

## TUBERÍA DE MÚLTIPLES CAPAS Y USO DE UNA TUBERÍA DE MÚLTIPLES CAPAS

### Campo técnico

- 5 La divulgación se refiere a una tubería de múltiples capas así como a un método para fabricar la misma. En particular, la divulgación se refiere a una tubería de múltiples capas que va a usarse para el transporte de agua potable.
- 10 Puede ser necesario colocar tales tuberías en suelo contaminado (por ejemplo contaminado con aceite, alquitrán de hulla, petróleo, etc., es decir, contaminado hasta un grado tal que no se requiere aún limpieza del suelo). Para una situación de este tipo, es necesario impedir la entrada de moléculas de hidrocarburo a través de la pared de la tubería en el suministro de agua.
- 15 El documento EP 0638749 A1 propuso usar en la pared de la tubería una capa de barrera hecha de polímeros que tiene una permeabilidad muy baja a hidrocarburos y a gases. La capa de barrera se propone como una capa exterior sobre una capa interior de poliolefina. Una de estas capas, o ambas, se divulga que tienen unidades de polímero de adhesivo derivadas de compuestos epoxídicos o de acilo incorporados en la misma, en al menos una región de una superficie de contacto entre las capas. Las unidades de polímero de adhesivo están presentes en una concentración eficaz para unir la capa de poliolefina a la capa de barrera.
- 20 Un problema es que durante la colocación de una tubería pueden formarse arañazos en la tubería, que dañan la capa exterior. Por este motivo la capa más exterior a menudo no es la capa de barrera sino una adicional denominada capa protectora.
- 25 Un objeto de la presente invención es proporcionar una tubería alternativa para transportar agua potable a través de suelo contaminado, abordando de manera ideal al menos uno de los problemas de la técnica anterior.
- 30 Según un aspecto de la presente divulgación, un objeto proporcionar es una tubería para transportar agua potable a través de suelo contaminado, abordando de manera ideal la complejidad no deseada de las tuberías de la técnica anterior. Tal complejidad puede presentarse por el número de capas de la tubería.
- 35 Según este aspecto de la presente divulgación, la invención presentada de manera adicional proporciona una tubería de múltiples capas que tiene una pared con una capa exterior protectora que comprende PET. Una capa protectora de este tipo tiene una resistencia relativamente alta a la formación de arañazos, particularmente en relación con PE, PP o PVC. Preferiblemente, la capa exterior protectora es la capa más exterior de la tubería. Una capa más exterior que comprende PET, o incluso mejor hecha de PET, garantiza que la pared más exterior de la tubería tiene un coeficiente de fricción relativamente bajo y tiene resistencia a la formación de arañazos. El PET tiene un coeficiente de fricción bajo, por ejemplo en comparación con PE, PP y PVC. Esto permite el uso de una tubería de este tipo para la colocación "sin zanjas" de una tubería, a veces también denominadas aplicaciones "sin excavación". En tales aplicaciones, no se excava una zanja para colocar la tubería dentro, ni se cubre la tubería con arena/tierra, sino que una perforadora avanza a través del suelo bajo la superficie del mismo y empuja una tubería de este tipo (a menudo desenrollándola desde un tambor) a través del canal perforado por la perforadora. En una aplicación de este tipo la baja fricción de la capa de PET más exterior es muy útil, ya que también permite un uso más eficaz de la perforadora.
- 45 Una capa exterior que comprende PET y una capa más exterior que comprende PET tienen cada una la ventaja de que permiten una combinación de una capa protectora y una capa de barrera, tal como se comentará adicionalmente a continuación. Preferiblemente, se aplica también a realizaciones de la invención presentada de manera adicional, que la tubería tiene además una capa de barrera formada por un material de barrera no metálico, material de barrera que tiene en relación con la poliolefina una resistencia potenciada a la permeación a través del mismo de moléculas de hidrocarburo, y preferiblemente también una resistencia potenciada, en relación con la poliolefina, a la permeación a través del mismo de moléculas de oxígeno y/o moléculas de hidrógeno.
- 50 Preferiblemente la resistencia potenciada a la permeación de moléculas de hidrocarburo se aplica a la permeación desde la parte exterior hasta la parte interior, es decir radialmente hacia dentro. Preferiblemente, la resistencia potenciada a la permeación de oxígeno y/o hidrógeno se aplica a la permeación desde la parte interior hasta la parte exterior, es decir radialmente hacia fuera. Esto último permite por ejemplo el uso como tubería de suministro de combustible.
- 55 En realizaciones de la invención presentada de manera adicional, la capa de barrera puede comprender también por tanto PET.
- 60 Cuando se hace referencia en este aspecto de la presente divulgación a "que comprende", también abarca "hecho de". Tener la capa protectora más exterior de PET y la capa de barrera de PET reduce la complejidad de la tubería de múltiples capas.
- 65

- Preferiblemente, al menos una de las capas se pigmenta, permitiendo codificar por colores. Preferiblemente, al menos una de las capas es transparente permitiendo observar (tal como se ve desde una posición radialmente exterior de la tubería) el color de la siguiente capa. Los diferentes aspectos de las capas también permite evaluar los diferentes grosores en una vista en sección transversal de la pared de la tubería, que se fija en un extremo de una tubería, en dirección axial.
- En una realización de la divulgación, la capa protectora tiene un grosor que está en el intervalo de 0,1 mm a 0,7 mm. Además, preferiblemente, la capa de barrera tiene un grosor que está en un intervalo de 0,1 a 0,8 mm.
- En una realización muy preferida, la capa protectora y la capa de barrera se incorporan juntas en una única capa. Preferiblemente, la única capa tiene un grosor en un intervalo de 0,2 a 1,5 mm.
- La divulgación se refiere además a un método de formación de una tubería de múltiples capas y a usos de una tubería de múltiples capas.
- Realizaciones de la invención y ventajas de la misma se presentan adicionalmente y se comentan con referencia al dibujo mostrado en:
- Figura 1: en sección transversal, una primera realización de una tubería según una realización de la invención; y
- figura 2: en sección transversal, una primera realización de una tubería según la invención presentada de manera adicional;
- figura 3: en sección transversal, una segunda realización de una tubería según la invención presentada de manera adicional.
- En el dibujo, partes similares tienen referencias similares. La figura 1 muestra de manera esquemática en sección transversal una tubería 1 de múltiples capas que comprende una pared que tiene una capa 2 interior de poliolefina y, en este ejemplo, una capa 3 de barrera que es una capa exterior en relación con la capa 2 de poliolefina. La capa 3 de barrera está formada preferiblemente por un material de barrera no metálico, que tiene en relación con la poliolefina una resistencia potenciada a la difusión a través del mismo de moléculas de hidrocarburo. Tales moléculas de hidrocarburo pueden incluir moléculas de hidrocarburo relativamente pequeñas, y más particularmente pueden incluir tolueno, tricloroetileno y p-diclorobenceno. Preferiblemente, la capa de barrera también tiene, en relación con la poliolefina, resistencia a la permeación de gas hidrógeno. Posiblemente, la tubería puede usarse entonces para el transporte de gas natural, respectivamente gas hidrógeno. Preferiblemente la capa de barrera tiene también, en relación con la poliolefina, resistencia a la permeación de gas oxígeno relativamente "puro". Posiblemente la tubería puede usarse entonces para el transporte de gas oxígeno. Aunque se prefiere que una capa exterior y/o la capa más exterior sean de PET, ese no es necesariamente el caso.
- La tubería 1 comprende además preferiblemente una capa 4 protectora que es una capa 5 exterior en relación con la capa 3 de barrera. Preferiblemente, la capa exterior es la capa más exterior. La capa protectora y la capa de barrera pueden incorporarse juntas en una única capa. Es ventajoso cuando la capa protectora y la capa de barrera son del mismo material. Entonces no se necesita una capa de conexión entre estas capas. Las dos capas pueden aplicarse como una única capa.
- La tubería comprende además preferiblemente una capa 5 desprendible entre la capa 2 interior de poliolefina y la capa 3 de barrera. La capa desprendible puede formarse alrededor de la capa interior de poliolefina, por ejemplo por medio de extrusión. A continuación en esta descripción, se comentará otro método de formación de una tubería de múltiples capas de este tipo.
- Para unir tuberías, particularmente cuando el material de la tubería de núcleo interior es de una poliolefina, es importante que durante la soldadura la composición de la masa fundida sea la misma que la composición de las tuberías de núcleo interior a las que van a unirse. Si la composición de la masa fundida es diferente, entonces las uniones serán inferiores, conduciendo posiblemente a una debilidad, dentro de o de la unión, si no conduce a un fallo de la unión. Las partes de tuberías que van a unirse también están preferiblemente libres de suciedad y/o oxidación, particularmente cuando se usa montaje mediante electrofusión para unir las tuberías. Por este motivo, las capas exteriores, es decir, las capas en la parte exterior de la capa de núcleo interior de poliolefina, se retiran antes de que tenga lugar la soldadura, por ejemplo, mediante electrofusión.
- La capa 5 desprendible está suficientemente "unida" a la capa 2 interior de poliolefina para impedir el movimiento relativo entre la capa 5 desprendible y la capa 2 interior. Tal movimiento relativo se impide que ocurra, particularmente durante el uso normal de la tubería, incluyendo transportar, colocar y someter la tubería en el suelo a "fuerzas del suelo" tal como pueden ejercerse de manera estática y/o dinámica sobre la tubería, posiblemente desde diferentes direcciones. Tal uso normal de la tubería no incluye el intento de manera deliberada de retirar la capa 5 desprendible y cualquier capa que sea una capa exterior en relación con la capa 5 desprendible, por medio de desprendimiento.

- La capa desprendible está insuficientemente unida para impedir que la capa desprendible y con ella cualquier capa que sea una capa exterior en relación con la capa desprendible, se retire mediante desprendimiento. La capa 5 desprendible puede adherirse a la capa interior de poliolefina, pero lo más preferiblemente no se hace uso de adhesivos. Preferiblemente, no existe unión química. Preferiblemente, no está presente ningún material o adhesivo entre la capa desprendible y la capa interior de poliolefina.
- La resistencia del adhesivo entre las capas exteriores, es decir todas las capas distintas de la capa 2 interior de poliolefina, es preferiblemente tal que la fuerza requerida para romper el conjunto de las capas exteriores es mayor que la fuerza requerida para desprender la capa 5 desprendible de la capa 2 interior de poliolefina. La retirada de la capa 5 desprendible y con ella cualquier capa que sea una capa exterior en relación con la capa 5 desprendible, por medio de desprendimiento, deja una superficie exterior preferiblemente limpia de la capa 2 interior de poliolefina.
- En este contexto, una superficie limpia significa que es una superficie de tubería que puede someterse a soldadura y/o unión mediante electrofusión sin preparación o tratamiento adicional. Tales superficies deben limpiarse de manera que la unión por electrofusión formada cumpla los requisitos de una o más de las normas PREN12201 parte 3, PREN1555 parte 3 y WIS 04-32-14.
- La capacidad de desprendimiento es una propiedad medible de una capa. Se hace referencia a, por ejemplo, el documento WO 2004/016976 A1, particularmente al apéndice 1 del mismo. La capacidad de desprendimiento se evalúa habitualmente determinando la fuerza de adhesión, usando una prueba de desprendimiento de tambor rodante tal como se describe en la página 15 y 16 de este documento. En resumen, usando una cuchilla, se realiza un corte desde la capa más exterior a través de las capas sucesivas hasta e incluyendo la capa 5 desprendible. Una tira de aproximadamente 25 mm de ancho, es decir 25 mm en la dirección longitudinal de la tubería, y aproximadamente 30-40 mm de longitud se separa por desprendimiento mientras permanece unida a la tubería. El extremo libre de esa tira se sujeta entonces con abrazaderas en las mordazas de una máquina de prueba de tracción. La capa 5 desprendible y las capas exteriores en relación con la capa 5 desprendible se desprenden entonces de la tubería a una velocidad de separación de 100 mm/minuto. La fuerza necesaria se mide en función del tiempo. Cuando la fuerza de adhesión se mide de modo que está entre 0,1 y 0,8 Newton/mm, entonces se dice que las capas que van a separarse por desprendimiento tienen una buena capacidad de desprendimiento. La evaluación de la fuerza de adhesión puede basarse en varias pruebas, y la aplicación de estabilización directa.
- Una buena capacidad de desprendimiento significa que las capas pueden retirarse en el campo de manera manual y usando una cuchilla mediante la retirada de la capa 5 desprendible (y con ella las capas exteriores en relación con la capa 5 desprendible) tal como se requiere para soldar los extremos de la tubería entre sí, o bien frontalmente, o bien por medio de una parte de tubería adicional que se solapa con los extremos de las tuberías que van a unirse.
- Las técnicas de soldadura y electrofusión se conocen bien en la técnica.
- La capa 5 desprendible puede comprender uno de polietileno (PE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliestireno (PS), poliamida (PA), poli(cloruro de vinilo) (PVC), polibutileno (PB). Preferiblemente, la capa 5 desprendible comprende un copolímero de propileno, preferiblemente un copolímero de bloque de propileno. Este material es adecuado para extrusión. La calidad de PP usada de manera frecuente tiene una MFR de aproximadamente 0,3 g/10 min y un Emod de 1300 MPa, es decir buenas propiedades para su función.
- La capa 5 desprendible puede comprender un adhesivo para unir la capa desprendible respectiva contra la capa 3 de barrera. Si la capa desprendible es demasiado fina, es más difícil desprender la capa externa. La capa 5 desprendible puede tener un grosor que es igual a o de más de 0,4 mm, y más preferiblemente igual a o de más de 0,7 mm.
- La capa 2 interior de poliolefina es preferiblemente de polietileno (PE). El PE se usa ampliamente para aplicación a presión de agua potable.
- La capa 3 de barrera está de manera ideal libre de EVOH y/o libre de poliamida (PA), ya que estos son demasiado hidrófilos. La permeación se considera a menudo que consiste en tres procesos, concretamente 1) absorción de las moléculas que permean (en estado gaseoso o de vapor) en el material (en este caso en el polímero); 2) difusión a través del polímero y 3) descripción de las moléculas que permean de la superficie del polímero. Una cantidad que proporciona características medibles de la permeación es el coeficiente de permeación, que se define como el coeficiente de difusión multiplicado por el coeficiente de reparto (siendo la última cantidad una medida de la solubilidad de moléculas pequeñas en un polímero). De manera ideal, la capa 3 de barrera comprende material plástico que tiene a 20°C un coeficiente de permeabilidad igual a o menor de  $1 \times 10^{-15} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Preferiblemente, la capa 3 de barrera comprende al menos uno de poli(tereftalato de polietileno) (PET), poli(tereftalato de etileno) amorfo (APET), PET (PET cristalino), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(naftalato de etileno) (PEN) y/o poli(furanoato de etileno) (PEF). La capa 3 de barrera puede tener un grosor que es igual a o de más de 0,4 mm, preferiblemente igual a o de más de 0,6 mm, incluso más preferiblemente igual a o de más de 0,8 mm. Una capa de barrera más gruesa proporcionará una trayectoria más larga para que las moléculas alcancen el otro lado de la

- capa, y por tanto unas mejores propiedades de barrera. Una capa de barrera que comprende PET puede tener un grosor que está en un intervalo de 0,1 mm a 0,8 mm.
- 5 La capa 4 protectora puede comprender al menos uno de polietileno (PE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliestireno (PS), poliamida (PA), poli(cloruro de vinilo) (PVC), polibutileno (PB). La capa 4 protectora puede tener un grosor que es igual a o de más de 0,4 mm, más preferiblemente igual a o de más de 0,7 mm. Una capa gruesa proporciona más certeza de que se evitará el daño de la capa de barrera. La capa 4 protectora puede comprender un adhesivo para unir la capa 5 protectora contra la capa 3 de barrera. Alternativamente, o de manera adicional,
- 10 para unir la capa 5 protectora contra la capa 3 de barrera. Una capa de conexión del primer tipo (no mostrada) puede tener un grosor de aproximadamente 0,1 mm. La capa de conexión del primer tipo puede estar compuesta por polímero injertado con anhídrido maleico.
- 15 La capa protectora comprende lo más preferiblemente PET y entonces puede tener un grosor en un intervalo de 0,1 mm a 0,7 mm. Si la capa de barrera comprende igualmente PET, entonces la capa protectora y la capa de barrera pueden incorporarse juntas en una única capa. La única capa entonces puede tener un grosor en el intervalo de 0,2 a 1,5 mm.
- 20 Entre la capa 5 desprendible y la capa 3 de barrera puede situarse una capa de conexión de un segundo tipo (no mostrada) para unir la capa 5 desprendible contra la capa 3 de barrera. La capa de conexión del segundo tipo puede tener igualmente un grosor de aproximadamente 0,1 mm. La capa de conexión del segundo tipo puede estar compuesta por polímero injertado con anhídrido maleico.
- 25 Claramente, una tubería de múltiples capas puede comprender 4, 5 ó 6 capas que son cada una de un material diferente en comparación con el material de cada capa situada directamente de manera adyacente. Preferiblemente la tubería de múltiples capas se ha formado mediante coextrusión de sus capas. Los materiales poliméricos pueden ponerse juntos en un área de presión de una boquilla de extrusión y salir como un único material extrusionable. Por ejemplo, la boquilla de extrusión puede conectarse a 1, 2, 3 o más prensas extrusoras y alimentarse con corrientes separadas de multimaterial. Alternativamente, la boquilla puede estar provista de salidas de boquilla concéntricas
- 30 alimentadas con corrientes separadas de materiales multipoliméricos que son los que forman el núcleo interior y las diversas capas exteriores. En esta técnica, los materiales extrusionables, al salir de las salidas de la boquilla de la prensa extrusora, pueden ponerse en contacto entre sí mientras aún están fundidos, preferiblemente en una boquilla de dimensionamiento que ajusta simultáneamente los diámetros exteriores de la tubería.
- 35 En una alternativa, el material extrusionable de núcleo interior, en este caso de poliolefina, puede hacerse pasar a través de una boquilla de dimensionamiento antes de aplicar la capa desprendible y capas exteriores adicionales. En este caso puede ser necesario calentar de nuevo o quemar a la llama la superficie del material extrusionable de núcleo interior para crear una superficie lista para recibir la capa desprendible y las diversas capas exteriores. Debido a la dificultad de mantener una adhesión consistente entre la capa de poliolefina interior y la capa desprendible y capas exteriores adicionales, y de conservar la superficie exterior de la capa interior de poliolefina
- 40 limpia (antes de la aplicación de la capa desprendible y las capas exteriores adicionales), este método no se prefiere actualmente.
- 45 La figura 2 muestra esquemáticamente en sección transversal una tubería 1 de múltiples capas que tiene como capa más exterior una capa protectora que comprende PET. La tubería 1 de múltiples capas también tiene una capa de barrera, que comprende igualmente PET. La capa protectora y la capa de barrera se incorporan juntas en una única capa 6. Entre la única capa 6 y la capa 5 desprendible, en este ejemplo de PB, existe una capa 7 de conexión.
- 50 La figura 3 muestra esquemáticamente en sección transversal una tubería 1 de múltiples capas que tiene una única capa 6, una capa 8 de conexión desprendible y una capa interior de poliolefina.