

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 947**

51 Int. Cl.:

**E02D 31/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2009 E 09780849 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012 EP 2310577**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la comprobación de la estanqueidad de cierres herméticos de obra**

30 Prioridad:

**19.07.2008 DE 102008033947**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**22.03.2013**

73 Titular/es:

**PROGEO MONITORING GMBH (100.0%)  
Hauptstrasse 2  
14979 Grossbeeren, DE**

72 Inventor/es:

**RÖDEL, ANDREAS y  
KOMMA, NORBERT**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 398 947 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y dispositivo para la comprobación de la estanqueidad de cierres herméticos de obra

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la comprobación de la estanqueidad de  
 10 cierres herméticos de obra. La invención se refiere, particularmente, a un procedimiento para la constatación de  
 puntos dañados o defectuosos, particularmente de puntos débiles que presentan un espesor de material reducido en  
 un cierre hermético de obra de tipo membrana, eléctricamente no o solo ligeramente conductivo, que presenta una  
 elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en comparación con el aire y que está provisto de una capa  
 15 eléctricamente conductiva que está dispuesta en el interior o en el exterior del cierre hermético de obra, que se  
 extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra y a la que se aplica una tensión  
 eléctrica de comprobación, así como un cierre hermético de obra de tipo membrana de material eléctricamente no o  
 solo ligeramente conductivo, que presenta una elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en  
 comparación con el aire, con un dispositivo de comprobación que presenta una fuente de tensión eléctrica para la  
 constatación de puntos dañados o defectuosos, particularmente de puntos débiles que presentan un espesor de  
 material reducido en el cierre hermético de obra y una capa eléctricamente conductiva que está dispuesta en el  
 interior o en el exterior del cierre hermético de obra y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre  
 el cierre hermético de obra.

20 Los cierres herméticos de tipo membrana representan hasta hoy en día una parte considerable de los cierres  
 herméticos de obra. El objetivo de los cierres herméticos de obra es proteger de forma segura la obra contra la  
 penetración de aguas subterráneas, humedad de la tierra y agua pluvial y evitar, de este modo, de forma segura  
 daños en la sustancia de la obra y limitaciones del uso de la obra a lo largo de toda la vida útil de la obra. Los cierres  
 herméticos de tipo membrana, por normal general, están compuestos de masas bituminosas o de los plásticos de  
 fabricación en masa disponibles actualmente y se producen industrialmente la mayoría de las veces como productos  
 de tipo banda, sin embargo, cada vez más también como masas de cierre hermético a aplicar de forma plana en la  
 obra. Los cierres herméticos de obra de tipo membrana tienen que ser estancos a agua para poder cumplir su  
 25 función.

30 Los defectos del producto, procesamiento defectuoso, solicitudes inapropiadas así como el efecto de la  
 intemperie pueden conducir a una pérdida de la estanqueidad en cierres herméticos de obra de tipo membrana, por  
 lo que se pueden desencadenar en la obra daños resultantes de amplio alcance cuando el daño no se reconoce con  
 la suficiente antelación para eliminar el mismo entonces directamente de forma dirigida. Por tanto, una gran parte de  
 los daños en edificios hasta hoy en día tiene su origen en daños de los cierres herméticos de obra. A esto se añade  
 que una eliminación de daños sistemática con frecuencia no es posible, ni siquiera cuando es sabido que existe un  
 daño del cierre hermético, ya que no se puede localizar el punto del daño y con frecuencia se encuentra incluido de  
 forma inaccesible en la construcción. Por tanto, los daños de cierre hermético en los cierres herméticos de obra de  
 tipo membrana albergan un considerable potencial de daño.

35 Con este trasfondo ya existen desde hace muchos años intentos de proporcionar posibilidades para la supervisión  
 de la estanqueidad y para determinar la posición de fugas para cierres herméticos de obra con el fin de poder  
 reconocer lo antes posible y determinar con precisión la posición de los daños del cierre hermético. A este respecto,  
 las soluciones ofrecidas actualmente están caracterizadas por las siguientes propiedades:

40 Sistemas de tipo sencillo y convencional: en estos sistemas, el cierre hermético se configura de tal manera que en el  
 lado seco de acuerdo con lo estipulado del cierre hermético se crea una posibilidad de control visual, de tal manera  
 que se puede reconocer durante una inspección el agua de fuga que penetra. De forma complementaria a los  
 detectores eléctricos de humedad, la supervisión también se puede automatizar. Una desventaja de esta forma de  
 construcción es que prácticamente no es posible una determinación de la posición de la fuga, tampoco puede  
 45 diferenciarse el agua de fuga del agua de condensación que aparece, de tal manera que, en la práctica, no es  
 posible un reconocimiento inequívoco de la fuga. Otra desventaja es que una verificación del cierre hermético  
 siempre va asociada a que el cierre hermético esté expuesto o ya haya estado expuesto a agua en el momento de la  
 comprobación.

50 Sistemas de vacío: en estos sistemas se configura el cierre hermético con dos estratos de tal manera que entre los  
 estratos de obturación se produce un intersticio que se puede someter a vacío. Si se somete a vacío el espacio de  
 control a una determinada presión negativa, entonces a través del aumento temporal de la presión puede deducirse  
 la estanqueidad del cierre hermético. La ventaja de este sistema es que la estanqueidad del cierre hermético se  
 puede verificar también independientemente de la exposición a agua. La desventaja del procedimiento son los  
 elevados costes para el sistema de doble obturación y la ausencia de posibilidad, en el caso de una falta de  
 estanqueidad, de poder localizar el punto dañado de forma dirigida.

55 Sistemas electrorresistivos: estos sistemas aprovechan que los cierres herméticos de tipo membrana, desde el  
 punto de vista de los materiales, disponen de una alta resistencia eléctrica específica y una alta resistencia a  
 descargas disruptivas. Están disponibles diferentes configuraciones:

En los procedimientos potenciométricos se establece el campo de potencial eléctrico en el lado externo mojado del cierre hermético o en un estrato de contacto eléctrico en el lado seco de acuerdo con lo estipulado debajo del cierre hermético que se ajusta al aplicar una tensión eléctrica entre el lado externo del cierre hermético mojado o el estrato de contacto o, en caso de que esta no exista, la masa del edificio, haciéndose pasar una corriente eléctrica a través del punto de fuga. Estos procedimientos, dependiendo de la puesta en práctica técnica, son muy potentes y posibilitan parcialmente la supervisión completamente automática de la estanqueidad y la determinación precisa de la posición de puntos de fuga.

Por el documento de patente DE 41 25 430 C2 se conoce una lámina de cierre hermético con una capa conductiva situada en el interior, que está cubierta a ambos lados respectivamente con una capa eléctricamente no conductora. En caso de que se produzca una fuga en este cierre hermético, se puede reconocer el acontecimiento de fuga debido a que se mide la corriente que fluye desde la capa conductiva hacia tierra o el medio de almacenamiento conductivo.

La desventaja de estos procedimientos es que un reconocimiento de fuga básicamente solo es posible cuando el cierre hermético está expuesto a agua o a material de cubrimiento húmedo y se ha configurado, debido a la humedad que penetra, un circuito conductivo en el punto de fuga. Si se realiza la medición desde el lado superior del cierre obturador, entonces para la verificación del cierre hermético se tiene que explorar manualmente toda la superficie del cierre hermético con el aparato de comprobación. Esto requiere un tiempo considerable y conduce a resultados fiables solo con un conocimiento técnico suficiente.

Esta desventaja se evita en los procedimientos de comprobación de alta tensión aplicando con un electrodo de comprobación móvil, una denominada escobilla de chispas, una alta tensión sobre el lado que queda libre, opuesto a la obra, del cierre hermético, cuyo polo opuesto es la construcción puesta a tierra en la que está colocado el cierre hermético o una capa conductiva adicional en el lado orientado hacia la obra directamente por debajo o detrás del cierre hermético, situándose la capa de forma suelta debajo o detrás del cierre hermético o, tal como está descrito en la solicitud de patente WO 00/01895 A1, estando unida de forma fija con el cierre hermético. Si ahora se conduce el electrodo de comprobación sobre un punto defectuoso del cierre hermético, entonces en ese lugar está disminuida la resistencia a descargas disruptivas con respecto a la superficie intacta del cierre hermético, debido a que el espesor de material es menor debido al daño que en el cierre hermético intacto o debido a que incluso existe solo una hendidura de aire que presenta una resistencia a descargas disruptivas claramente menor con respecto al material del cierre hermético. Como consecuencia de estas circunstancias, al pasar sobre un punto dañado se enciende una chispa. Esto se detecta por el aparato y, de este modo, se reconoce de forma segura una fuga. Para poder trabajar con tensiones de comprobación solo menores, en algunos sistemas ofrecidos se realiza la comprobación, en lugar de con una escobilla de chispas, con un dispositivo de pulverización de agua, de tal manera que la tensión se aplica a través del chorro de agua sobre el cierre obturador, que después penetra también en puntos dañados de tipo capilar y establece, de esta forma, una unión conductiva en el punto dañado.

La desventaja de los procedimientos conocidos de comprobación de alta tensión es que para la realización de la comprobación, el cierre hermético tiene que estar completamente expuesto y que, con el uso junto con agua como medio de comprobación, se puede producir debido a agua saliente una conexión eléctrica sobre el borde del cierre hermético, por lo que se falsean los resultados de la medición. Debido a que el cierre hermético se tiene que explorar para la comprobación completamente con el electrodo de comprobación, el procedimiento es muy complejo, particularmente cuando se tienen que verificar cierres herméticos grandes o poco accesibles. En caso de que durante la comprobación no se pase por encima de toda la superficie con el electrodo de comprobación, lo que no se puede supervisar sistemáticamente, entonces existe el riesgo de mediciones erróneas. Las comprobaciones conocidas de alta tensión, por tanto, no son adecuadas para comprobar los cierres herméticos de obra sistemáticamente ni siquiera durante las posteriores actividades de construcción, ya que en este caso con frecuencia ya no se da una accesibilidad del cierre hermético.

Particularmente en el caso de cierres herméticos de túnel, los daños en los cierres herméticos representan un riesgo muy grande, debido a que los daños del cierre hermético, por norma general, se reconocen solo gracias a entradas de agua en el túnel terminado, ya que en primer lugar se tiene que ajustar el agotamiento de agua antes de que se ajuste la carga de compresión hidrostática sobre el cierre hermético y se exponga por primera vez a agua el cierre hermético. Debido a la generación de presión, aquí existe otro riesgo de daño para el cierre hermético, debido a que con presión externa creciente, el cierre hermético se presiona más y más contra la cubierta interna de hormigón. Si algunas regiones de la cubierta interna no están completamente hormigonadas, entonces el cierre obturador se presiona sobre la armadura expuesta de la cubierta interna y se perfora, de tal manera que existen otros riesgos de daño. A este respecto, el problema se agrava debido a que la experiencia dice que el agua no sale de la cubierta interna de hormigón donde realmente se encuentra la fuga en el cierre hermético, sino que el agua busca su camino detrás de la cubierta interna de hormigón hasta que sale por huecos de juntas no estancas de segmentos del túnel o a través de grietas en el hormigón hacia el interior del túnel tubular.

Ya que el cierre hermético se encuentra oculto detrás de la cubierta interna del túnel de forma no visible y no existe ninguna o solo informaciones difusas acerca de la posición de la fuga, el saneamiento de fugas en cierres herméticos de túnel hasta hoy en día requiere medidas de inyección extensas y caras que, a pesar de la elevada complejidad, permanecen sin éxito frecuentemente, de tal manera que numerosos túneles, a pesar del saneamiento,

permanecen no estancos y generan costes de mantenimiento permanentemente elevados de forma marcada. De este modo, el Instituto de Comprobación de Materiales de la Confederación Suiza (Schweizer Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) (EMPA) en su informe anual del 2004 informa acerca de los resultados de un proyecto de investigación desarrollado junto con la Oficina Federal Suiza para Carreteras (Schweizer Bundesamt für Straßen) (Astra), en el que se examinaron en total 63 túneles suizos con respecto a la eficacia de sus sistemas de cierre hermético. Después, incluso después del saneamiento de faltas de estanqueidad constatadas mediante medidas de inyección, 13 túneles se tuvieron que continuar clasificando como no estancos, de ellos solo 10 túneles que llevaban agua a presión. Con el trasfondo de estos resultados desencantadores y teniendo en cuenta los inmensos costes para el saneamiento (frecuentemente sin éxito) y mantenimiento de túneles no estancos, el informe termina con la insistente petición de llevar a cabo todo lo necesario para producir los cierres herméticos de túnel desde el principio de forma estanca.

Sin embargo, este objetivo solo se puede conseguir cuando la calidad del cierre hermético y, a este respecto, particularmente si su estanqueidad se puede comprobar a lo largo de la obra y con antelación en las fases individuales de la construcción de la obra, los daños se pueden constatar sistemáticamente mediante resultados de medición que se pueden someter a esfuerzo y objetivos, los daños constatados se pueden localizar de forma sencilla y las deficiencias o los puntos débiles de la restante realización de la obra, que pueden conducir retroactivamente a daños en el cierre hermético de la obra así como, por ejemplo, hormigonados incompletos, se reconocen también sistemáticamente y se eliminan mediante medidas adecuadas antes de que se haya producido como daño resultante un daño en el cierre hermético.

Un procedimiento correspondiente al preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento EP 0 525 278 A2.

La presente invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento para la comprobación de la estanqueidad de cierres herméticos de obra de tipo membrana, eléctricamente no o solo ligeramente conductivos, que posibilita una comprobación de la estanqueidad en toda la superficie de tales cierres herméticos, independientemente de si el cierre hermético se encuentra apoyado en un estrato inferior o expuesto en el lado inferior y/o superior, está cubierto con una armadura o incluido de forma inaccesible por completo en la construcción. A este respecto, el procedimiento pretendido debe posibilitar un control de la estanqueidad también cuando el cierre hermético que hay que comprobar todavía no se ha cubierto con materiales húmedos o se encuentra en contacto con agua. Particularmente, el procedimiento pretendido debe posibilitar la delimitación local o, preferentemente, localización de puntos dañados existentes en el cierre hermético que hay que comprobar. Asimismo, la invención se basa en el objetivo de crear un cierre hermético de obra de tipo membrana que está provisto de un dispositivo de comprobación correspondiente, que permite la realización del procedimiento pretendido.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 o mediante un cierre hermético de obra con las características de la reivindicación 16.

El procedimiento de acuerdo con la invención sirve para la constatación de puntos dañados o defectuosos, particularmente de puntos débiles que presentan un espesor de material reducido en un cierre hermético de obra de tipo membrana, eléctricamente no o solo ligeramente conductivo, que presenta una elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en comparación con el aire. El cierre hermético de obra está provisto, a este respecto, de una (primera) capa eléctricamente conductiva, que está dispuesta en el interior o en el exterior del cierre hermético de obra y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra. Para la constatación de dichos puntos dañados, defectuosos y/o débiles se usa de acuerdo con la invención otra capa eléctricamente conductiva, que está separada eléctricamente mediante el cierre hermético de obra de dicha capa eléctricamente conductiva y que se extiende asimismo esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra. A las dos capas eléctricamente conductivas se aplica una tensión eléctrica de comprobación, cuya magnitud se selecciona de tal manera que con presencia de (al menos) un punto dañado, defectuoso y/o débil eléctricamente no conductivo en el cierre hermético de obra se produce una superación de la resistencia a descargas disruptivas eléctricas y la formación de una chispa eléctrica o arco voltaico en el lugar del punto dañado, defectuoso y/o débil, seleccionándose la tensión de comprobación menor que una tensión de comprobación destructora a la que se produciría en un cierre hermético de obra no dañado y/o no debilitado correspondiente al cierre hermético de obra que hay que comprobar una descarga disruptiva eléctrica con formación de una chispa eléctrica o un arco voltaico.

Por la expresión "solo ligeramente conductivo" se entiende en el presente contexto un cierre hermético o un material de obturación con una resistencia eléctrica mayor de  $10^{10}$  ohmios cm.

Por la expresión "esencialmente sobre toda la superficie" ha de entenderse que la correspondiente capa eléctricamente conductiva se extiende al menos sobre la región superficial que hay que comprobar con respecto a estanqueidad del cierre hermético de obra o de la banda obturadora de plástico. Por ejemplo, una región de borde de la banda obturadora de plástico a soldar con la banda obturadora de plástico adyacente puede estar configurada eventualmente también sin capa eléctricamente conductiva. De acuerdo con la invención, preferentemente, al menos el 90 % de la superficie del cierre hermético de obra plano o de la banda obturadora de plástico que hay que comprobar está cubierta en toda la superficie con las capas conductivas.

El procedimiento de acuerdo con la invención puede trabajar sin las desventajas del procedimiento de comprobación del estado de la técnica que se ha descrito al principio. Posibilita una comprobación de la estanqueidad de toda la superficie de cierres herméticos de obra de tipo membrana, eléctricamente no o solo ligeramente conductores, sin que el correspondiente cierre hermético tenga que estar expuesto y sin que el cierre hermético se tenga que encontrar en la región que hay que comprobar bajo el efecto de humedad o agua. No obstante, es posible la capacidad de comprobación del cierre hermético con la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención incluso en estas condiciones límite.

Además, el procedimiento de acuerdo con la invención posibilita también la delimitación local de puntos dañados existentes en el cierre hermético que hay que comprobar. Mediante combinación con procedimientos potenciométricos instalados de forma fija se puede realizar entonces además también una supervisión del cierre hermético con la obra de túnel terminada, expuesta a agua.

De acuerdo con una configuración preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, la tensión de comprobación aplicada a las capas eléctricamente conductoras se selecciona de tal manera que asciende como máximo al 80 % de un valor de tensión eléctrico al que se produciría en un cierre hermético de obra no dañado y/o no debilitado correspondiente al cierre hermético de obra que hay que comprobar una descarga disruptiva eléctrica con formación de una chispa eléctrica o arco voltaico. De este modo se detectan de forma fiable puntos débiles causados por retirada de material o disminución del grosor de capa del cierre hermético que hay que comprobar, por otro lado, se asegura que las regiones superficiales intactas del cierre hermético, que presentan un grosor teórico requerido, no se destruyan debido a la exposición a tensión eléctrica.

En otra configuración del procedimiento no se trabaja con una tensión de comprobación fija, sino que la tensión de comprobación se aumenta constante o gradualmente y/o se comprueba en varios intervalos de comprobación, aumentando la tensión de comprobación en el intervalo de comprobación respectivamente posterior hasta que se alcance la tensión de comprobación mínima correspondiente al cierre hermético intacto. Mediante las tensiones de descarga disruptiva respectivamente alcanzadas en realidad se pueden diferenciar entonces diferentes imágenes de daño (por ejemplo, reducción de grosor de material o fugas continuas). Además, puede ser ventajoso mantener la tensión de comprobación durante un cierto periodo de tiempo, ya que particularmente con daños muy pequeños en ocasiones puede requerir un cierto tiempo hasta que en un punto dañado bajo el efecto de la tensión de comprobación y el campo eléctrico resultante se configure un canal de encendido, a través del cual se puede producir, solo entonces, una descarga de chispas.

En otra configuración del procedimiento, el cierre hermético que hay que comprobar se divide preferentemente en secciones de comprobación individuales, pudiéndose obtener la división al segmentarse una de las capas conductoras o incluso ambas capas conductoras de tal manera que se posibilita una exposición a tensión por secciones de las secciones de comprobación individuales del cierre hermético a controlar, esto de forma favorable de tal manera que, respectivamente, un segmento de la banda obturadora forme también un segmento de comprobación.

Para posibilitar una aplicación sencilla y de acuerdo con la obra del procedimiento de comprobación de acuerdo con la invención, en una configuración adicional del procedimiento, las capas conductoras requeridas para la comprobación plana y el cierre hermético que hay que comprobar se configuran como sistema de sándwich multicapa prefabricado de capas conductoras y al menos una capa obturadora eléctricamente aislante, estando unidas las capas conductoras de forma adecuada, por ejemplo, mediante adhesión, laminación, forrado, coextrusión, metalizado o revestimiento o combinaciones de estos procedimientos parcialmente o en toda la superficie con el cierre hermético. Las capas conductoras, a este respecto, presentan preferentemente una resistencia superficial de menos de  $10^6$  ohmios y una resistencia específica de menos de  $10^5$  ohmios cm.

Una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en que se aplique la tensión de comprobación a través de al menos dos puntos de alimentación separados en el espacio unos de otros a una de las capas eléctricamente conductoras, que los flujos de corriente y las magnitudes eléctricas correspondientes a esto, particularmente la tensión eléctrica, se midan con una descarga disruptiva eléctrica en un punto dañado, defectuoso y/o débil y que, mediante la relación de los flujos de corriente o las magnitudes eléctricas correspondientes, particularmente tensiones, se establezca el lugar del punto dañado, defectuoso y/o débil. De este modo se puede establecer de forma relativamente precisa el lugar de un punto dañado, defectuoso y/o débil del cierre hermético, incluso si el cierre hermético que hay que comprobar no es o es solo parcialmente accesible.

La medición de la relación de tensión eléctrica, a este respecto, se realiza preferentemente a través de una o varias sondas de medición que se acoplan de forma capacitiva sin conexión galvánica indirectamente con una de las capas conductoras. Por ello, es posible un acoplamiento sencillo y flexible de las sondas de medición. Las sondas de medición se pueden realizar por ello de forma sencilla, de tal manera que el lugar de un punto dañado, defectuoso y/o débil del cierre hermético eventualmente se puede establecer o delimitar más rápidamente. Sin embargo, la medición de la relación de tensión eléctrica se puede realizar también a través de sondas de medición que están acopladas directamente con una de las capas conductoras.

Una configuración adicional del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que se use una capa de apoyo

eléctricamente conductiva del cierre hermético de obra, por ejemplo, un fondo húmedo, particularmente una capa de hormigón todavía relativamente húmeda o fraguada, como una de las capas eléctricamente conductoras. En este caso se prescinde de la producción de una segunda u otra capa eléctricamente conductiva y, en lugar de esto, se usa una capa de apoyo eléctricamente conductiva ya de por sí presente, lo que posibilita un correspondiente ahorro de costes. Por ejemplo, en un tejado plano se puede usar el techo de hormigón relativamente liso como capa de apoyo eléctricamente conductiva.

Una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizada porque al menos la capa eléctricamente conductiva dispuesta en el lado accesible del cierre hermético de obra se provee de una capa eléctricamente no conductora, preferentemente una lámina de plástico de color claro, eléctricamente aislante. Esta capa eléctricamente no conductora protege de descargas eléctricas. Una realización en color claro de esta capa tiene un efecto favorable sobre las condiciones de visibilidad de personas al trabajar en el interior o en la región del cierre hermético de obra y, además, sirve para el reconocimiento visual de daños mecánicos.

Con respecto a una aplicación lo más sencilla y rápida posible de un cierre hermético de obra genérico, es ventajoso que el cierre hermético de obra, junto con las capas eléctricamente conductoras así como la capa eléctricamente aislante (lámina de plástico), se prefabricue industrialmente como lámina compuesta de tipo sándwich o como banda obturadora compuesta, por ejemplo, mediante extrusión o forrado. Particularmente durante la coextrusión de las distintas capas, en algunos casos pueden producirse puntos defectuosos en la capa eléctricamente conductiva intercalada o incluida, que pueden excluir una constatación fiable de puntos dañados y/o defectuosos en el cierre hermético de obra que hay que comprobar posteriormente. Para establecer eventuales puntos defectuosos en la capa eléctricamente conductiva eventualmente no visibles, otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que la formación sobre toda la superficie de la capa eléctricamente conductiva dispuesta al menos en el lado accesible del cierre hermético de obra y/o la formación sobre toda la superficie de la capa eléctricamente conductiva dispuesta en el lado posterior del cierre hermético de obra se compruebe mediante una medición de capacitancia eléctrica.

El cierre hermético de obra de tipo membrana de acuerdo con la invención está compuesto de un material eléctricamente no conductor, de tal manera que presenta una elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en comparación con el aire. Está provisto de un dispositivo de comprobación que presenta una fuente de tensión eléctrica para la constatación de puntos dañados o defectuosos, particularmente puntos débiles que presentan un espesor de material reducido en el cierre hermético de obra. Además, el cierre hermético de obra de acuerdo con la invención está equipado con una (primera) capa eléctricamente conductiva, que está dispuesta en el interior o en el exterior del cierre hermético de obra y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra. De acuerdo con la invención, el cierre hermético de obra está equipado con una capa eléctricamente conductiva adicional, que está separada eléctricamente mediante el cierre hermético de obra de dicha (primera) capa eléctricamente conductiva y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra. A este respecto, el dispositivo de comprobación presenta medios para el ajuste de la magnitud de la tensión de comprobación aplicada a través de las capas eléctricamente conductoras al cierre hermético de obra, de tal manera que la tensión de comprobación se puede aumentar desde cero o un valor mínimo mayor de cero constante o gradualmente hasta un valor de tensión eléctrica que se encuentra, reducido en una magnitud de seguridad, por debajo de una tensión destructora a la que se produciría en un cierre hermético de obra no dañado y/o no debilitado correspondiente al cierre hermético de obra que hay que comprobar una descarga disruptiva eléctrica con formación de una chispa eléctrica o un arco voltaico, y que es una magnitud de seguridad mayor que la resistencia a descargas disruptivas de una distancia de salto de chispa correspondiente al grosor del cierre hermético de obra.

Se indican configuraciones preferentes y ventajosas adicionales del cierre hermético de obra de acuerdo con la invención en las reivindicaciones dependientes así como la siguiente descripción. A continuación se explica con más detalle la invención mediante un dibujo que representa varios ejemplos de realización. Se muestra:

En la Figura 1, un corte transversal de un túnel con un cierre hermético de obra de acuerdo con la invención; y

En las Figuras 2 a 6, respectivamente, una sección de distintos cierres herméticos de obra de acuerdo con la invención en una vista ampliada del corte transversal.

La bóveda del túnel representado en la Figura 1 se cubrió inmediatamente después de la terminación de la excavación de roca 1 con hormigón proyectado 2 e insertos de acero. El avance de un túnel de este tipo se realiza habitualmente de forma discontinua en subsecciones axiales. El hormigón proyectado 2 armado forma una bóveda externa, cuya superficie interna se cubre con un cierre hermético de obra 3. El cierre hermético de obra 3 debe evitar una penetración de agua o humedad desde la roca en la región de la bóveda externa 2. Al cierre hermético de obra 3 sigue en el lado interior una bóveda interna 4 de hormigón, que en lo sucesivo se denomina cubierta interna. Antes de que se hormigone la bóveda interna o la cubierta interna 4, el cierre hermético de obra 3 se comprueba con respecto a la estanqueidad. Para esto, el cierre hermético de obra 3 está provisto de un dispositivo 5 de comprobación para la constatación de puntos dañados o defectuosos eventualmente existentes.

El cierre hermético de obra 3 que hay que comprobar es un cierre hermético con una elevada resistencia de aislamiento debido al material y una elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en comparación con el aire. A través de dos capas 6, 7 eléctricamente conductoras que, de acuerdo con la invención, están dispuestas en contacto con los dos lados externos del cierre hermético 3 que hay que comprobar o donde una capa 6 o 7 conductiva está dispuesta en contacto con el lado externo del cierre hermético 3 y una capa 7 o 6 conductiva se encuentra en el interior del cierre hermético 3 que hay que comprobar o donde ambas capas 6, 7 conductoras se encuentran en el interior del cierre hermético 3 que hay que comprobar, de tal manera que las capas 6, 7 conductoras constructivamente siempre se separan eléctricamente una de otra mediante una capa de material obturador no conductor, concretamente el cierre hermético 3 o la banda obturadora que hay que comprobar, mediante el uso de una fuente de tensión 8 adecuada se aplica una tensión de comprobación asociada a potencial de tierra o sin potencial de tierra sobre la superficie del cierre hermético que hay que comprobar, de tal manera que en cada punto entre las capas 6, 7 conductoras se produce un campo eléctrico perpendicular al cierre hermético (banda obturadora) 3 plano que hay que comprobar. A este respecto puede tratarse, dependiendo de la fuente de tensión 8 usada, de un campo eléctrico continuo o alterno. Para verificar el cierre hermético 3 plano con respecto a daños, ahora, de acuerdo con la invención se selecciona la tensión de comprobación entre las capas 6, 7 conductoras expuestas a tensión de tal manera que con la banda 3 de cierre hermético intacta no se supera la resistencia a descargas disruptivas en ningún punto del cierre hermético 3, pero sí en los puntos en los que el espesor de material de la banda de cierre hermético 3 expuesta a tensión, debido al daño, está disminuido con respecto al estado no dañado y/o donde, debido al daño o incluso debido a la fabricación, existen puntos defectuosos en el cierre hermético 3, para lo que, de forma adecuada, se usa una tensión de comprobación de al menos 1000 voltios por milímetro de grosor del cierre hermético plano o la banda 3 de obturación que hay que comprobar, con la consecuencia de que en estos puntos se produce una descarga disruptiva de tensión, lo que de acuerdo con la invención se puede detectar y localizar de formas diferentes. De esta manera es posible una comprobación de la estanqueidad integral de toda la superficie del cierre hermético de obra 3 o de la respectiva banda de cierre hermético y una constatación de daños del cierre hermético 3, sin que tenga que estar presente agua o humedad o un cortocircuito directo en el punto del daño, si bien es posible un reconocimiento seguro de daños en el cierre hermético 3 incluso en estas condiciones con el procedimiento. Con ello, con el procedimiento de acuerdo con la invención se consigue un estado de desarrollo claramente mejorado con respecto al estado de la técnica, que permite llevar a cabo una comprobación de calidad fiable de cierres herméticos 3s y constatar y localizar daños del cierre hermético de forma sencilla y fiable, esto independientemente de la situación de instalación del cierre hermético 3, en el caso extremo incluso con el cierre hermético 3 libremente suspendido y sin que se requiera agua o humedad para la aplicabilidad del procedimiento de comprobación.

De acuerdo con la invención, para llevar a cabo el procedimiento, durante el procedimiento de comprobación se puede medir la magnitud de la tensión aplicada a través de las capas 6, 7 conductoras al cierre hermético 3 plano que hay que comprobar y también el flujo de corriente desde la fuente de tensión 8 a la disposición de comprobación. Si existen puntos dañados y/o defectuosos en el cierre hermético 3 plano, de acuerdo con la invención, en estos puntos dañados y/o defectuosos, siempre que en este caso no exista debido al daño un cortocircuito directo entre las capas 6, 7 conductoras, se produce una superación de la resistencia a descarga disruptiva y, con ello, a través del cierre hermético 3 plano que hay que comprobar, una descarga disruptiva eléctrica con la consecuencia de que a través del arco voltaico fluye una corriente de descarga que comienza bruscamente entre las dos capas 6, 7 conductoras. Esto conduce a que caiga la tensión de comprobación en el cierre hermético 3 que hay que comprobar y aumente la corriente de carga, lo que se puede reconocer de acuerdo con la invención mediante el desarrollo medido de las magnitudes de medición tensión de comprobación y corriente de carga. Si existen daños que causan un cortocircuito de bajo ohmio en comparación con la resistencia del material obturador intacto de las capas 6, 7 conductoras, esto se reconoce debido a que fluye una corriente de cortocircuito claramente mayor en comparación con el cierre hermético no dañado incluso con una baja tensión de comprobación, que todavía no es suficiente para una descarga de chispas. Con ello, con el procedimiento de acuerdo con la invención se puede constatar de forma segura también una imagen de daño que causa cortocircuito. Si, por el contrario, se alcanza una tensión de comprobación predefinida sin que se produzca una corriente de cortocircuito o una corriente de descarga de arco voltaico, el cierre hermético 3 se tiene que clasificar como intacto, esto particularmente cuando se ha aplicado la tensión máxima de comprobación anteriormente sin otros efectos de descarga durante un periodo de tiempo más prolongado. Preferentemente, a partir del cociente de tensión y corriente se establece la resistencia eléctrica del objeto de comprobación y se usa como otro criterio de calidad.

A este respecto, de acuerdo con la invención se puede llevar a cabo también una asignación local del punto de la chispa de encendido o de un cortocircuito y, por tanto, de la ubicación local del punto dañado cuando se realiza la alimentación de la tensión de comprobación a través de al menos dos puntos de alimentación 9, 10 separados suficientemente unos de otros en el espacio (compárese con la Figura 1), que se encuentran en secciones de comprobación configuradas de forma alargada preferentemente en los dos lados estrechos que se encuentran uno frente a otro de la sección de comprobación y los flujos de corriente o las magnitudes eléctricas correspondientes, por ejemplo, la tensión eléctrica, en el momento de la descarga disruptiva eléctrica, es decir, durante el flujo de la corriente de arco voltaico o con la presencia de un cortocircuito de la corriente de cortocircuito se miden en cada tramo de alimentación, de tal manera que mediante la relación de los flujos de corriente o las tensiones correspondientes se puede establecer el lugar de la chispa o del cortocircuito y, por tanto, el lugar del punto dañado con una buena aproximación, ya que esta relación se corresponde esencialmente con la relación de distancia de los

puntos de alimentación con respecto al lugar de la chispa o del cortocircuito. La medición de las relaciones de tensión con cortocircuito debido a daño o con descarga de chispas debido a daño, a este respecto, se puede realizar también directamente en una de las dos capas 6, 7 conductoras o también indirectamente sin conexión galvánica con el circuito de medición eléctrico mediante una o varias sondas acopladas de forma capacitiva, por ejemplo, desde el lado de visibilidad del cierre hermético 3.

Como alternativa a esto o adicionalmente se puede detectar la aparición de chispas de encendido o arcos voltaicos de acuerdo con la invención también registrándose las señales parásitas (denominadas ráfagas) electromagnéticas que parten de la chispa de encendido o del arco voltaico con un detector (no mostrado) adecuado y/o registrándose y evaluándose adecuadamente los efectos luminosos y/o de radiación térmica y/o de calentamiento de material que parten del arco voltaico en el punto dañado, por ejemplo, mediante procedimientos adecuados de registro de imágenes, esto también en el sentido de que las señales parásitas registradas y/o los efectos luminosos y/o de radiación térmica y/o de calentamiento de material se pueden usar también para la localización del punto de chispa y/o cortocircuito y, por tanto, de la posición del daño. Para esto se puede usar, por ejemplo, una cámara (no mostrada), particularmente una cámara de imágenes térmicas.

En el caso más sencillo se realiza de acuerdo con la invención la determinación de la posición de la distancia disruptiva, sin embargo, de forma puramente visual, reconociéndose y localizándose durante la existencia del arco voltaico el mismo o reconociéndose y determinándose la posición del punto dañado gracias a las modificaciones provocadas por erosión de chispas y/o efecto de calor sobre el lado visible del cierre hermético 3, durante la formación de chispas o después de que se haya detenido la formación de chispas o la corriente de cortocircuito. Para esto puede ser ventajoso mantener la formación de chispas en el punto dañado o la corriente de cortocircuito hasta que se haya producido un efecto térmico reconocible claramente en el punto dañado.

En una configuración adicional de la invención, al menos una de las capas 6, 7 conductoras está configurada como material no tejido, tejido, tejido tricotado y otra formación plana conductiva, obteniéndose la conductividad requerida mediante adición de partículas y/o fibras y/o hilos y/o alambres eléctricamente conductivos al material no tejido, tejido, tejido tricotado o formación plana por sí mismo no conductiva y/o mediante un revestimiento o impregnación del material no tejido, tejido, tejido tricotado o formación plana por sí mismo no conductiva con sustancias conductoras correspondientes y/o mediante un metalizado al vacío del material no tejido, tejido, tejido tricotado o formación plana por sí misma no conductiva y/o usándose un material no tejido, tejido, tejido tricotado y otra formación plana que gracias al uso de fibras y/o hilos eléctricamente conductivos presenta la conductividad requerida para llevar a cabo el procedimiento de comprobación.

En una configuración adicional del procedimiento de acuerdo con la invención o del dispositivo de acuerdo con la invención se consigue la conductividad eléctrica del material no tejido u otra formación plana aplicándose una sustancia intensamente higroscópica sobre el material de soporte del material no tejido o de la formación plana o incluyéndose en el material de soporte, de tal manera que por encima de una determinada humedad del aire, el tejido en la humedad absorbida higroscópicamente se disocia al menos parcialmente y da lugar a una conductividad eléctrica iónica, suficiente para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención, del líquido absorbido en el material no tejido o en la formación plana. Preferentemente se realiza la aplicación de la sustancia higroscópica, a este respecto, en fase acuosa.

En otra configuración del dispositivo o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, el material no tejido u otra formación plana en la microestructura de su superficie dirigida en dirección hacia el cierre hermético 3 que hay que comprobar tiene tal naturaleza que las fibras, partículas, hilos y/o alambres eléctricamente conductivos sobresalen de tal manera de la superficie, que con aplicación de la tensión de comprobación entre las capas 6, 7 conductoras se ajustan, en las partes que sobresalen de esta forma, elevados picos de intensidad de campo, con la consecuencia de que se favorece el encendido de arcos voltaicos con presencia de las condiciones de daño de acuerdo con lo estipulado.

En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, el material de soporte del material no tejido o de la formación plana 6, 7 está compuesto de componentes térmicamente mucho más resistentes en comparación con plásticos termoplásticos, preferentemente fibras de vidrio, metal y/o carbono y/o partículas, fibras y/o hilos conductivos térmicamente más resistentes, para evitar que como consecuencia de la generación de calor durante el arco voltaico eléctrico, la superficie del material no tejido o de la formación plana 6, 7 en la región del arco voltaico se funda prematuramente y se adhiera o se queme o evapore. Por ello se evita que el arco voltaico se pueda extinguir prematuramente y también que no se pueda volver a encender en este punto, sin que se haya producido en el punto dañado una modificación de material visible por causa térmica requerida para el reconocimiento visual o un calentamiento de material suficiente para un reconocimiento termográfico.

En otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención, una o incluso ambas capas conductoras, mediante las cuales se delimita el cierre hermético 3 que hay que comprobar, son parte de la construcción, por ejemplo, el apoyo del cierre hermético 3 (por ejemplo, la bóveda externa 2 en la Figura 1) y/o una cobertura constructiva del cierre hermético 3 y presenta o presentan una conductividad eléctrica claramente mayor con respecto al material del cierre hermético, suficiente para llevar a cabo el procedimiento de comprobación, de tal

manera que se puede prescindir del uso de una o incluso de ambas capas 6, 7 conductoras integradas a modo de sándwich en el cierre hermético 3 para llevar a cabo el procedimiento de comprobación.

5 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, al menos una de las capas 6, 7 conductoras no está conducida hasta el borde del cierre hermético 3, sino solo hasta que la longitud y, con ello, la resistencia a descargas disruptivas de la distancia de salto de chispas entre las dos capas expuestas a tensión de comprobación es mayor que la tensión de comprobación usada para la comprobación de la estanqueidad (compárese con las Figuras 2 y 3).

10 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, al menos una de las capas 6, 7 conductoras está dispuesta en el interior de la banda 3 de cierre hermético, siendo esta capa 6 conductiva situada en el interior en total más estrecha que la banda 3 de cierre hermético que hay que comprobar, de tal manera que la capa 6 conductiva en los lados largos de la banda está rodeada completamente por material obturador eléctricamente aislante y en los cantos longitudinales de la banda obturadora se consigue una resistencia a descargas disruptivas lo suficientemente elevada para llevar a cabo el procedimiento de comprobación con respecto a la segunda capa 7 conductiva (compárese con la Figura 2).

15 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, la capa 6 conductiva dispuesta después de la colocación del cierre hermético o la banda 3 obturadora en el lado de la roca o en el lado inferior del cierre hermético se configura como material no tejido conductor, estando conducido el material no tejido conductor en un lado largo de la banda obturadora 3 esencialmente de forma enrasada hasta el borde del cierre hermético 3, sin embargo, en el otro lado largo de la banda 3 obturadora que hay que comprobar en la anchura de la zona de soldadura 11 se encuentra retirada con respecto al borde de la banda, de tal manera que el material no tejido no se tiene que retirar de forma compleja de la zona de soldadura antes de una soldadura con la banda 3 obturadora adyacente (compárese con la Figura 3).

25 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, este borde de soldadura 11 que queda expuesto, no cubierto con material no tejido 6, 7 eléctricamente conductor de la banda 3 obturadora está dotado de una capa 61, 71 eléctrica retirable de forma sencilla, que está conectada eléctricamente con el material no tejido 6, 7 conductor de forma adecuada (compárese con las Figuras 3 y 4). De este modo se consigue que la banda 3 obturadora que hay que comprobar antes de la soldadura con una banda 3 obturadora adyacente se pueda comprobar en toda la anchura con el procedimiento de acuerdo con la invención sin que se tenga que retirar la capa 6, 7 conductiva después de la comprobación y antes de la soldadura de forma compleja de la zona de soldadura 11. La capa 61, 71 conductiva dispuesta en la región 11 de la posterior zona de soldadura, a este respecto, puede estar compuesta de forma ventajosa de una lámina autoadhesiva eléctricamente conductiva o un material no tejido autoadhesivo eléctricamente conductor o de un revestimiento retirable mediante frotado o lavable eléctricamente conductor.

35 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, la capa 6, 7 conductiva en la región de la zona de soldadura 11 se puede realizar también de tal manera que el material no tejido dispuesto en el lado posterior del cierre hermético se aplique en toda la anchura de la banda 3 obturadora que hay que comprobar, presentando, sin embargo, en la región de la zona de soldadura 11 solo una ligera resistencia adhesiva a la tracción con respecto a la banda 3 obturadora, de tal manera que después de la comprobación de estanqueidad y antes de la soldadura se puede desprender sin gran complejidad en la región de la zona de soldadura y, a continuación, mediante repliegado o corte hacia atrás se puede extraer de la zona de soldadura 11. El repliegado de la capa 6 o 7 conductiva está indicado mediante flechas en la Figura 5.

45 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, la conductividad de al menos una de las capas 6, 7 conductoras, de forma preferente la capa 7 conductiva dispuesta en el interior del cierre hermético 3 que hay que comprobar o en el lado visible accesible del cierre hermético 3, está ajustada en su conductividad superficial de tal manera que la máxima corriente de cortocircuito o descarga posible incluso con aplicación de la máxima tensión de comprobación posible y carga eléctrica completa del cierre hermético en el caso de un cortocircuito entre las capas 6, 7 conductoras se limita mediante la capa 7 conductiva que causa en este sentido la resistencia interna del cierre hermético 3 cargado hasta que no se puedan producir peligros para el propio dispositivo 5 de comprobación o de lesiones o muerte, esto independientemente de en qué punto del cierre hermético se produzca un contacto o una aproximación al cierre hermético que se encuentra bajo tensión de comprobación por cuerpos extraños o personas. Preferentemente, esta capa 7 conductiva o ambas capas 6, 7 conductoras para esto presentan una resistencia superficial de más de  $10^4$  ohmios y una resistencia específica de más de  $10^3$  ohmios cm. Particularmente, una configuración preferente del cierre hermético de obra de acuerdo con la invención prevé que en el lado visible de la capa 7 conductiva que se encuentra en el interior esté dispuesta una lámina o capa 12 de protección eléctricamente no conductiva, que posee, preferentemente, un tono de color claro.

60 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, al menos una de las capas 6, 7 eléctricamente conductoras requeridas está configurada como lámina de metal o lámina de plástico metalizada o como otra formación plana metálica o metalizada, no siendo eléctricamente conductora al menos una superficie. Preferentemente se usa una lámina de plástico metalizada o ajustada para ser

- conductiva mediante adición de sustancias que aumentan la conductividad o conductiva mediante el uso de plásticos intrínsecamente conductivos, que está dispuesta de tal manera sobre el cierre hermético 3 que hay que comprobar que su lado eléctricamente no conductor se encuentra en el lado opuesto al cierre hermético 3, de tal manera que con el roce de la superficie del cierre hermético 3 dotado de este modo no se establece ningún contacto eléctrico
- 5 con la tensión de comprobación, sino que los bordes de la capa 7 conductiva en los bordes de la sección de comprobación están aislados de forma limpia y el lado posterior no conductor de la capa 7 conductiva no está dañado. Si entre la capa 7 conductiva configurada de este modo y una armadura de acero colocada después de la terminación del cierre hermético 3, por ejemplo, de una cubierta interna 4 de túnel, se mide la resistencia eléctrica, se puede constatar de acuerdo con la invención si la armadura está en contacto con el cierre hermético 3 de tal
- 10 forma que ya se ha dañado en el lado superior el cierre hermético, sin embargo, sin haberse ya perforado, pudiéndose delimitar la posición del daño de la forma ya descrita mediante la medición de las corrientes de tramo o las relaciones de resistencia o las relaciones de tensión durante la medición a través de al menos dos tramos de alimentación separados o a través de al menos dos puntos de medición separados en una de las capas 6, 7 conductivas, de tal manera que el punto de peligro se puede reconocer y eliminar todavía antes del hormigonado.
- 15 En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, una de las capas conductivas está configurada de tal manera que está unida firmemente con el cierre hermético 3 que hay que comprobar, no estando acercada la capa conductiva en al menos un lado largo de la banda 3 de cierre hermético que hay que comprobar hasta su borde, sino que está separada del mismo al menos hasta que sea posible una soldadura de la banda 3 de cierre hermético con su banda 3 adyacente sin que la capa conductiva
- 20 llegue al interior de la zona de ensamblaje 11.
- En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, al menos una de las capas 6, 7 conductivas está configurada de tal manera que llega hasta el borde de las bandas a unir y, con ello, hasta la zona de ensamblaje, permaneciendo durante el procedimiento de unión en la zona de ensamblaje 11 y mezclándose durante el procedimiento de ensamblaje con el material plastificado debido al
- 25 ensamblaje del cierre hermético 3, de tal manera que se interrumpe la conductividad de la capa 6, 7 en la región de ensamblaje.
- En una configuración adicional del cierre hermético de obra o la disposición de comprobación de acuerdo con la invención, al menos una capa 6, 7 conductiva está configurada como capa de tipo película desprendible sobre el cierre hermético 3 que hay que comprobar, de tal manera que la capa se pueda volver a retirar al menos, siempre que sea necesario para el ensamblaje de bandas 3 de cierre hermético individuales, parcialmente del cierre
- 30 hermético 3.
- En una configuración adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, la capa conductiva que se ha descrito anteriormente también se usa para verificar durante el procedimiento de hormigonado si, por ejemplo, durante el hormigonado de una cubierta interna de túnel, el espacio anular a hormigonar está lleno completamente con
- 35 hormigón o si existen regiones no rellenas en las que con una exposición posterior a agua a presión, el cierre hermético de túnel se presiona de forma desprotegida sobre la armadura de la cubierta interna. Para esto, de acuerdo con la invención, se mide la capacitancia eléctrica de una o ambas capas conductivas, que a este respecto no deben tener ningún contacto eléctrico con la masa de la obra o el hormigón introducido, durante el procedimiento de hormigonado o después frente al hormigón introducido y los valores medidos se comparan con un valor teórico o un valor comparativo.
- 40 La realización o la aplicación de la invención no está limitada a túneles. Más bien, el procedimiento de acuerdo con la invención o el cierre hermético de obra de acuerdo con la invención se puede aplicar también ventajosamente durante el control de la estanqueidad de cierres herméticos de vertederos, depósitos de líquido y/o tejados, particularmente tejados planos.
- 45

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la constatación de puntos dañados o defectuosos, particularmente de puntos débiles que presentan un espesor de material reducido en un cierre hermético de obra (3) de tipo membrana, eléctricamente no o solo ligeramente conductivo, que presenta una elevada resistencia a descargas disruptivas eléctricas en comparación con el aire y que está provisto de una capa (6) eléctricamente conductiva que está dispuesta en el interior o en el exterior del cierre hermético de obra (3), que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra y a la que se aplica una tensión eléctrica de comprobación, **caracterizado porque** para la constatación de dichos puntos dañados, defectuosos y/o débiles se usa otra capa (7) eléctricamente conductiva, que está separada eléctricamente mediante el cierre hermético de obra (3) de dicha capa (6) eléctricamente conductiva y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra (3), seleccionándose la magnitud de la tensión de comprobación entre las capas (6, 7) eléctricamente conductivas expuestas a tensión de tal manera, que con presencia de al menos un punto dañado, defectuoso y/o débil eléctricamente no o solo ligeramente conductivo en el cierre hermético de obra (3) se produce una superación de la resistencia a descargas disruptivas eléctricas y la formación de una chispa eléctrica o un arco voltaico en el lugar del punto dañado, defectuoso y/o débil, seleccionándose la tensión de comprobación menor que una tensión de comprobación destructora a la que en un cierre hermético de obra no dañado o no debilitado correspondiente al cierre hermético de obra (3) que hay que comprobar se produciría una descarga disruptiva eléctrica con formación de una chispa eléctrica o un arco voltaico.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la tensión de comprobación aplicada a las capas eléctricamente conductivas se selecciona de tal manera que asciende al menos a 1000 voltios por milímetro de grosor del cierre hermético de obra (3) que hay que comprobar.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** con la tensión de comprobación aplicada a las capas conductivas se detecta la aparición de chispas de encendido y/o arcos voltaicos, registrándose las señales parásitas electromagnéticas que parten de la chispa de encendido y/o del arco voltaico con un detector y/o registrándose y evaluándose los efectos luminosos, de radiación térmica y/o de calentamiento de material que parten de la chispa de encendido y/o del arco voltaico.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** se mide la magnitud de la tensión aplicada a través de las capas (6, 7) conductivas al cierre hermético de obra que hay que comprobar y/o el flujo de corriente de la fuente de tensión (8) a una de las capas (6, 7) conductivas.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el cierre hermético de obra (3) que hay que comprobar se divide en secciones de comprobación individuales, segmentándose al menos una de las capas eléctricamente conductivas de tal manera que al aplicar la tensión de comprobación al respectivo segmento de la capa (6, 7) conductiva se obtiene una exposición a tensión limitada a la sección de comprobación asignada.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se usa una capa de apoyo (2) eléctricamente conductiva del cierre hermético de obra (3) como una de las capas eléctricamente conductivas.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** al menos la capa (7) eléctricamente conductiva dispuesta sobre el lado accesible del cierre hermético de obra (3) se provee de una capa (12) eléctricamente no conductiva, preferentemente una lámina de plástico de color claro.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la formación sobre toda la superficie de la capa (7) eléctricamente conductiva dispuesta al menos sobre el lado accesible del cierre hermético de obra (3) y/o la formación sobre toda la superficie de la capa (6) eléctricamente conductiva dispuesta sobre el lado posterior del cierre hermético de obra (3) se comprueba mediante una medición de capacitancia eléctrica.
9. Cierre hermético de obra (3) de tipo membrana de material eléctricamente no o solo ligeramente conductivo, que presenta en comparación con el aire una alta resistencia a descargas disruptivas eléctricas, con un dispositivo (5) de comprobación que presenta una fuente de tensión eléctrica para la constatación de puntos dañados o defectuosos, particularmente puntos débiles que presentan un espesor de material reducido en el cierre hermético de obra (3) y una capa (6) eléctricamente conductiva, que está dispuesta en el interior o en el exterior del cierre hermético de obra y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra (3), **caracterizado porque** está prevista una capa (7) eléctricamente conductiva adicional que está separada eléctricamente mediante el cierre hermético de obra (3) de dicha capa eléctricamente conductiva y que se extiende esencialmente sobre toda la superficie sobre el cierre hermético de obra, presentando el dispositivo (5) de comprobación medios para el ajuste de la magnitud de la tensión de comprobación que se puede aplicar a través de las capas eléctricamente conductivas en el cierre hermético de obra, de tal manera que la tensión de comprobación se puede aumentar desde cero o un valor mínimo mayor de cero constante o gradualmente hasta un valor de tensión eléctrica que se encuentra, reducido en una magnitud de seguridad, por debajo de una tensión destructora a la que se produciría en un cierre hermético de obra no dañado y/o no debilitado correspondiente al cierre hermético de obra (3) que hay que

comprobar una descarga disruptiva eléctrica con formación de una chispa eléctrica o un arco voltaico.

10. Cierre hermético de obra de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el detector está formado por al menos una cámara, particularmente una cámara de imágenes térmicas.
- 5 11. Cierre hermético de obra de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, **caracterizado porque** está dividido mediante una segmentación de al menos una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras en secciones de comprobación individuales.
- 10 12. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** las capas (6, 7) eléctricamente conductoras y el cierre hermético de obra (3) de tipo membrana eléctricamente no o solo ligeramente conductor están configurados como sistema de sándwich multicapa prefabricado, estando unidas las capas (6, 7) eléctricamente conductoras con el cierre hermético de obra (3) que separa las mismas con unión material y/o con arrastre de forma.
- 15 13. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado porque** las capas (6, 7) eléctricamente conductoras presentan una resistencia superficial eléctrica de menos de  $10^6$  ohmios y/o una resistencia eléctrica específica de menos de  $10^5$  ohmios/cm.
- 20 14. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado porque** al menos una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras está formada por un material no tejido, tejido tricotado u otra formación plana que está producida a partir de material por sí mismo no conductor, estando provisto el material no tejido o la formación plana de una sustancia higroscópica.
- 25 15. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado porque** al menos una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras está dispuesta en el interior de una banda obturadora de plástico a partir de la cual está formado el cierre hermético de obra (3), siendo esta capa (6) eléctricamente conductiva en su totalidad más estrecha que la banda obturadora de plástico, de tal manera que la capa (6) eléctricamente conductiva en los lados largos de la banda obturadora de plástico está rodeada completamente por material obturador eléctricamente aislante.
- 30 16. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 15, **caracterizado porque** el mismo está formado a partir de bandas obturadoras de plástico que se pueden soldar entre sí, estando unida una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras con el lado posterior de la respectiva banda obturadora de plástico, acabando esta capa conductiva dispuesta en el lado posterior de forma enrasada o prácticamente enrasada con un borde longitudinal de la banda obturadora de plástico y terminando de forma desplazada con respecto al otro borde longitudinal de la banda obturadora de plástico en una anchura que define el borde de ensamblaje (11) del lado posterior y estando dotado el borde de ensamblaje (11) del lado posterior de una capa de borde (61, 71) eléctricamente conductiva fácilmente retirable, que está unida eléctricamente con la capa (6, 7) conductiva dispuesta en el lado posterior.
- 35 17. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 16, **caracterizado porque** al menos una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras, particularmente la capa (7) conductiva dispuesta en el lado visible accesible del cierre hermético de obra (3), está ajustada en su conductividad superficial de tal manera que la máxima corriente de cortocircuito o de descarga que fluye incluso con aplicación de la máxima tensión de comprobación posible y carga eléctrica completa del cierre hermético de obra en el caso de un cortocircuito entre las capas eléctricamente conductoras está limitada a un valor sin peligro para la vida.
- 40 18. Cierre hermético de obra de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado porque** el mismo o ambas capas (6, 7) eléctricamente conductoras presentan una resistencia superficial eléctrica de más de  $10^4$  ohmios y/o una resistencia eléctrica específica de más de  $10^3$  ohmios/cm.
- 45 19. Cierre hermético de obra de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 18, **caracterizado porque** al menos una de las capas (6, 7) eléctricamente conductoras está formada a partir de una lámina de metal, una lámina de plástico metalizada, una lámina de plástico ajustada de forma eléctricamente conductiva mediante aditivos que aumentan la conductividad, una lámina de plástico eléctricamente conductiva producida a partir de plásticos intrínsecamente conductoras, una formación plana metálica o una formación plana metalizada, estando configurado su lado opuesto al cierre hermético de obra (3) de forma eléctricamente no conductora y/o estando provisto de una capa (12) eléctricamente no conductora.

50

FIG. 1

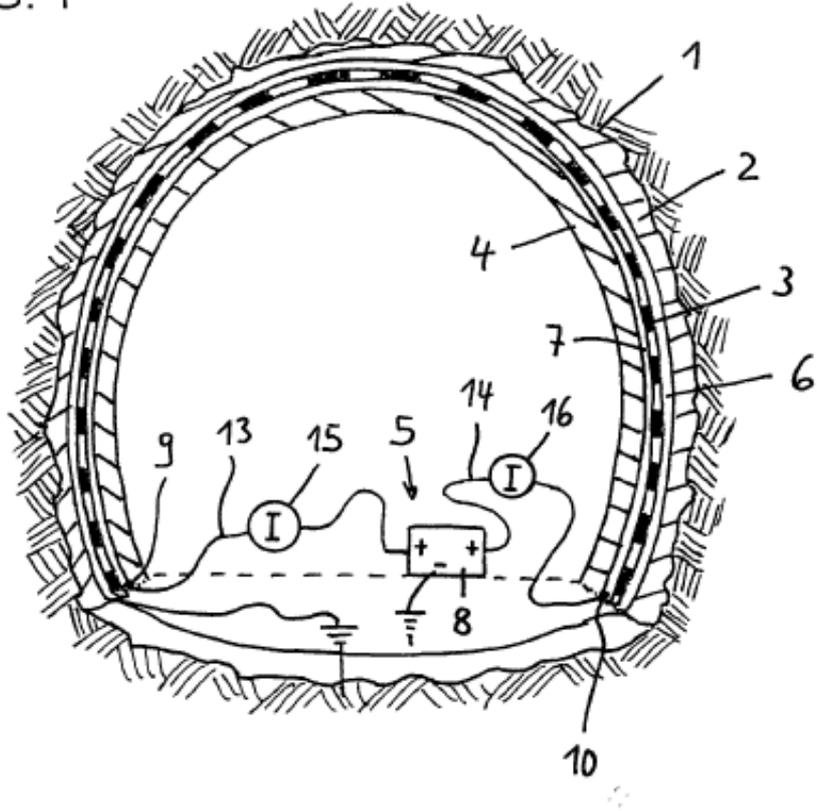


FIG. 2

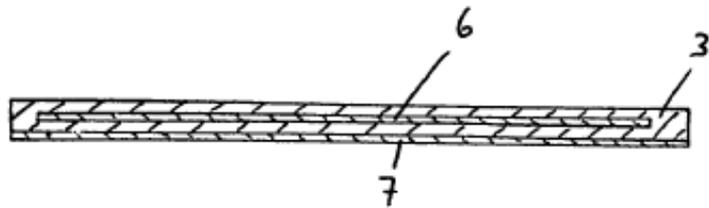


FIG. 3

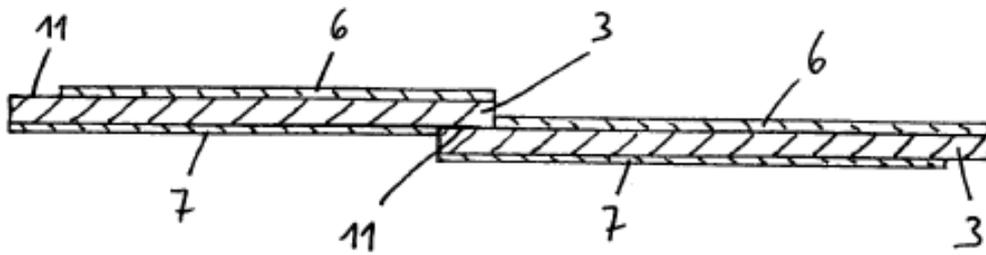


FIG. 4

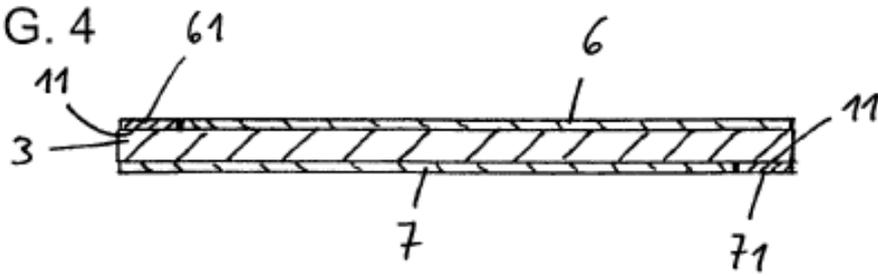


FIG. 5

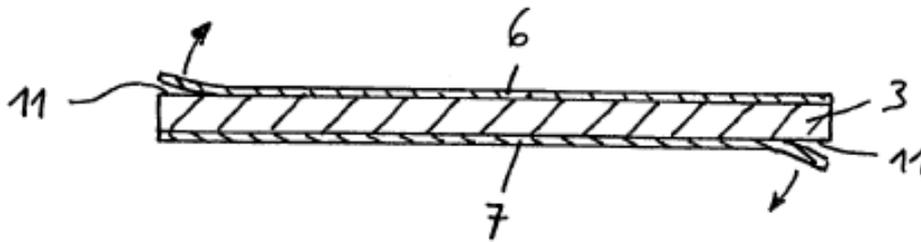


FIG. 6

