

MATERIAL MULTI-CAPA RESISTENTE AL ARCO ELÉCTRICO DE POCO

GROSOR

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere en general al campo de los
materiales compuestos, y con mayor precisión se refiere a un
material multi-capa nuevo, por sus características peculiares
de aislamiento eléctrico y térmico, por su alta resistencia
mecánica, y específicamente por su capacidad para protección
10 contra arco eléctrico, es útil en la fabricación de equipo de
protección personal y de manera más general de elementos de
trabajo para la protección de trabajadores durante sus
actividades llevadas a cabo bajo voltaje eléctrico (bajo
voltaje).

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El trabajo en sistemas eléctricos está regulado por
leyes y disposiciones técnicas cada vez más rigurosas,
enfocadas en eliminar, o al menos reducir, cualquier
20 situación de riesgo para el trabajador. En el caso donde los
riesgos no pueden ser completamente eliminados mediante
prevención, las reglas existentes se enfocan en el control de
riesgos a través de la adopción de procedimientos estrictos y
de métodos de trabajo bien establecidos, así como por medio

del uso de equipo especial y equipo de protección personal.

En situaciones de riesgo eléctrico, el equipo protector y dispositivos incluyen en particular visores incorporados en el casco, botas de caucho aislantes, guantes aislantes y
5 vestimenta resistente a riesgos eléctricos, que van a ser utilizados por los trabajadores, pero también tapetes, cubiertas para tubos y equipo variado con materiales aislantes. Una situación de peligro eléctrico reconocida como particularmente peligrosa para los trabajadores es aquella
10 del arco eléctrico, donde "arco eléctrico" significa una descarga eléctrica de alto voltaje continua entre dos conductores, lo cual produce un calor intenso y una luz muy fuerte. Este es un fenómeno potencialmente muy peligroso para un trabajador que esté cerca, en ocasiones letal, y es
15 particularmente pernicioso debido a que es un fenómeno accidental, debido al sobrevoltaje, para la presencia de partes oxidadas o impurezas sobre las superficies de partes eléctricamente activas, y por lo tanto no se espera. El desarrollo del calor que sigue al arco eléctrico puede
20 ocasionar quemaduras severas, pero también daños mecánicos debido a la explosión de aire rápidamente calentado o también daños químicos debido a la vaporización de metales que pueden generar humos tóxicos o lloviznas de metales fundidos. La emisión intensa de rayos ultravioleta y las variaciones

abruptas de presión debido al fenómeno del arco eléctrico también pueden provocar movimientos repentinos del trabajador, con posibles golpes y caídas. Incluso puede haber fracturas e intoxicaciones entre los efectos dañinos provocados por el arco eléctrico, aunque las quemaduras
5 siguen siendo el principal daño provocado y el más común.

Los dispositivos protectores aislantes en caucho y piel actualmente en uso son ciertamente dispositivos útiles para la protección personal del trabajador sujeto a riesgo
10 eléctrico, pero el acoplamiento de los dos materiales tiene como resultado un alto grosor final del dispositivo. De esta manera, por un lado el trabajador adquiere un mayor grado de seguridad contra el riesgo de choques eléctricos y quemaduras; pero por otra parte, pierde mucho en el manejo,
15 comodidad y facilidad de uso de los dispositivos en sí mismos. Cuando el dispositivo es un guante, es particularmente riesgoso debido a que incrementa el riesgo de accidentes en lugar de prevenirlos. Por ejemplo, en el mercado existen guantes de arco eléctrico que tienen este
20 tipo de inconveniente: son incómodos y tienen baja maniobrabilidad y transpirabilidad.

Por otra parte, hay en el mercado diferentes modelos de guantes protectores más cómodos, delgadas, pero no ofrecen garantía de seguridad contra el riesgo de arco eléctrico para

quien los usa. En este sentido, la Tabla 1 a continuación muestra los valores de grosor máximos de acuerdo con las normas reguladoras que se requieren para obtener la flexibilidad apropiada de guantes aislantes para cada clase ASTM prevista para este tipo de dispositivo de protección:

TABLA 1

Clase	Espesor (mm)		
	Guantes aislantes	Guantes compuestos con piel	Guantes largos compuestos con piel
00	0.50	1.8	-
0	1.00	2.3	-
1	1.50	-	3.1
2	2.30	-	4.2
3	2.90	-	4.2
4	3.60	-	-

Como se muestra en la Tabla 1, la clasificación ASTM clasifica todos los guantes aislantes de caucho comerciales en las clases de 00 a 4, donde guantes aislantes para uso en instalaciones de bajo voltaje se incluyen en las clases 00 y 0, mientras que en las clases 1 a 4 están aquellas para uso en sistemas de alto voltaje. Las reglas de seguridad actuales también establecen que, para garantizar la protección mecánica correcta contra cortaduras, abrasiones y pinchazos,

además de los guantes aislantes para protección contra el riesgo eléctrico, siempre deben usarse guantes de piel sobre guantes aislantes, con un incremento adicional en el espesor e incluso menor maniobrabilidad.

5 WO 2008/096262 divulga un material laminado que tiene propiedades de aislamiento térmico que comprende un adhesivo a base de silicona, y un método para la preparación del mismo.

 US 2004/0229043 divulga un material compuesto multi-capa
10 que tiene una primera capa polimérica protectora de una composición de fluoropolímero y una segunda capa polimérica sin fluoropolímeros.

 Por lo tanto, hasta ahora, por lo que respecta a lo que los Solicitantes tienen conocimiento, permanece sin resolver
15 el problema técnico de tener materiales disponibles para la producción de equipo de protección personal que sea realmente efectivo en la protección de los trabajadores en situaciones de riesgo de arco eléctrico, y que también pueda ser procesado en artículos de grosores reducidos, de manera que
20 también pueden ser utilizados para la producción de recubrimientos o guantes delgados sin que este equipo pierda su capacidad de manejo y comodidad de uso.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Partiendo de los problemas antes mencionados, los Solicitantes han descubierto un nuevo material multi-capa que puede combinar la necesidad de una seguridad completa en
5 situaciones de riesgo eléctrico, en particular el riesgo de arco eléctrico, con la necesidad de un espesor reducido del material de manera que puede ser utilizado, por ejemplo, para crear recubrimientos protectores o para producir equipo de protección personal, tales como guantes, sin limitar la
10 flexibilidad y capacidad de manejo del equipo en sí mismo.

El nuevo material multi-capa de la presente invención, también cuando se produce en un espesor reducido, realmente muestra propiedades sorprendentes, pudiendo cumplir con los requerimientos mecánicos, térmicos y eléctricos arriba
15 mencionados: en particular el material de la invención mostrado por poseer una alta resistencia mecánica a las cortaduras, pinchazos, abrasiones, desgarres y alta resistencia a la tensión y elongación. Este también cumple de manera óptima con los requerimientos de resistencia térmica
20 mostrando la capacidad de aislamiento térmico y el retraso en la transmisión de calor debido a la exposición a las flamas. Finalmente, posee excelentes propiedades de protección contra los efectos del arco eléctrico.

Además, gracias al bajo espesor, el material multi-capa

de la invención ha resultado ser útil para preparar un recubrimiento sobre cualquier tipo de equipo de protección personal o dispositivo destinado a la protección de trabajadores en situaciones de riesgos eléctricos, en particular, para la protección contra el arco eléctrico.

Un aspecto particularmente conveniente adicional del presente material es que puede ser fabricado por medio de un proceso muy sencillo, iniciando desde materiales de bajo costo que están ampliamente disponibles.

Por lo tanto un tema de la presente invención es un material multi-capa, conforme a lo definido en la primera de las presentes reivindicaciones.

Un proceso para la preparación del material antes mencionado, su uso para el recubrimiento y/o para la fabricación de artículos para la protección contra los riesgos eléctricos, en particular los riesgos de arco eléctrico, y los artículos así obtenidos, conforme a lo definido en las presentes reivindicaciones independientes subsiguientes, son un tema adicional de la presente invención.

Características importantes adicionales del presente material multi-capa del proceso para su preparación y de su uso de acuerdo con la invención, se reportan en la siguiente descripción detallada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 es una representación esquemática de la estructura multi-capa de la invención material, en una modalidad preferida de la misma;

5 La figura 1a es una imagen en secciones del material del Ejemplo 1 tomado por un microscopio electrónico de barrido, en donde están visibles una capa de tela de fibras de aramídica (PRF), una capa de caucho de silicona que contiene óxido de hierro (III) y esferas de vidrio huecas (P-Fe₂O₃-GS),
10 una capa que contiene caucho de silicona, óxido de hierro (III) y fibra de poliéster (P-Fe₂O₃-PE);

La figura 2 es una ilustración esquemática de los principales pasos del proceso para la preparación del material multi-capa ilustrado en la figura 1, de acuerdo con
15 esta invención;

La figura 3 es un análisis termogravimétrico (TGA) como una función de la temperatura del material multi-capa de la invención con esferas de vidrio huecas, PE (FR) PPRF_Fe₂O₃GS (línea continua) y, como una referencia de comparación, del
20 mismo material sin esferas de vidrio huecas, PE (FR) PPRF_Fe₂O₃ (línea punteada);

La figura 4 es (A) una imagen que ilustra la prueba de resistencia al desgarre descrita en el siguiente ejemplo 2, y (B) valores en Newton de la resistencia al desgarre para el

material de la invención con esferas de vidrio huecas (PE(FR)PPRF-Fe₂O₃GS) y, como una referencia de comparación, para el mismo material sin esferas de vidrio huecas (PE(FR)PPRF-Fe₂O₃). La línea punteada (a) corresponde al valor
5 mínimo de la resistencia al desgarre (25N) del nivel 2 conforme a lo definido en las disposiciones legales relacionadas;

La figura 5 (A) es una imagen que ilustra la prueba de resistencia a la perforación descrita en el siguiente ejemplo
10 2, y (B) valores de la resistencia a la perforación para el material de la invención que tiene esferas de vidrio huecas (PE(FR)PPRF-Fe₂O₃GS) y, como una referencia de comparación, para un mismo material sin esferas de vidrio huecas (PE(FR)PPRF-Fe₂O₃). La línea punteada corresponde al valor
15 mínimo en Newton de la resistencia a la perforación (60N) definida para el nivel 2 en las disposiciones legales relacionadas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

20 El material multi-capas de la invención tiene un espesor inferior a 1 mm, de preferencia inferior a 0.8, con mayor preferencia inferior a 0.75 mm, y comprende un sustrato de tela de fibras de para-arámida, una capa de tela de fibras retardadoras de llama, de preferencia que consiste de fibras

de poliéster retardadoras de llama, y una capa de caucho de silicona, y además comprende una capa adicional de caucho de silicona, intermedia entre las dos capas de telas fibrosas y comprendiendo microesferas de vidrio huecas y micro-polvo de
5 óxido de hierro (III) incorporado en la matriz polimérica que consiste de la capa de caucho de silicona.

En un aspecto particular de la presente invención, en el material multi-capas final, la relación entre la matriz polimérica y las telas, cada una en general destinada se hace
10 referencia en todas las capas presentes respectivamente de matriz polimérica y de tela, puede variar entre 1.1 y 2.4.

La cantidad de óxido de hierro (III) en la forma de un micro-polvo y la cantidad de microesferas de vidrio huecas están compuestas, por ejemplo, entre 1 y 5% y respectivamente
15 entre 1 y 6% en peso con respecto al peso total de la capa en donde se incorporan, es decir, para 100 g de silicona de la capa exterior o de la capa intermedia, se utilizan por ejemplo, 1 a 5 g de óxido de hierro (III), mientras que para 100 g de silicona en la capa intermedia, se utilizan de 1 a 6
20 g de microesferas de vidrio huecas. En esta invención, por "micro-polvo" de óxido de hierro (III), polvo de Fe_2O_3 significa en donde las partículas de óxido preferiblemente tienen un tamaño de diámetro promedio más pequeño que 5 μm . Las microesferas de vidrio huecas añadidas a la capa

intermedia de caucho de silicona típicamente tienen un diámetro menor que 150 μm .

De acuerdo con una modalidad preferida de la invención, correspondiente a un espesor óptimo del material mientras se
5 mantienen todas las características de resistencia aquí descritas, la cantidad de caucho de silicona utilizado puede variar en el rango entre 24 y 26% en peso, con mayor preferencia es de aproximadamente 25% en peso, mientras que el espesor de la capa de tela de las fibras retardantes a la
10 llama es 0.22 ± 0.01 mm y el espesor de la capa de tela de fibras aramídicas es 0.07 ± 0.01 mm.

De acuerdo con una modalidad particular, para 100 g de caucho de silicona en la capa exterior, se utilizaron 5 g de óxido de hierro (III), mientras que para 100 g de caucho de
15 silicona de la capa intermedia, se utilizaron 5 g de óxido de hierro (III) y 6 g de microesferas de vidrio huecas.

En la presente invención, a menos que se especifique de otra manera, los porcentajes de un componente en un material compuesto indican porcentajes en peso con respecto al peso
20 total del material en sí mismo.

De acuerdo con una modalidad particularmente preferida de la presente invención, el material multi-capas de esta invención de preferencia tiene un espesor comprendido entre 0.60 y 0.75 mm, estos valores permiten que el material ejerza

una protección óptima contra el arco eléctrico manteniendo al mismo tiempo la mejor flexibilidad y manejabilidad. A dichos valores del espesor, el presente material puede ser clasificado entre 00 y 0 de acuerdo con los parámetros de la clasificación ASTM en la Tabla 1 anterior, pero posee una capacidad de protección comparable con aquella de los guantes aislantes acoplados con guantes de piel con un espesor entre 1.8 y 2.3.

Con referencia a la figura 1 aquí anexa, se representa de manera esquemática una modalidad de la estructura multicapa del presente material, en donde A indica el sustrato de tela de fibras de para-arámida, B indica la capa de tela retardante a la llama, mientras que C1 y C2 respectivamente indican la capa intermedia de caucho de silicona que comprende microesferas de vidrio y micro-polvo de óxido de hierro (III), y la capa exterior de caucho de silicona y micro-polvos de óxido de hierro (III).

En la presente invención, por caucho de silicona se pretende indicar un caucho de silicona de un solo componente, cuyo proceso de curado inicia a temperatura ambiente sin la necesidad de un agente de curado. Se prefieren los cauchos de silicona que son de auto-nivelación y que tienen buenas propiedades mecánicas una vez endurecidos, por ejemplo, un caucho de silicona con una viscosidad de aproximadamente

350,000 mPa s conocido con el nombre comercial de Elastosil®.

Las dos capas de tela A y B típicamente son telas biaxiales, es decir, cada una consiste de dos capas paralelas de fibras tejidas.

5 Tal como se describió en detalle en la siguiente parte experimental, los inventores han encontrado que este material multi-capas tiene buenas características mecánicas en términos de resistencia a la abrasión, rompimiento, perforaciones y cortaduras, y al mismo tiempo tiene una resistencia térmica
10 igualmente buena en términos de transmisión de calor por contacto, convección y radiación, y en términos de resistencia a la llovizna de metal fundido.

Además, tal como se describe en detalle en lo sucesivo, el presente material es clasificable como un material de
15 clase 2 de acuerdo con el criterio de clasificación de Stoll de los desempeños térmicos de los materiales hacia el arco eléctrico. Además, el mismo material resultó ser resistente contra el arco eléctrico en un ambiente abierto con un índice ATPV (Valor de Rendimiento Térmico del Arco)
20 experimentalmente determinado, como se describió en detalle en lo sucesivo, dentro de los valores reconocidos por las disposiciones legales para garantizar la protección contra el arco eléctrico. El presente material entonces es adecuado para el uso en la fabricación de equipo de protección

personal contra el arco eléctrico.

Gracias a su espesor reducido y a la flexibilidad mostrada, este material ha resultado ser particularmente adecuado para la fabricación de guantes y de cualesquiera
5 otros artículos o dispositivos de protección, los cuales requieren flexibilidad del material y manejabilidad del usuario.

Artículos y dispositivos de protección, en particular guantes, son fabricados con el presente material multi-capa
10 de manera que la capa de caucho de silicona mira hacia fuera, mientras que el substrato de tela de fibras de para-arámida constituye la capa interior. De acuerdo con una modalidad preferida del material de la invención, particularmente conveniente para la fabricación de dispositivos de protección
15 destinados a estar en contacto con la piel de un usuario, el material arriba definido además comprende al menos una capa polimérica adicional sobre el substrato de tela de fibras de para-arámida, para incrementar adicionalmente la comodidad y suavidad de la capa más interior en contacto con la piel.

20 De manera más general, se pretende que el material multi-capa de la invención, gracias a su grosor reducido, también se pueda utilizar para recubrir superficies, equipo y dispositivos de protección hechos de otros materiales sin protección contra el arco eléctrico, para proporcionarles

este tipo de protección.

Además del material multi-capa y los dispositivos de protección hechos con éste, antes descritos, el tema de esta invención es también un proceso para la preparación del material multi-capa, particularmente conveniente debido a que es simple de llevar a cabo y utiliza materiales de partida que son fáciles de encontrar en el mercado a bajo costo. El presente proceso para la preparación del material multi-capa de la invención comprende los siguientes pasos:

10 i) preparar una solución de un caucho de silicona de un solo componente, curable a temperatura ambiente, en un solvente orgánico del mismo, agregar micro-polvo de óxido de hierro (III), transferir una primera mitad de la así obtenida solución en un contenedor abierto que tenga una anchura y
15 longitud igual a aquellas del material muestra que se va a preparar;

 ii) colocar en el contenedor del paso i) anterior, una tela de fibras retardantes a la llama para cubrir dicha primera mitad de la solución;

20 iii) agregar a una segunda mitad de la solución obtenida en el paso i) anterior, microesferas de vidrio huecas, seguido por el mezclado y transferencia de la así obtenida mezcla en dicha tela retardante de llama del paso ii);

 iv) evaporar parcialmente dicho solvente orgánico de

dicho contenedor mediante secado con aire;

v) colocar una tela de fibras de para-arámida para cubrir las capas subyacentes, y completar la evaporación del solvente.

5 El proceso para la preparación del presente material multicapa se ilustra esquemáticamente en la Figura 2 anexa también, en donde A, B y C indican respectivamente la tela de fibras de para-arámida, la tela retardante de llama y la solución de caucho de silicona, mientras que C1 y C2 indican
10 respectivamente la capa intermedia de caucho de silicona que comprende microesferas de vidrio huecas y micro-polvo de óxido de hierro y la capa más exterior de caucho de silicona comprendiendo el micro-polvo de óxido de hierro.

La preparación de la solución en el paso i) es llevada a
15 cabo agitando bien la solución después de haber agregado el micro-polvo de óxido de hierro (III), por ejemplo mediante un sonicador ultrasónico, con agitación hasta que lograr la dispersión completa del micro-polvo. La así obtenida solución toma una coloración en rojo del color de óxido férrico, y
20 después se divide en dos partes. En el paso iii) del presente proceso, a una mitad de la solución se le agregan las microesferas de vidrio huecas, cuya dispersión en el caucho de silicona puede ser auxiliado por simple agitación mecánica.

Tanto la tela de fibras de para-arámida como la tela de fibras de poliéster retardante de llama, la cual es la tela retardante de llama preferiblemente utilizada en esta invención, son productos muy disponibles en el mercado. Al
5 igual que las telas antes mencionadas, también los cauchos de silicona son productos fácilmente disponibles en el mercado, a bajos costos. Los inventores también han observado que las telas en cuestión tienen una excelente compatibilidad con los cauchos de silicona, en donde por "compatibilidad" se quiere
10 decir una buena habilidad de la tela para ser impregnada con el elastómero, obteniéndose buena adhesión y estabilidad de la multi-capa. Por lo tanto, con el simple proceso antes descrito fue posible preparar un material multi-capa estable, bastante compacto sin la adición de adhesivos o agentes
15 reticuladores.

Los siguientes ejemplos experimentales son proporcionados como una ilustración no limitativa de la presente invención.

EJEMPLO 1

20 Producción del material multi-capa de la presente invención

Se disolvieron 130 g de caucho de silicona Elastosil® E43 (Wacker Chemie AG, viscosidad 350,000 mPa.s) en 400 ml de heptano. A esta solución polimérica que tiene un volumen final de 530 mL se agregaron 6.5 mg de óxido de hierro (III)

en polvo (granulometría inferior a 5 μm y pureza $\geq 99\%$, comercializado por Sigma Aldrich); la solución final así obtenida fue de un color rojo intenso y tiene una viscosidad final de 7.28 $\mu\text{Pa.s}$. La mitad de la solución obtenida fue transferida en un contenedor adecuado para la preparación de la multi-capa que tiene el tamaño deseado, es decir en el presente caso en un contenedor de un tamaño 40x60 cm. En esta solución se colocó un substrato de tela de poliéster retardante de llama con un tamaño de 35x55 cm, que tiene un peso específico inferior a 135 $\text{g/m}^2 \pm 5\%$ (comercializado por Cometex S.r.l.).

A la mitad del volumen remanente de la solución orgánica de caucho de silicona se añadieron 7.8 mg de microesferas de vidrio con un diámetro de 75 $\mu\text{m} < d < 150 \mu\text{m}$ E-SPHERES® (fabricado por Omega Minerals Germany GmbH), después se colocó bajo agitación mecánica. La mezcla así obtenida fue transferida en la tela de poliéster retardante de llama y se dejó reposar en el aire durante 30 minutos obteniendo así una evaporación parcial del solvente orgánico, y el inicio de la reticulación del elastómero. Solo en este punto se colocó encima un substrato de tela of fibras de para-arámida, con un peso específico inferior a 60 $\text{g/m}^2 \pm 5\%$ (comercializado por G. Angeloni S.r.l.), del mismo tamaño que del previo. La evaporación de solvente fue llevada a su fin en el aire, a

fin de completar el curado de elastómero.

Se obtuvo entonces una muestra de material multicapa de tamaño 35x55 cm y espesor de 0.64 ± 0.04 mm. Este material final, que fue además flexible y cómodo al tacto, consistió de 49% de caucho de silicona, 40% of fibras de para-arámida y poliéster, 6% de esferas de vidrio y 5% de micro-polvo de óxido de hierro.

EJEMPLO 2

Prueba experimental en el material multi-capa de la invención

La muestra del material preparado como se describió antes en el Ejemplo 1 se probó en diversos experimentos para diferenciar sus características que son relevantes para la protección contra los riesgos eléctricos, térmicos y mecánicos, como se describe en lo sucesivo. Además, se llevó a cabo un análisis termogravimétrico en este material, en paralelo con una muestra del mismo material libre de microesferas de vidrio, con el objetivo de evaluar la estabilidad térmica y más en general el comportamiento a diferentes temperaturas con respecto, por ejemplo, a la resistencia a la degradación. Tal como se puede observar en la figura 3, se observó una degradación inferior del material de la invención (línea continua) a altas temperaturas (aproximadamente a temperaturas superiores a 500°C), con respecto al material de referencia sin microesferas de vidrio

(línea punteada).

Valoración de la resistencia al fuego

La muestra del material obtenido en el Ejemplo 1 ha mostrado
5 un tiempo de llama más corto que 15 segundos en la siguiente
prueba de laboratorio.

Dos varillas con cuatro conectores de cocodrilo de
aluminio fueron colocadas en una bancada de soporte de
laboratorio, a la cual se fijó la muestra del material bajo
10 análisis en sus cuatro esquinas, manteniéndolo tenso.
Posteriormente una flama de quemador Bunsen con gas propano
fue acercada al centro de la superficie de muestra, dejando
la flama quieta en su lugar durante 10 segundos y después
cronometrando con un instrumento cronométrico el tiempo de
15 inflamabilidad de la muestra.

Prueba de certificación del material

El material de la invención preparado como se describió antes
en el Ejemplo 1 fue probado en diversas pruebas para la
20 certificación de conformidad del material a las clases de
resistencia térmica y mecánica de acuerdo con las
disposiciones legales actuales, en un laboratorio acreditado
para llevar a cabo dichas pruebas en el Centro Tessile
Cotoniero e Abbigliamento SpA, Busto Arsizio (VA), Italia.

En particular, por medio de un equipo Instron para la prueba universal de resistencia mecánica, la resistencia del material fue probada en diversas pruebas de resistencia hacia los diferentes tipos de riesgo mecánico indicados en la siguiente tabla 2, junto con sus resultados respectivos y con los niveles de rendimiento indicados por la disposición legal EN 388 para ese resultado.

TABLA 2

10	Tipo de resistencia mecánica probada	Datos detectados de resistencia	Nivel de rendimiento del material de la invención de acuerdo con EN388
	Resistencia a la abrasión (ciclos)	2000 ciclos	3
15	Resistencia al corte con cuchilla (índice)	Índice promedio: 1.5	1
	Resistencia al desgarre (Newton)	>75 N	5
	Resistencia a la perforación (Newton)	71 N	2
20	Resistencia a la tracción (Newton)	2100 N	2

La resistencia a la abrasión fue medida como ciclos requeridos para raspar completamente la superficie de la muestra de material, siguiendo el método de prueba EN388:2004

Par 6.1. El equipo de prueba fue Martindale, el tamaño de los tubos era 38 cm de diámetro, la presión aplicada fue de 9 kPa, el agente de abrasión fue Klingspor PL31B gritt 180. El final de la prueba coincidió con el primer agujero. La
5 resistencia al corte con cuchilla fue indicado por un índice calculado con base en el número de pasadas de una cuchilla a velocidad constante sobre la superficie del material, necesarias para cortar el material.

El método de prueba aplicado fue aquel reportado en la
10 disposición legal UNI EN 388:2004 Par 6.2 proporcionando un acondicionamiento de las muestras para 24 horas a 23°C con 50% de U.R. La resistencia al desgarre indica la fuerza requerida al desgarre del material, y se midió mediante la aplicación del método de prueba UNI EN388:2004 Par 6.3
15 utilizando como un equipo un dinamómetro y acondicionado las muestras durante 24 horas a 20°C con 50% de U.R. La velocidad de la tracción aplicada en la prueba fue de 100 mm/min, el tamaño de las muestras fue de 100x50 mm, la distancia entre las pinzas de 50 mm.

20 La resistencia a la perforación indica, de acuerdo con las pruebas llevadas a cabo, la fuerza necesaria para perforar la muestra de material con una punta de acero de 1 mm de diámetro. La disposición que se siguió fue la UNI EN 388:2004 par 6.4. El equipo utilizado fue un dinamómetro y la

velocidad de la prueba fue 100mm/min. Las muestras tuvieron una forma circular con un diámetro de 40 mm y el acondicionamiento se llevó a cabo durante 24 horas a 23°C con 50% de U.R.

5 La resistencia a la tracción es indicada a la máxima fuerza de tracción aplicada a la muestra de material provocando la ruptura, y la prueba se lleva a cabo siguiendo la disposición UNI EN ISO 13934-1:2013 utilizando un dinamómetro y acondicionando las muestras de tamaño 200x50 mm
10 durante 24 horas a 20°C con 65% de U.R. La velocidad de la prueba fue 100 mm/min sin pretensión aplicada.

 El material de la invención preparado de acuerdo con lo que se divulga en el Ejemplo 1 fue entonces probado en pruebas de resistencia a diferentes tipos de riesgo térmico
15 indicados en la siguiente Tabla 3, junto con los resultados respectivos y los niveles de rendimiento proporcionados por la disposición legal EN 407 para ese resultado determinado.

Tabla 3

	Tipo de resistencia térmica probada	Datos detectados de resistencia	Nivel de rendimiento del material de la invención de acuerdo con EN 407
5	Resistencia a la propagación de llama limitada (segundos)	< 2 segundos	4
	Resistencia al calor por contacto (segundos)	21 segundos	1
10	Resistencia al calor por convección (segundos)	>10 segundos	3 (B2)
	Resistencia al calor radiante (segundos)	>17 segundos	1 (C1)
15	Resistencia a pequeñas lloviznas de metal fundido (número de gotas)	Número de gotas >25	3

La propagación de la llama limitada se lleva a cabo siguiendo el método UNI EN ISO 15025:2003 Met. A. Una llama definida, que proviene de un quemador es aplicada durante 10 segundos a la superficie o al borde inferior de las muestras, verticalmente orientadas. Se registra la información sobre la dispersión de la llama y sobre la incandescencia residual, así como la información sobre la formación de desechos,

quemado de desechos o de un agujero. Se registra el tiempo de persistencia de la llama y el tiempo de incandescencia residual. Las muestras del tamaño 200x160 mm son acondicionadas durante 24 horas a 20°C y con 65% de U.R.

5 La determinación de la transmisión de calor por contacto es llevada a cabo de acuerdo con el método UNI EN 702: 1996 el cual involucra el uso de un calorímetro y de un cilindro de calentamiento con formas circulares de 80 mm de diámetro acondicionado durante 24 horas a 20°C y 15% de U.R. El
10 cilindro de calentamiento es calentado hasta la temperatura de contacto (250°C) y el espécimen es colocado en el calorímetro. El cilindro de calentamiento es bajado sobre el espécimen por el calorímetro a una velocidad constante (5 mm/min). El límite de tiempo es determinado al controlar la
15 temperatura del calorímetro.

 La transmisión de calor por convección fue determinada de acuerdo con la regulación UNI EN 367:1993. Un espécimen horizontalmente orientado fue sometido a flujo térmico de 80 kW/m² emitidos desde una llama de un quemador de gas
20 conectado ahí debajo. El calor fue medido por un calorímetro colocado sobre el espécimen. El Índice de Transferencia de Calor HTI fue calculado con base en el tiempo en s para obtener un incremento en la temperatura de 12 o 24°C del calorímetro. El gas utilizado para la prueba fue butano. El

tamaño del espécimen fue 14 x 14 cm y fue acondicionado durante 24 horas a 20°C con U.R. de 65%.

La transmisión del calor radiante fue determinada de acuerdo con la disposición UNIEN ISO 6942:2004 Met. B. Un
5 espécimen unido a un armazón fue expuesto a una fuente de calor radiante (barras de carburo de silicio eléctricamente calentadas). El índice de Transferencia de Calor RHTI fue calculado con base en el tiempo en s para obtener un incremento de temperatura de 12 y 24°C del calorímetro. Las
10 dimensiones del espécimen son 23 x 8 cm y son acondicionadas durante 24 horas a 20°C con U.R. 65%.

La resistencia al contacto con pequeñas lloviznas de metal fundido fue determinada siguiendo la disposición UNI EN 348 -1993. Mediante la proyección de gotas sobre la
15 superficie de un espécimen colocado verticalmente se midió el número de gotas necesarias para provocar un incremento de temperatura de 40 K en el calorímetro colocado detrás del material. El tamaño del espécimen fue de 120 x 20 acondicionado durante 24 horas a 20°C con un U.R. de 65%.

20

Valoración de las propiedades de aislamiento eléctrico y de la resistencia al alto voltaje

Se realizaron pruebas de laboratorio para valorar la capacidad del aislamiento eléctrico del material obtenido en

el Ejemplo 1, de la siguiente forma.

Para probar el aislamiento eléctrico se dejó pasar una corriente con un probador para pequeñas distancias (1 cm) sin medir un paso de corriente.

5 Para resistencia al alto voltaje, un capacitor que consiste de dos placas de cobre fue colocado en series con un generador de alto voltaje (voltaje máximo hasta de 30 KVolt). Entre las placas de este capacitor se colocó la muestra del material de la invención: para voltajes de aproximadamente 20
10 KVolt no se observó un cambio o ruptura del material dieléctrico, incluso para los tiempos de trabajo de aproximadamente 2 horas.

En estas pruebas no se detectó corriente, para indicar la habilidad del aislamiento eléctrico del material.

15 Para el mismo material, los inventores también han estudiado, siempre a una escala de laboratorio, las propiedades de la resistencia a los altos voltajes como una función de tiempo, monitoreando la muestra de material después de la aplicación de un voltaje de aproximadamente 20
20 kV en corriente directa. Estos experimentos mostraron que el material era estable cuando se sometía a estas condiciones críticas durante al menos 2 horas; no se observó un signo visible de degradación de la muestra, la cual también mantuvo sus propiedades mecánicas intrínsecas.

Valoración de la resistencia contra el arco eléctrico

El material de la invención, preparado como se describió en el Ejemplo 1, fue entonces probado contra el arco eléctrico en los siguientes dos experimentos.

5 La primera prueba fue llevada a cabo en el laboratorio de certificación de la compañía ArcWear, en Louisville, Estados Unidos, de acuerdo con el procedimiento estándar descrito en el trabajo en tiempo real - Vestimenta protectora Contra el Peligro Térmico de un Arco Eléctrico en IEC 61482-
10 1-1:2009. En tres paneles, radialmente acomodados, equidistantes de un electrodo colocado en el centro, se fijaron tantas muestras del material bajo examinación. Cada panel fue conectado a un generador de descarga de alta energía. Los valores obtenidos de las pruebas han mostrado la
15 ausencia de destello del material hasta 51 cal/cm² ATPV.

La segunda prueba fue llevada a cabo en los laboratorios de certificación de la compañía Centro Tessile Cotoniero e Abbigliamento SpA, Busto Arsizio (VA), Italia, y se enfocó en determinar la clase de protección contra arco eléctrico del
20 material, utilizando el método de prueba del arco forzado y directo en la cámara de prueba (de acuerdo con la disposición CEI-EN 61482-1-2:2008 par 5.4.1). El material resultó adaptarse a la clase II / 7KA de acuerdo con la disposición del producto IEC 61482-2:2009.

EJEMPLO 3Fabricación de un guante de protección con el material multi-capas de la invención

Se fabricó un guante de protección en las instalaciones de la
5 compañía Molinari Guanti S.r.l. en Modena, Italia, con el
material preparado como se describió en el Ejemplo 1. Después
que el guante fue fabricado cosiendo piezas cortadas
apropiadamente del material, las costuras fueron aisladas
aplicando la solución polimérica con óxido de hierro (III)
10 sobre las costuras y dejando la pieza en descanso para
curación.

De esta manera, el guante ha sido impermeabilizado para
que no entre agua, conforme a lo requerido por las pruebas de
certificación de resistencia dieléctrica a las cuales son
15 sometidos los guantes protectores cuando están destinados
para uso bajo tensión eléctrica. De esta manera, el guante
producido fue también mecánicamente resistente, térmicamente
resistente y resistente contra el arco eléctrico en la misma
extensión que el material mismo, debido a que fue fabricado
20 con el material y las costuras fueron tratadas con la misma
solución de polímero con óxido de hierro (III).

La presente invención se ha descrito aquí con referencia
a una modalidad preferida de la misma. Puede haber otras
modalidades, todas pertenecientes al mismo núcleo inventivo,

conforme a lo definido por el alcance de protección de las reivindicaciones enlistadas en lo sucesivo.