzo de fibras en un medio de impregnación de resina polimérica; e impregnando el refuerzo de fibras con una resina de polímero para formar un segundo material de capa reforzado con fibras de polímero.

Generalmente, para formar la capa reforzada con
20 fibras de polímero, la impregnación del refuerzo de fibras con una resina de polímero se lleva a cabo a una temperatura y tiempo predeterminados para formar una capa de refuerzo de fibras efectiva. La temperatura de calentamiento puede estar generalmente en el intervalo de aproximadamente 15°C a
25 aproximadamente 40°C en una modalidad, de aproximadamente

20°C a aproximadamente 35°C en otra modalidad, y de aproximadamente 25°C a aproximadamente 30°C en otra modalidad más. Cualquier calentamiento fuera del rango anterior puede causar efectos adversos al comportamiento reológico deseado de la formulación mixta. Por ejemplo, las temperaturas por debajo de 15°C pueden causar que la viscosidad de la formulación mixta aumente a un nivel inutilizable en los métodos descritos anteriormente, así como ralentizar la reacción epoxi-amina a una tasa tan baja que el punto de gel del material no puede ser alcanzado. Y, las temperaturas por encima de 40°C pueden reducir la viscosidad hasta un estado tal que el material goteará desde el mandril y puede no formar una capa homogénea en la superficie deseada del artículo compuesto. Además, una temperatura superior a 40°C puede inducir prematuramente la reacción de curado autocatalítico y dejar inutilizable la formulación mixta.

Si el artículo compuesto se calienta durante demasiado poco tiempo, la reacción de reticulación asociada con las matrices termoestables puede no estar completa con el efecto resultante de producir un artículo de bajo rendimiento.

El proceso de la presente invención para formar la capa reforzada con fibra puede ser un proceso por lotes, un proceso intermitente o un proceso continuo usando un equipo bien conocido por los expertos en la técnica. El tiempo de

calentamiento para formar el compuesto reforzado con fibras puede ser, por ejemplo, generalmente de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 24 horas en una modalidad, de aproximadamente 1.5 horas a aproximadamente 12 horas en otra 5 modalidad, y de aproximadamente 2 horas a aproximadamente 8 horas en todavía otra modalidad.

Después de unir la capa reforzada con fibra y la capa de gel para formar un único artículo compuesto, se forma una primera región libre de fibra de polímero, una segunda 10 región rica en fibra de polímero y una tercera región de límite de polímero en el único artículo compuesto.

Como se mencionó anteriormente, la primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y la segunda región rica en fibras de 15 polímero incluye una superficie interna y una superficie externa. La superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras de polímeros que forma la al menos una tercera región límite de polímero 20 dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas. La tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la primera región libre de fibras de polímero y la segunda región rica en fibras de 25 polímero. Y la primera región libre de fibras de polímero

está unida integralmente a la segunda región rica en fibras de polímero de manera que la primera región libre de fibras de polímero y la segunda región rica en fibras de polímero se infunden juntas formando al menos una tercera región límite
5 de polímero.

Algunos ejemplos no limitativos de aplicaciones de uso final para el producto compuesto de la presente invención pueden incluir, por ejemplo, en la fabricación de un artículo mediante bobinado de filamentos, pultrusión, infusión,
10 aplicación manual o una combinación de tales métodos. El artículo compuesto puede ser, por ejemplo, un conducto, una tubería o tubería para su uso en pozos de fondo en la industria del petróleo y el gas; o una tubería para hacer fluir un fluido líquido en el mismo y eliminar contaminantes
15 (por ejemplo, un radionúclido) presentes en el fluido líquido del líquido tal como fluido contaminado de operaciones de fracturación hidráulica.

Las modalidades ejemplares que pueden incorporar cualquiera o todas las características discutidas
20 anteriormente, incluyen, las siguientes:

Un artículo compuesto reforzado con fibra útil para la eliminación de contaminantes que comprende al menos una única capa de un compuesto reforzado con fibras que incluye las siguientes regiones en dicha al menos una única capa: (a)
25 al menos una primera región libre de fibras poliméricas que

contiene material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material de eliminación de contaminantes integrado en la primera región sin fibras de polímero; dicha primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en fibras de polímero que contiene material de refuerzo de fibras; dicha segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y una porción de la segunda región rica en fibras de polímero. Mientras que, la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras poliméricas formando al menos una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras de polímero; en donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando

al menos una tercera región límite polimérica.

Un proceso para fabricar un artículo compuesto reforzado con fibras útil para eliminar contaminantes al menos una capa única de un compuesto reforzado con fibras que

5 comprende las etapas de: (i) proporcionar una formulación para formar al menos una primera capa de gel libre de fibras poliméricas; (ii) aplicar la primera formulación de capa de gel libre de fibras poliméricas de (i) sobre un mandril de un proceso de devanado de filamentos de manera que la

10 formulación de la capa de gel sin fibras de polímero forme una capa de gel libre de fibras poliméricas de un espesor predeterminado en el mandril; (iii) proporcionar una formulación para formar al menos una segunda capa rica en fibras de polímero; (iv) aplicar la segunda formulación de

15 capa rica en fibras poliméricas de (iii) sobre la superficie de la capa de gel libre de fibras de polímero producida en la etapa (ii) de manera que la segunda formulación de capa rica en fibras poliméricas forme una segunda capa rica en fibras poliméricas de un espesor predeterminado dispuesto sobre la

20 primera capa de gel libre de fibras poliméricas que está dispuesta sobre el mandril; y (v) curar la primera capa de gel libre de fibras de polímero y la segunda capa rica en fibras de polímero para formar al menos una única capa de un compuesto reforzado con fibra; donde la al menos única capa

25 de un compuesto reforzado con fibra incluye las siguientes

regiones en dicha única capa: (a) al menos una primera región libre de fibras poliméricas que contiene material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material eliminador de contaminantes integrado en la primera región libre de fibras de polímero; dicha primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en fibras de polímero que contiene material de refuerzo de fibras; dicha segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y una porción de la segunda región rica en fibras de polímero. Mientras que, la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras poliméricas formando al menos una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras de polímero; en donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras

poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando al menos una tercera región límite polimérica.

Un aparato para fabricar un artículo compuesto
5 reforzado con fibras útil para la eliminación de
contaminantes que comprende: (I) un medio para disponer una
capa de material de gel sobre la superficie de un mandril;
(II) un medio para introducir un refuerzo de fibras en un
medio de impregnación de resina; (III) un medio de
10 impregnación de resina para impregnar el refuerzo de fibras
de (II) con una resina de polímero para formar un material de
capa reforzado con fibras de polímero; (IV) un medio para
disponer el material de capa reforzado con fibras impregnado
de resina de (III) sobre la superficie de la capa de material
15 de gel de (I); y (V) un medio para curar la combinación de la
capa de material de gel y el material de capa reforzado con
fibra impregnada de resina para formar al menos una única
capa de un compuesto reforzado con fibras que incluye las
siguientes regiones en dicha al menos única capa: a) al menos
20 una primera región libre de fibras de polímero que contiene
material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material
de eliminación de contaminantes integrado en la primera
región libre de fibras de polímero; dicha primera región sin
fibras de polímero incluye una superficie interna y una
25 superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en

fibras de polímero que contiene material de refuerzo de fibra; dicha segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos una tercera región límite de polímero que

5 contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y una porción de la segunda región rica en fibras de polímero. Mientras que, la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras

10 poliméricas formando al menos una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y el segundo polímero región rica en fibras; en donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la

15 primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda

20 región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando al menos una tercera región límite polimérica.

Un proceso para fabricar un artículo compuesto reforzado con fibras útil para la eliminación de contaminantes que comprende los pasos de: (A) disponer una

25 capa de material de gel sobre la superficie de un mandril;

(B) introducir un refuerzo de fibras en un medio de impregnación de resina de polímero; (C) impregnar el refuerzo de fibras de la etapa (B) con una resina de polímero para formar un material de capa reforzado con fibras de polímero;

5 (D) disponer el material de la capa reforzada con fibras impregnada de resina de la etapa (C) sobre la superficie de la capa de material de gel de (I); y (E) unir la capa de material de gel de polímero al material de capa reforzado con fibras de polímero curando la combinación de la capa de

10 material de gel y el material de capa reforzado con fibras impregnado de resina para formar al menos una capa única de un compuesto reforzado con fibras que incluye las siguientes regiones en dicha al menos una única capa: (a) al menos una primera región libre de fibras poliméricas que contiene

15 material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material eliminador de contaminantes integrado en la primera región libre de fibras poliméricas; dicha primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en fibras de

20 polímero que contiene material de refuerzo de fibras; dicha segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y

25 una porción de la segunda región rica en fibras de polímero.

Mientras que, la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras poliméricas formando al menos una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras de polímero; en donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando al menos una tercera región límite polimérica. El procedimiento puede proporcionar además que el área superficial expuesta del material adaptado para eliminar contaminantes se incremente mediante las siguientes etapas de: (v) aplicar un tratamiento de pretratamiento a la superficie sobre la cual se forma el artículo compuesto; y (vi) aplicar un tratamiento de postprocesamiento al artículo compuesto. El tratamiento posterior al procesamiento puede ser un método de postprocesamiento mecánico, térmico, eléctrico o químico.

Un proceso para la eliminación de contaminantes de

un fluido líquido en contacto con un artículo de material compuesto reforzado con fibras que comprende las etapas de:

(α) proporcionar un artículo de material compuesto reforzado con fibras útiles para la eliminación de contaminantes que

5 comprende al menos una sola capa de un material compuesto reforzado con fibras que incluye las siguientes regiones en dicha al menos una única capa: (a) al menos una primera región libre de fibras de polímero que contiene material adaptado para eliminar contaminantes, dicho material de

10 eliminación de contaminantes integrado en la primera región libre de fibras de polímero; dicha primera región sin fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; (b) al menos una segunda región rica en fibras de polímero que contiene material de refuerzo de fibras; dicha

15 segunda región rica en fibras de polímero incluye una superficie interna y una superficie externa; y (c) al menos una tercera región límite de polímero que contiene una porción de la primera región libre de fibras de polímero y una porción de la segunda región rica en fibras de polímero.

20 Mientras que, la superficie externa de la primera región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la superficie interior de la segunda región rica en fibras poliméricas formando al menos una tercera región límite de polímero dispuesta entre la primera región libre de fibras

25 poliméricas y la segunda región rica en fibras polímero; en

donde la tercera región límite de polímero comprende además un límite contiguo de una anchura no delineada entre la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas; y en donde la primera
5 región libre de fibras poliméricas está unida integralmente a la segunda región rica en fibras poliméricas de manera que la primera región libre de fibras poliméricas y la segunda región rica en fibras poliméricas se infunden juntas formando al menos una tercera región límite polimérica. Comprendiendo
10 además, (β) poner en contacto un fluido líquido con la primera región que libre de fibras de polímero adaptada para la eliminación de contaminantes tales el material adaptado para la eliminación de contaminantes en la primera región libre de fibras de polímero se adsorbe uno o más
15 contaminantes del fluido líquido.

EJEMPLOS

Los siguientes ejemplos y ejemplos comparativos
20 ilustran adicionalmente la presente invención con más detalle, pero no deben interpretarse para limitar el alcance de la misma.

En los siguientes ejemplos, se utilizan diversos materiales, términos y designaciones que se explican de la
25 siguiente manera:

EEW significa peso equivalente de epóxido.

AHEW significa peso amínico equivalente de hidrógeno.

D.E.R. 383 es una resina epoxi que tiene un EEW de
5 171 y comercialmente disponible de The Dow Chemical Company.

D.E.N. 438 es una resina epoxi que tiene un EEW de
179 y está disponible comercialmente en The Dow Chemical
Company.

VORAFORCE™ TW 120 es un endurecedor de amina
10 formulado que tiene un AHEW de 36 y comercializado por The
Dow Chemical Company.

BYK 940 es un aditivo que ayuda a la dispersión y
está disponible comercialmente en Altana.

El polvo de BaSO_4 se obtuvo de Excalibar Minerals.

15 Las mediciones estándar, el equipo analítico y los
métodos se usaron en los ejemplos de la siguiente manera:

Mediciones EEW

El EEW de la resina se midió de acuerdo con el
20 procedimiento descrito en ASTM D-1652 (2011).

Mediciones AHEW

El AHEW de la resina se calculó después de
encontrar el valor de amina de acuerdo con el procedimiento
25 descrito en ISO 9702 (1996).

Mediciones de viscosidad

La viscosidad de la resina se midió de acuerdo con el procedimiento descrito en ASTM D-445 (2015) a 25°C.

5 Procedimiento general del proceso de devanado de filamentos

Una tubería compuesta de la presente invención se puede fabricar usando un proceso de bobinado de filamentos. El devanado de filamentos es uno de los métodos de producción de compuestos más importantes en términos de número de usuarios y número total de piezas fabricadas. El proceso de bobinado de filamentos comienza con remolques de fibras provenientes de bobinas de vidrio o fibras de carbono montadas en una fileta. Las fibras se juntan y se recogen a través de un tipo de guía de fibras (es decir, un "peine") para formar una banda. La cantidad de fibras unidas determina el ancho de banda. La banda se estira a través de un baño de resina (que contiene una resina y un endurecedor mezclados de manera que la formulación esté activa). La resina del baño de resina impregna el arrastre de fibras tiradas. A continuación, las fibras se retiran a través de un rodillo o sistema limpiador para conseguir el contenido de resina deseado en las fibras; y luego las fibras se estiran a través de un pago. El "pago" es el punto en el que la fibra entra en contacto con un carro móvil y dirige las fibras hacia un

10

15

20

25

mandril giratorio. Este método de producción es eficiente para producir cualquier tipo de pieza cilíndrica. Además, a medida que aumenta la complejidad y la capacidad de las máquinas de bobinado de filamentos, otras partes no
5 cilíndricas también pueden arrollarse utilizando un método de devanado de filamentos.

Procedimiento general de configuración manual

Un artículo compuesto de la presente invención,
10 alternativamente, se puede fabricar a través de un método de configuración manual que utiliza dos etapas de producción diferentes. La configuración manual es el método de moldeado abierto más simple y antiguo de los procesos de fabricación de compuestos. Es un método de bajo volumen y mano de obra,
15 especialmente adecuado para componentes grandes. El vidrio, carbono u otra estera de refuerzo o tejido o hilado se coloca manualmente en el molde abierto, y la resina se vierte, cepilla o rocía sobre las capas de vidrio. El aire atrapado se elimina manualmente con escurridores o rodillos para
20 completar la estructura de los laminados. El curado se inicia mediante un catalizador en la formulación de resina, que endurece el compuesto de resina reforzado con fibras sin calor externo. El curado posterior para lograr mayores propiedades mecánicas a menudo se requiere.

EJEMPLO 1**Fabricación de artículo compuesto a través de filamento
enrollado**

5 Se usaron dos composiciones formuladas diferentes
para producir un solo artículo compuesto utilizando un
proceso de devanado de filamentos. Las dos composiciones se
describen en el cuadro I. Las dos formulaciones o
composiciones se diseñaron para tener ventajosamente una capa
10 libre de fibras (es decir, rica en resina) que contiene
partículas de sulfato de bario cerca de la superficie del
artículo compuesto ("primera composición") y capa rica en
fibras ("segunda composición") unida químicamente a la capa
rica en resina que proporciona refuerzo mecánico.

15 La primera composición ("capa de gel" en el cuadro
I) se aplicó como una capa de gel a un mandril giratorio y se
diseñó para tener una viscosidad inicial alta (por ejemplo, >
20,000 mPa-s) para evitar la flacidez y el goteo durante la
aplicación de la capa de gel sobre el mandril; y un tiempo de
20 gel rápido (por ejemplo, <1 hora a 25°C) para permitir
ventajosamente que la capa de gel se procese más fácilmente.

 La segunda composición ("capa reforzada con fibra"
en el cuadro I) se diseñó como una formulación de baja
viscosidad (por ejemplo, ~500 mPa-s) para un proceso de
25 fabricación de devanado de filamentos de baño abierto

tradicional. La baja viscosidad de la segunda composición asegura una humectación de la fibra completa y homogénea durante la fabricación del artículo compuesto. La segunda composición tiene un tiempo de gelificación más largo (por ejemplo, > 6 horas a 25°C) que la primera composición; y tiene propiedades de dureza deseables tras el curado (por ejemplo, resistencia a la fractura en modo $K_{IC} \sim 0.75 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$).

CUADRO I

Formulaciones para la capa de gel y la capa reforzada con fibras para su uso en un sistema de devanado de filamentos

15

<u>Componente</u>	<u>Capa de gel (% en peso)</u>	<u>Capa reforzada con fibras (% en peso)</u>
D.E.R. 383	0.0	71.6
D.E.N. 438	20.8	0.0
1,4 butanodiol diglicidil éter	0.0	11.7
VORAFORCE™ TW 120	4.2	16.7
polvo de BaSO ₄	75.0	0.0
Total	100	100

EJEMPLO 2

20

Fabricación de artículo compuesto a través de configuración de mano

En este ejemplo 2, se usan dos composiciones poliméricas diferentes para producir un artículo compuesto usando un proceso de colocación a mano. Las dos composiciones poliméricas se describen en el cuadro II. Las dos

formulaciones o composiciones están diseñadas para tener ventajosamente una capa libre de fibras (es decir, rica en resina) que contiene partículas de sulfato de bario cerca de la superficie del artículo compuesto ("primera composición") y una capa rica en fibras ("segunda composición") unida químicamente a la capa rica en resina que proporciona refuerzo mecánico.

La primera composición de polímero ("capa de gel" en el cuadro II) se aplica como una capa de gel a un sustrato y está diseñada para tener una viscosidad inicial alta (por ejemplo, $> 20,000$ mPa-s) para evitar la flacidez y el goteo durante la aplicación de la capa de gel; y un tiempo de gel rápido (por ejemplo, <1 hora a 25°C) para permitir ventajosamente que la capa de gel se procese más fácilmente.

La segunda composición polimérica ("capa reforzada con fibra" en el cuadro II) es una formulación convencional disponible comercialmente que tiene una baja viscosidad para la impregnación homogénea de los haces de fibras; y que exhibe un tiempo de gel largo (por ejemplo, > 6 horas a 25°C).

CUADRO II

Formulaciones para la capa de gel y la capa reforzada con fibra para su uso en un sistema de configuración manual

5	Componente	Capa de gel (% en peso)	Capa reforzada con fibras (% en peso)
	D.E.R. 383	0.0	69.5
	D.E.N. 438	29.8	0.0
	1,4 butanodiol diglicidil éter	0.0	5.2
	metil-p-tolueno sulfonato	0.1	0.2
	poliéterdiamina, 230 MW	10.1	25.1
	polvo de BaSO ₄	60.0	0.0
	Total	100	100

EJEMPLOS 3-5

Absorción de Radio-226

10 Se llevaron a cabo tres ensayos para cuantificar la cantidad de eliminación de radionúclidos utilizando un compuesto reforzado con fibra de la presente invención de la siguiente manera:

15 Procedimiento general de prueba

En general, los experimentos relacionados con la absorción de Radio-226 (Ra-226) se llevaron a cabo utilizando dos materiales granulares que contenían diferentes fracciones de masa de sulfato de bario (GM1 y GM2). Los tres ensayos
20 fueron: (1) ambos materiales se analizaron a 50 grados Celsius (°C), 70°C y 90°C, (2) el material GM1 en salmuera y en una salmuera modificada sin sulfato de bario se analizaron a 90°C, y (3) sulfato de bario en salmuera y en una salmuera modificada que carece de sulfato de bario se prueban a 90°C.

25 El procedimiento general incluía poner en contacto

los dos materiales con salmuera que contenía Ra-226 a tres temperaturas. La salmuera contenía cloruros de calcio, sodio y bario. Se tomaron muestras de salmuera en diversos momentos y se analizaron para evaluar la cantidad de Ra-226 restante
5 en la salmuera. La cantidad de Ra-226 absorbida por los materiales se evaluó al final del experimento.

Se colocaron muestras de material y salmuera en botellas de vidrio de 500 ml y se mantuvieron a una temperatura fija. Se utilizó un baño de agua para la prueba
10 de 50°C y se utilizaron hornos eléctricos para los ensayos de 70°C y 90°C. La mezcla se mezcló por turbulencia varias veces durante cada experimento.

Una solución estándar de Ra-226, disponible comercialmente de Isotope Products Laboratories, se diluyó
15 con ácido nítrico diluido para obtener una solución de trabajo. Se repartieron porciones de la solución de trabajo para cada uno de los ensayos mediante pipeteo.

Lotes de un litro de gran cantidad de salmuera se prepara pesando. La salmuera contiene 5.0% en peso, 2.6% en
20 peso y 0.07% en peso de NaCl, CaCl₂ y BaCl₂.2H₂O, respectivamente. El pH de la salmuera se ajustó entre 7.5 y 8.0 usando soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico.

Se pesó una porción de salmuera para cada prueba.
25 Una solución (2.457 mililitros (ml)) que contenían

aproximadamente 5,000 picoCuries de Ra-226 se añadieron a la salmuera, y el pH de la salmuera se reajustó. Una de las porciones de salmuera se agregó a una muestra previamente pesada de material para comenzar cada prueba.

5 La detección de Ra-226 en muestras de salmuera se determinó mediante recuento de centelleo líquido (LSC). Después de que se completó la exposición de Ra-226 al compuesto de fibra, se determinó mediante espectrometría de rayos gamma la detección de Ra-226 capturado en las
10 partículas del material que capturan contaminantes.

 Antes de LSC, cada alícuota se evaporó suavemente para expulsar Rn-222, lo que interfirió con la medición de Ra-226. Se usaron dos ventanas de recuento: una cuenta registrada debido a Ra-226 y Rn-222 y la otra cuenta
15 registrada solo debido a Rn-222. Se estableció un factor de corrección utilizando agua de un generador de radón y se usó para corregir la interferencia Rn-222 en Ra-226.

EJEMPLO 3

Prueba 1

20 Se usan 45 g de material y 180 g de salmuera para cada prueba. En cada muestreo, las botellas se pesan y se extraen alícuotas de las botellas abiertas utilizando una
25 pipeta de desplazamiento de aire. Después del muestreo final,

el material se extrae de la botella de exposición al suspender con agua desionizada y luego se enjuagó brevemente con agua desionizada adicional antes de envasarlo para espectrometría de rayos gamma. Los resultados se corrigieron por los efectos de pipetear líquidos calientes y por pérdidas debidas a la evaporación. Se probaron cuatro preparaciones de control para evaluar cualquier contribución de los materiales utilizados. Los resultados de la primera prueba se describen en los cuadros III y IV.

CUADRO III

Resultados por recuento de centelleo líquido

<u>Medio</u>	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>Tiempo</u>	<u>Fracción restante^(a)</u>	<u>Incertidumbre ^(b)</u>
GM1	50	1 hora	0.99	0.03
		4 horas	0.98	0.03
		3 días	0.89	0.03
		7 días	0.89	0.03
GM2	50	1 hora	1.00	0.03
		4 horas	0.89	0.03
		3 días	0.86	0.03
		7 días	0.89	0.03
GM1	70	1 hora	0.99	0.03
		4 horas	0.96	0.03
		3 días	0.95	0.03
		7 días	1.02	0.03
GM2	70	1 hora	0.96	0.03
		4 horas	0.93	0.03
		3 días	0.91	0.03

5

		7 días	0.86	0.03
GM1	90	1 hora	1.04	0.03
		4 horas	1.06	0.03
		3 días	0.88	0.03
		7 días	0.80	0.02
GM2	90	1 hora	1.02	0.03
		4 horas	1.05	0.03
		3 días	0.99	0.03
		7 días	1.03	0.03

Notas para el cuadro III:

(a) índice de conteo dividido por la tasa de conteo de una muestra tomada al inicio del experimento

10 (b) 1 desviación estándar, calculada a partir del conteo de estadísticas

Los resultados se corrigieron por la interferencia debida al radón, las pérdidas debidas a la evaporación y el efecto de las soluciones calientes sobre el funcionamiento de las pipetas. La incertidumbre derivada del pipeteado no pudo evaluarse y no se incluyó en las estimaciones dadas anteriormente.

CUADRO IV

Espectrometría de rayos gamma

20

<u>Medio</u>	<u>Temperatura</u> (°C)	<u>Actividad de</u> <u>Ra-226 (Bq)</u>	<u>1</u> <u>Desviación</u> <u>estándar</u>	<u>% de actividad</u> <u>original de</u> <u>Ra-226</u>	<u>1</u> <u>Desviación</u> <u>estándar</u>
GM1	70	10.3	0.5	5.6	0.3
GM2	70	19.8	0.6	10.7	0.3
GM1	90	12.8	0.4	6.9	0.2

25

EJEMPLO 4**Prueba 2**

Se usaron 90 g de material GM1 y 360 g de salmuera
5 para cada prueba. Una gran cantidad de salmuera contenía
bario, la otra no. En ambos casos, el pH se ajustó a 7.5 a
8.0. El contacto se llevó a cabo a 90°C. Cada porción de
material se enjuagó tres veces con agua desionizada para
eliminar los finos antes de la adición de salmuera. Se
10 observó ligera nubosidad en el enjuague final.

En cada muestreo, las botellas se pesaron y se
extrajeran alícuotas de las botellas con una jeringa y una
tubería delgado que pasaba a través de un pequeño orificio en
la tapa de la botella; y colocado en viales previamente
15 pesados. La cantidad recolectada se determinó volviendo a
pesar los viales, y se incluyó en los cálculos.

La salmuera se muestreó antes de mezclar con el
material, inmediatamente después de la mezcla, a los 3 días y
a los 7 días. Se tomaron partes alícuotas duplicadas a los 3
20 días y 7 días. Después del muestreo final, la salmuera se
drenó completamente del material y el material se empaquetó
para la espectrometría de rayos gamma. Los resultados de la
segunda prueba se describen en los cuadros V y VI.

CUADRO V**Conteo de centelleo líquido**

<u>Material</u>	<u>Salmuera</u>	<u>Temperatura</u> <u>(°C)</u>	<u>Tiempo</u>	<u>Fracción</u> <u>restante</u> ^(a)	<u>Incertidumbre</u> ^(b)
GM1	Con Ba	90	antes del mezclado	1.00	
			después del mezclado	0.93	0.02
			7 days	0.78, 0.79	0.02
GM1	Sin Ba	90	antes del mezclado	1.00	
			después del mezclado	0.86	0.01
			3 days	0.49, 0.50	0.01
			7 days	0.51, 0.51	0.01

Notas para el cuadro V:

^(a) índice de conteo dividido por la tasa de conteo de una muestra tomada antes del inicio del experimento

^(b) 1 desviación estándar, calculada a partir del conteo de estadísticas

CUADRO VI**Espectrometría de rayos Gamma**

<u>Medio</u>	<u>Salmuera</u>	<u>Actividad de</u> <u>Ra-226 (Bq)</u>	<u>1 Desviación</u> <u>estándar</u>	<u>% de</u> <u>actividad</u> <u>original de</u> <u>Ra-226</u>	<u>1 Desviación</u> <u>estándar</u>
GM1	Con Ba	42.5	1.3	26.1	0.9
GM1	Sin Ba	98.9	1.7	56.6	1.3

EJEMPLO 5**Prueba 3**

Se usaron 0.72 g de sulfato de bario y 360 g de

salmuera para cada prueba. Una gran cantidad de salmuera contenía bario, la otra no. En ambos casos, el pH se ajustó a 7.5 a 8.0. El contacto se llevó a cabo a 90 °C.

En cada muestreo, las botellas se pesaron y se
5 extrajeron alícuotas de las botellas con una jeringa y una
tubería delgada que pasaba a través de un pequeño orificio en
la tapa de la botella y se colocaban en viales previamente
pesados. La cantidad recolectada se determinó volviendo a
pesar los viales, y se incluyó en los cálculos.

10 La salmuera se muestreó antes de mezclarla con
sulfato de bario, inmediatamente después de mezclarla a los 3
días. Se tomaron alícuotas duplicadas a los 3 días. Como el
sulfato de bario estaba inicialmente muy finamente dividido
para sedimentarse, la porción inicial se filtró. En 3 días,
15 el filtrado era innecesario.

Después del muestreo final, el sulfato de bario se
recogió por filtración, usando filtrado para recoger la mayor
cantidad posible del sólido aún muy finamente dividido. Puede
haber pequeñas pérdidas en las paredes de la botella. Los
20 filtros fueron empaquetados para espectrometría de rayos
gamma. Los resultados del tercer ensayo se describen en los
cuadros VII y VIII.

CUADRO VII**Conteo de centelleo líquido**

<u>Material</u>	<u>Salmuera</u>	<u>Temperatura</u> (°C)	<u>Tiempo</u>	<u>Fracción</u> <u>restante</u> ^(a)	<u>Incertidumbre</u> ^(b)
BaSO ₄	Con Ba	90	antes del mezclado	1.00	
			después del mezclado	0.96	0.02
			3 días	0.73, 0.69	0.02
BaSO ₄	Sin Ba	90	antes del mezclado	1.00	
			después del mezclado	0.46	0.02
			3 días	0.047, 0.047	0.009

Notas para el cuadro VII:

^(a) índice de conteo dividido por la tasa de conteo de una muestra tomada antes del inicio del experimento

^(b) 1 desviación estándar, calculada a partir del conteo de estadísticas

CUADRO VIII**Espectrometría de rayos gamma**

<u>Medio</u>	<u>Salmuera</u>	<u>Actividad de</u> <u>Ra-226 (Bq)</u>	<u>1 Desviación</u> <u>estándar</u>	<u>% de</u> <u>actividad</u> <u>original de</u> <u>Ra-226</u>	<u>1</u> <u>Desviación</u> <u>estándar</u>
BaSO ₄	Con Ba	44.8	0.6	31.5	0.7
BaSO ₄	Sin Ba	122	2	85	2