

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 585**

51 Int. Cl.:

B64D 45/02 (2006.01)

F16B 4/00 (2006.01)

F16B 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2010 E 10712858 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2414236**

54 Título: **Dispositivos de fijación con manguitos conformables**

30 Prioridad:

03.04.2009 US 166618 P

03.04.2009 US 166664 P

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

24.04.2015

73 Titular/es:

**ALCOA INC. (100.0%)
Alcoa Corporate Center, 201 Isabella Street
Pittsburgh, PA 15212-5858, US**

72 Inventor/es:

**HAYLOCK, LUKE;
MULAZIMOGLU, HASIM y
ZENG, LIANG**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 534 585 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

Dispositivos de fijación con manguitos conformables

Campo técnico

La presente invención se refiere a dispositivos de fijación por interferencia y a procedimientos para instalarlos.

5 **Antecedentes**

10 El documento EP 1 903 221 A2 se refiere a un dispositivo de fijación adaptado para pasar a través de agujeros alineados a través de piezas de trabajo. Los dispositivos de fijación convencionales incluyen un elemento de clavija que tiene una porción de transición en el que el diámetro de la porción de transición disminuye radialmente cuando se extiende desde la porción de fuste cilíndrica lisa a la porción roscada. El dispositivo de fijación también puede comprender un elemento de manguito y un medio de sujeción. El medio de sujeción incluye un collar, una tuerca o cualquier otro medio de sujeción posible.

15 El documento US 3 953 906 A se refiere a un montaje de dispositivo de fijación que se usa para asegurar una pluralidad de placas u otros elementos estructurales, conjuntamente en un ajuste por interferencia entre el dispositivo de fijación y las placas para impartir una tensión circunferencial residual dentro de los elementos estructurales y alrededor del agujero a través del que se extiende el dispositivo de fijación para evitar fallos por fatiga en los elementos estructurales en la vecindad del agujero. El montaje de dispositivo de fijación convencional comprende la combinación de un manguito acampanado de material relativamente blando y un mandril cónico de material relativamente duro. El mandril se lleva en primer lugar al interior del manguito en la fábrica en un ajuste por interferencia preliminar con el manguito, y el manguito, después, se rectifica a las tolerancias finales, de modo que cada mandril y manguito se convierten en un par combinado. Cuando se inserta en el agujero de los elementos estructurales a los que, de esta manera, se une, el mandril se lleva después adicionalmente al interior del manguito, lo que causa que el manguito se expanda radialmente hacia afuera para adoptar un diámetro final superior al diámetro original del agujero.

25 El documento EP 0 468 563 A1 se refiere a un procedimiento de instalación de un ojal dentro de una abertura en una pared de material compuesto. Se forma una abertura en una pared de material compuesto. Se forma un avellanado en un extremo de la abertura. Se dispone un ojal en la abertura. Se dispone un manguito divisor en la porción de diámetro pequeño de un mandril que está unido a un extractor a motor. El mandril con el manguito divisor se dispone a través de la abertura y un ojal. El extractor a motor se opera después para extraer el mandril de nuevo a través de la abertura y el ojal, de este modo, expande el manguito divisor que a su vez proporciona la expansión radial del ojal. Después de haber extraído el mandril todo el recorrido a través del manguito divisor, tanto este como el manguito divisor se retiran del ojal.

35 El documento US 4 048 898 A se refiere a un dispositivo de fijación que comprende un manguito, un eje con cabeza y una rosca. El eje y manguito como un subsistema se inserta en un agujero en un apilado de láminas, la tuerca se aplica al eje y el eje se extrae por la fuerza dentro del pasaje para expandir el manguito lateralmente en un ajuste anclado con la pared del agujero.

En determinadas aplicaciones, los dispositivos de fijación por interferencia están en contacto íntimo con una estructura en la que están dispuestos. En algunas aplicaciones es deseable tener la presencia de un número mínimo de espacios o huecos de tamaño pequeño, o la ausencia de espacios y huecos en conjunto, entre los dispositivos de fijación y la estructura.

40 Por ejemplo, numerosos dispositivos de fijación por interferencia y manguitos adjuntos se usan en una aeronave sencilla. En el caso de un impacto por rayo en la aeronave, si un dispositivo de fijación/manguito no está en contacto íntimo con una pared lateral de un agujero en la estructura en la que el dispositivo de fijación/manguito está insertado, la energía térmica instantánea causada por el rayo ioniza el aire en los huecos entre el dispositivo de fijación/manguito y la pared lateral y crea un plasma de arco que estalla en forma de chispa. Esta es una situación muy peligrosa para una aeronave, especialmente si el chispeo tiene lugar cerca de un tanque de combustible.

45 Con particular preferencia a componentes estructurales de aeronaves fabricados a partir de materiales compuestos, tales como plásticos reforzados con fibras de carbono, estos huecos pueden crearse durante un proceso de perforación de agujeros para dispositivos de fijación en el material compuesto. Las fibras de carbono individuales se fracturan en ángulos irregulares y forman huecos microscópicos entre un dispositivo de fijación/manguito y el agujero. Al desgastarse la herramienta de corte con el tiempo, existe un aumento de formación de irregularidades en la superficie de la estructura, lo que provoca un aumento en la cantidad de fibras o resina sin cortar y delaminación, también conocida como microtextura inducida mecánicamente.

55 Cuando el rayo impacta con la superficie de la estructura de material compuesto, la densidad de corriente tiende a ser superior alrededor de los dispositivos de fijación metálicos, que se usan comúnmente para unir los diversos elementos de la estructura. Estas corrientes pueden crear fuentes de ignición perjudiciales uniéndose a un dispositivo de fijación y fluyendo a través del dispositivo de fijación a algún punto dentro de la estructura, que tenga

disposición a la formación de arco eléctrico. Para evitar esta situación, la corriente debe disiparse a través de las fibras de carbono perpendicularmente al agujero del dispositivo de fijación. Como se ha descrito anteriormente, si el dispositivo de fijación no está en contacto íntimo con paredes laterales del agujero, la energía térmica instantánea ioniza el aire en los huecos y crea un plasma de arco que estalla en forma de chispa.

- 5 Adicionalmente, se usan recubrimientos eléctricamente conductores para una diversidad de aplicaciones, tales como disipación de carga y protección contra interferencia de radiofrecuencia (EMI/RFI). La cantidad de conductividad de corriente continua requerida depende de la aplicación específica. La carga eléctrica acumulada por sustratos dieléctricos tales como estructuras de fibra de vidrio en contacto de fricción con otros materiales puede tener como consecuencia voltajes estáticos muy elevados que pueden provocar la descarga peligrosa de chispas. La cantidad de resistividad de superficie requerida para descargar eficazmente esta carga y evitar la formación de chispas es habitualmente bastante reducida, 10^6 a $10^9 \Omega/\text{cm}^2$.

Sumario de la invención

- 15 En algunas realizaciones, un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto comprende: a.) un manguito conformable que tiene una cabeza en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto y en el que el manguito conformable está compuesto por al menos un primer material que tiene una dureza de X; b.) un elemento de clavija, teniendo el elemento de clavija al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre los mismos, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y en el que el elemento de clavija está compuesto por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y; c.) en el que X es suficientemente inferior a Y de modo que, en una posición instalada, al menos una porción del, al menos un, primer material del manguito conformable se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura de material compuesto y el manguito conformable, y d.) en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable está adaptado para expandirse radialmente a lo largo de la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material compuesto para proporcionar la posición instalada.

- 30 En algunas realizaciones, un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto comprende: a.) un manguito conformable que tiene una cabeza en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular está compuesta por una capa de base interior y una capa de recubrimiento exterior, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto, en el que la capa de base interior está compuesta por al menos un primer material que tiene una dureza de X y en el que la capa de recubrimiento exterior está compuesta por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y; b.) un elemento de clavija, teniendo el elemento de clavija al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre los mismos, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y en el que el elemento de clavija está compuesto por al menos un tercer material que tiene una dureza de Z, c.) en el que Y es suficientemente inferior a X y Z es igual o superior a X, de modo que, en una posición instalada, al menos una porción de la capa de recubrimiento exterior de la porción tubular se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura de material compuesto y el manguito conformable, y d.) en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable está adaptado para expandirse radialmente a lo largo de la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material compuesto para proporcionar la posición instalada.

- 50 En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, la capa exterior del manguito conformable es un recubrimiento sólido fijado.

En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, el recubrimiento sólido fijado de forma permanente está compuesto por al menos uno de i) al menos un material orgánico y al menos un material de carga conductor y ii) un material metálico.

- 55 En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, el material metálico tiene al menos uno de Ag, Al, Au y Ni.

En otra realización, el dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención tiene una dureza de X que es inferior a 100 HRB en la escala Rockwell B.

En otra realización del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, una superficie

interior del agujero tiene un sellante cuando el dispositivo de fijación está en la posición instalada.

En otra realización del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, en la posición instalada, al menos un primer material del manguito conformable elimina un exceso del sellante atrapado en la superficie interior del agujero.

- 5 En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, en la posición instalada, el manguito conformable se diseña de forma suficiente para evitar un chispeo en la interfaz.

10 En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, para facilitar un movimiento del elemento de clavija a través del manguito conformable, el dispositivo de fijación tiene un lubricante en al menos uno de: i) una superficie interior de la porción tubular ii) la porción de fuste del elemento de clavija.

En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, un lubricante está compuesto por un material de película sólido conductor. En algunas realizaciones del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, el material de película sólido conductor comprende nanotubos de carbono a una concentración entre el 0,05 y el 30 por ciento de su peso.

- 15 En algunas realizaciones adicionales del dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la presente invención, el lubricante está diseñado de forma suficiente para realizar al menos uno de: i) disolver una particular extraña; ii) transportar una particular extraña y iii) distribuir calor.

Breve descripción de las figuras

20 La Fig. 1 muestra un contacto entre un manguito de un dispositivo de fijación convencional y una estructura de material compuesto.

La Fig. 2 muestra una vista a escala ampliada de una pared lateral mostrada en la Fig. 1.

La Fig. 3 muestra un contacto entre un manguito de un dispositivo de fijación convencional y una estructura de material compuesto.

La Fig. 4 muestra una vista a escala ampliada de una pared lateral mostrada en la Fig. 3.

- 25 La Fig. 5 muestra una vista a escala ampliada de un agujero típico en una estructura de material compuesto.

La Fig. 6 muestra una vista a escala ampliada de una porción de una realización de un manguito de un dispositivo de fijación instalado fabricado según la invención.

La Fig. 7 muestra una vista a escala ampliada de una porción de una realización de un manguito de un dispositivo de fijación instalado fabricado según la invención.

- 30 La Fig. 8 muestra una vista a escala ampliada de una porción de una realización de un manguito de un dispositivo de fijación instalado fabricado según la invención.

Las Fig. 9 -13 muestran algunas realizaciones de la invención.

La Fig. 14 muestra un ejemplo de antes y después de un caso de formación de chispas típico sin usar la invención.

- 35 La Fig. 15 muestra un ejemplo de antes y después de un caso de formación de chispas típico cuando se usa una realización de la invención.

La Fig. 16 muestra una vista a escala ampliada de una porción de una realización de un manguito de un dispositivo de fijación instalado fabricado según la invención.

- 40 La Fig. 17 muestra ejemplos de antes y después de casos de formación de chispas sin usar la invención y cuando se usa una realización de la invención.

La Fig. 18 muestra un ejemplo de una superficie de un agujero después de un caso de formación de chispas típico.

La Fig. 19 muestra un ejemplo de una superficie de un agujero después de un caso de formación de chispas típico cuando se usa una realización de la invención.

- 45 La Fig. 20 muestra ejemplos de casos de formación de chispas cuando se usan realizaciones de la invención.

La Fig. 21 muestra una vista a escala ampliada de un manguito de un dispositivo de fijación convencional después de un ensayo de impacto por rayo, sin usar la invención.

La Fig. 22 muestra una vista a escala ampliada de una porción de un dispositivo de fijación convencional instalado.

Las Fig. 23 -26 muestran gráficos con respecto a algunas realizaciones de la invención.

La Fig. 27 muestra vistas a escala ampliada de algunas realizaciones de la invención.

5 La Fig. 28 muestra vistas a escala ampliada de algunas realizaciones adicionales de la invención.

La Fig. 29 muestra un gráfico con respecto a algunas realizaciones de la invención.

Entre estos beneficios y mejoras que se han divulgado, serán evidentes otros objetos y ventajas de la presente invención a partir de la descripción siguiente, tomada en conjunto con las figuras adjuntas. Las figuras constituyen una parte de la presente memoria descriptiva e incluyen realizaciones ilustrativas de la presente invención e ilustran diversos objetos y características de la misma.

Descripción detallada

En el presente documento se divulgan realizaciones detalladas de la presente invención; no obstante, debe entenderse que las realizaciones divulgadas son meramente ilustrativas de la invención, que puede realizarse de diversas formas. Además, cada uno de los ejemplos, que se proporcionan en relación con las diversas realizaciones de la invención, se pretende que sea ilustrativo y no restrictivo. Además, las figuras no están necesariamente a escala, algunas características pueden estar exageradas para mostrar detalles de componentes particulares. Además, cualquier medición, especificación y similar mostrada en las figuras se pretende que sea ilustrativa y no restrictiva. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento no deben interpretarse como limitantes, sino meramente como una base representativa para ilustrar a un experto en la técnica en el uso de formas diversas la presente invención.

Una realización de la presente invención es un dispositivo de fijación con manguito que incluye una clavija de núcleo y un manguito conformable. El manguito está diseñado para ajustarse a la microtextura inducida mecánicamente inherente en agujeros del dispositivo de fijación perforados en el material, por ejemplo un material compuesto. Esto permite que el manguito excave un sellante atrapado en exceso durante la instalación del dispositivo de fijación, a la vez que se pone en contacto íntimo el manguito con la estructura.

El manguito conformable puede obtenerse mediante una diversidad de formas, siendo algunas más adecuadas para estructuras particulares.

En algunas realizaciones, un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto comprende: a.) un manguito conformable que tiene una cabeza en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto y en el que el manguito conformable está compuesto por al menos un primer material que tiene una dureza de X; b.) un elemento de clavija, teniendo el elemento de clavija al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre los mismos, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y en el que el elemento de clavija está compuesto por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y; c.) en el que X es suficientemente inferior a Y de modo que, en una posición instalada, al menos una porción del, al menos un, primer material del manguito conformable se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura de material compuesto y el manguito conformable, y d.) en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable está adaptado para expandirse radialmente a lo largo de la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material compuesto para proporcionar la posición instalada.

En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que es aproximadamente, o inferior a, 100 HRB en la escala Rockwell B (o 25 HRC en la escala Rockwell C). En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que es aproximadamente, o inferior a, 90 HRB en la escala Rockwell B (o 9 HRC en la escala Rockwell C). En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que está aproximadamente entre valores de 35 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que es aproximadamente, o inferior a, 80 HRB en la escala Rockwell B (o 0 HRC en la escala Rockwell C). En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que es aproximadamente, o inferior a 70 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que se encuentra aproximadamente entre valores de 35 y 80 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que se encuentra aproximadamente entre valores de 50 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición del material de manguito conformable tiene una dureza de X que

se encuentra aproximadamente entre valores de 60 y 100 HRB en la escala Rockwell B.

En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o superior a, 30 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o superior a, 40 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 25 y 60 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o superior a, 50 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 70 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 40 y 70 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 30 y 50 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser aproximadamente, o inferior a, 25 HRC en la escala Rockwell C (o 100 HRB en la escala Rockwell B) pero es aún suficientemente superior a la dureza de X de una composición del material de manguito conformable para conservar la capacidad de la clavija para forzar el manguito a expandirse y crear un ajuste por interferencia con un agujero durante una instalación.

En algunas realizaciones, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser RC345 en la escala Rockwell C o superior y una dureza de X de una composición del material de manguito conformable es aproximadamente 25 HRC en la escala Rockwell C o inferior.

En algunas realizaciones, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser superior a la dureza de X de una composición del material de manguito conformable en aproximadamente 5 HRC en la escala Rockwell C (o 5 HRB en la escala Rockwell B). En algunas realizaciones, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser superior a la dureza de X de una composición del material de manguito conformable en aproximadamente 10 HRC en la escala Rockwell C (o 10 HRB en la escala Rockwell B). En algunas realizaciones, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser superior a la dureza de X de una composición del material de manguito conformable en aproximadamente 20 HRC en la escala Rockwell C (o 20 HRB en la escala Rockwell B). En algunas realizaciones, una composición del material de clavija tiene una dureza de Y que puede ser superior a la dureza de X de una composición del material de manguito conformable en aproximadamente 1-40 HRC en la escala Rockwell C o en aproximadamente 1-40 HRB en la escala Rockwell B.

En una realización, el material del manguito conformable se deforma para rellenar huecos entre el manguito y la estructura cuando el manguito se ajusta a un contorno del agujero de la estructura. En realizaciones, el manguito conformable está hecho de diversas aleaciones de níquel o materiales que tienen características físicas similares. En realizaciones, el manguito conformable está hecho de aleación de acero inoxidable A286, que tiene una dureza de 85 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 20 % IACS (*International Annealed Copper Standard* (Estándar Internacional de Cobre Recocido)). En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 30 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 50 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 70 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 90 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición del manguito conformable tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 100 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido).

En una realización, una clavija de núcleo, que tiene un diámetro superior al diámetro interno del manguito conformable, se mueve a través del manguito conformable, lo que da como resultado la deformación del manguito y que el diámetro exterior del manguito se ajuste en los huecos pequeños que se crean durante la perforación del material compuesto. En una realización, la clavija puede estar hecha de aleación de Ti-6Al-4V o materiales que tienen características físicas similares.

En una aplicación que incluye un sellante que se aplica a una superficie interior de un agujero antes de la instalación, cuando el manguito conformable se deforma dentro de huecos, desplaza el sellante atrapado. Por lo tanto, el manguito conformable excava un sellante atrapado en exceso durante la instalación del dispositivo de fijación, a la vez que pone en contacto eléctrico íntimo el manguito con la estructura de material compuesto. Para fines de describir la presente invención, el término "sellante" identifica materiales viscosos cuyos valores de dureza son suficientemente inferiores a los valores de X del material del manguito, de modo que el material del manguito conformable es capaz de desplazar el sellante de huecos de la superficie del agujero durante la instalación del dispositivo de fijación. En algunas realizaciones, el sellante consiste en una composición no metálica.

En una realización, un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto comprende: a.) a) un manguito conformable que tiene una cabeza

5 en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular está compuesta por una capa de base interior y una capa de recubrimiento exterior, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto, en el que la capa de base interior está compuesta por al menos un primer material que tiene una dureza de X y en el que la capa de recubrimiento exterior está compuesta por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y; b.) un elemento de clavija, teniendo el elemento de clavija al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre las mismas, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y en el que el elemento de clavija está compuesto por al menos un tercer material que tiene una dureza de Z, c.) en el que Y es suficientemente inferior a X y Z es igual o superior a X, de modo que, en una posición instalada, al menos una porción de la capa de recubrimiento exterior de la porción tubular se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura de material compuesto y el manguito conformable, y d.) en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable está adaptado para expandirse radialmente a lo largo de la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material compuesto para proporcionar la posición instalada.

20 Un recubrimiento es un revestimiento que se aplica a un objeto, habitualmente con el objetivo de mejorar propiedades superficiales de un material de base, habitualmente denominado sustrato. Dichas propiedades superficiales pueden incluir, entre otras, apariencia, adhesión, humectabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y al rayado. Los recubrimientos pueden aplicarse como líquidos, gases o sólidos. En una realización de la presente invención, la capa de recubrimiento exterior permanece lo suficientemente unida a la capa de base interior del manguito durante la instalación del dispositivo de fijación conformable en un agujero de una pieza de trabajo, hecha, por ejemplo, de un material compuesto.

25 En la realización, la capa de base interior poseería propiedades de dureza altas y maleabilidad o propiedades de ductilidad reducidas. En realizaciones, la capa de base interior puede estar hecha de acero inoxidable o materiales que tienen propiedades de dureza similares. En otra realización, la capa de recubrimiento exterior posee propiedades de dureza reducidas y maleabilidad o ductilidad elevada.

30 En una realización, una composición de la capa de base interior del manguito tiene una dureza de X que es aproximadamente, o superior a, 25 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición de la capa de base interior del manguito tiene una dureza de X que es aproximadamente, o superior a, 30 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición de la capa de base interior del manguito tiene una dureza de X que se encuentra aproximadamente entre valores de 25 y 50 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición de la capa de base interior del manguito tiene una dureza de X que es aproximadamente, o superior a, 40 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición de la capa de base interior del manguito tiene una dureza de X que es aproximadamente, o inferior a, 60 HRC en la escala Rockwell C.

40 En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 100 HRB en la escala Rockwell B (o aproximadamente 25 HRC en la escala Rockwell C). En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 90 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 35 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 80 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 70 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 35 y 80 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 50 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 60 y 100 HRB en la escala Rockwell B.

55 En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que es aproximadamente, o superior a, 25 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que es aproximadamente, o superior a, 40 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que está aproximadamente entre valores de 23 y 80 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que es aproximadamente, o superior a, 50 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que es aproximadamente, o inferior a, 70 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que está aproximadamente entre valores de 40 y 70 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que está aproximadamente entre valores de 30 y 70 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que está aproximadamente entre valores de 25 y 60 HRC en la escala Rockwell C. En una realización, una composición del material de clavija tiene una dureza de Z que

puede ser aproximadamente, o inferior a, 25 HRC en la escala Rockwell C (o aproximadamente 100 HRB en la escala Rockwell B) pero es aún la misma que, o suficientemente superior a, la dureza de X de una composición de la capa de base interior del manguito conformable para conservar la capacidad de la clavija para forzar el manguito a expandirse y crear un ajuste por interferencia con un agujero durante una instalación.

- 5 En algunas realizaciones, una dureza de Z de una composición del material de clavija y/o una dureza de X de una composición de la capa de base interior son superiores a la dureza de Y de una composición de la capa de recubrimiento exterior en aproximadamente 5 HRC en la escala Rockwell C (o 5 HRB en la escala Rockwell B). En algunas realizaciones, una dureza de Z de una composición del material de clavija y/o una dureza de X de una composición de la capa de base interior son superiores a la dureza de Y de una composición de la capa de recubrimiento exterior en aproximadamente 10 HRC en la escala Rockwell C (o 10 HRB en la escala Rockwell B).
 10 En algunas realizaciones, una dureza de Z de una composición del material de clavija y/o una dureza de X de una composición de la capa de base interior son superiores a la dureza de Y de una composición de la capa de recubrimiento exterior en aproximadamente 20 HRC en la escala Rockwell C (o 20 HRB en la escala Rockwell B). En algunas realizaciones, una dureza de Z de una composición del material de clavija y/o una dureza de X de una composición de la capa de base interior son superiores a la dureza de Y de una composición de la capa de recubrimiento exterior en aproximadamente 1-40 HRC en la escala Rockwell C (o 1-40 HRB en la escala Rockwell B).
 15

En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 20 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una
 20 realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 30 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 50 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 70 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 90 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido). En una realización, una composición de la capa de recubrimiento exterior del manguito tiene una conductividad eléctrica que es aproximadamente el, o superior al, 100 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido).
 25

30 En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 3 micrómetros (μm) y 25 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 5 micrómetros (μm) y 20 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 3 micrómetros (μm) y 15 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 10 micrómetros (μm) y 25 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 10 micrómetros (μm) y 20 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior tiene un espesor de aproximadamente entre 3 micrómetros (μm) y 10 micrómetros (μm).
 35

Por ejemplo, en algunas realizaciones, la capa de recubrimiento exterior puede estar compuesta por material(es) seleccionado(s) de un grupo de materiales metálicos conductores relativamente blandos, es decir, con elevada maleabilidad o ductilidad, que se sabe que son galvánicamente compatibles con una estructura de material compuesto. Estos materiales incluyen, pero sin limitación, oro, plata, níquel, cobre y estaño. Otros materiales son diversas aleaciones, incluidas aleaciones de oro, plata, níquel, cobre y estaño. En realizaciones, pueden aplicarse en capas diversos recubrimientos metálicos deformables sobre el material base, por ejemplo a modo de electrodeposición, deposición de vapor iónico, o usando cualquier otra técnica comparable que permita al recubrimiento deformable permanecer lo suficientemente unido al material base durante la colocación del manguito conformable dentro de una pieza de trabajo, por ejemplo dentro de un agujero perforado.
 40
 45

En otras realizaciones, una composición de los recubrimientos deformables de la presente invención puede consistir en una combinación de material orgánico y cargas conductoras. Por ejemplo, el material orgánico incluye una familia de polímeros, tales como epoxis, y las cargas conductoras incluyen polvos metálicos o materiales no conductores, tales como nanotubos de carbono. En realizaciones, pueden aplicarse en capas diversos recubrimientos deformables de base orgánica sobre el material base, por ejemplo a modo de pulverización o usando cualquier otra técnica comparable que permita al recubrimiento de base orgánica deformable permanecer lo suficientemente unido al material base durante la colocación del manguito conformable dentro de una pieza de trabajo, por ejemplo dentro de un agujero perforado.
 50

55 En algunas realizaciones, las composición de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una dureza Y que es aproximadamente, o inferior a, 100 HRB en la escala Rockwell B (o aproximadamente 25 HRC en la escala Rockwell C). En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 90 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 35 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que es
 60

- aproximadamente, o inferior a, 80 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que es aproximadamente, o inferior a, 70 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 35 y 80 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 50 y 100 HRB en la escala Rockwell B. En una realización, una composición de los recubrimientos deformables de base orgánica del manguito tiene una dureza de Y que se encuentra aproximadamente entre valores de 60 y 100 HRB en la escala Rockwell B.
- 5
- 10 En algunas realizaciones, las composiciones de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una resistividad de volumen a 10 V (ohmios-m) que es aproximadamente inferior a 10^3 ohmios-m (medida, por ejemplo, según la norma ASTM D257). En algunas realizaciones, las composiciones de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una resistividad de volumen a 10 V (ohmios-m) que es aproximadamente inferior a 10^2 ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una resistividad de volumen a 10 V (ohmios-m) que es aproximadamente inferior a 10 ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una resistividad de volumen a 10 V (ohmios-m) que es aproximadamente inferior a 10^{-3} ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones de los recubrimientos deformables de base orgánica pueden tener una resistividad de volumen a 10 V (ohmios-m) que es aproximadamente entre 1×10^{-8} ohmios-m y 4×10^{-5} ohmios-m
- 15
- 20 En una aplicación que incluye la aplicación de un sellante a una superficie interna de un agujero antes de la instalación de un dispositivo de fijación, cuando una capa de recubrimiento exterior deformable del manguito conformable penetra en los huecos de una superficie interior del agujero, desplaza el sellante atrapado. Por lo tanto, el recubrimiento deformable del manguito conformable excava un sellante atrapado en exceso durante la instalación del dispositivo de fijación, a la vez que crea un contacto eléctrico íntimo entre el manguito y la estructura de material compuesto.
- 25
- En vista de lo anterior, se crea una caída de voltaje reducida a lo largo de la interfaz que, a su vez, reduce el efecto dieléctrico causado por el sellante. Esto minimiza o elimina la posibilidad de formación de arco eléctrico entre el manguito y el panel de material compuesto. En una realización, cualquier formación de arco eléctrico no da como resultado la formación de chispas.
- 30 Las realizaciones de los manguitos conformables proporcionan un llenado de hueco excelente a niveles macroscópicos y microscópicos y un contacto íntimo entre los manguitos y las estructuras.
- Las realizaciones de los manguitos conformables permiten una transferencia de corriente más eficaz desde un dispositivo de fijación a un panel de aeronave.
- Las realizaciones de los manguitos conformables son menos sensibles a la calidad del agujero y a los microhuecos.
- 35 Las realizaciones de los manguitos conformables reducen la cantidad de sellante atrapado entre el manguito y el panel.
- Las Fig. 1 y 3** son fotos de contactos entre un manguito de un dispositivo de fijación convencional y una estructura de material compuesto. Una flecha apunta a las paredes laterales de una ranura que acoge el dispositivo de fijación que tiene numerosos huecos rugosos irregulares creados durante la perforación del agujero para el dispositivo de fijación.
- 40 **Las Fig. 2 y 4** son fotos a nivel microscópico del estado de las paredes laterales de la ranura de las Fig. 1 y 3, respectivamente. Los círculos identifican huecos existentes entre el manguito y una pared lateral de la ranura.
- La **Fig. 5** es una fotografía a nivel microscópico de fibras de carbono individuales que se fracturan a ángulos irregulares y forman huecos microscópicos entre un manguito y una estructura reforzada con fibra de carbono. Estos huecos atrapan sellante en exceso, lo que inhibe el contacto íntimo entre el manguito y la estructura.
- 45 La **Fig. 6** es una fotografía a nivel macroscópico que muestra la conformidad entre una realización de un manguito fabricado según la invención y una pared lateral de la ranura que acoge el dispositivo de fijación. La fotografía muestra las imperfecciones del material de manguito que se van a rellenar que la pared lateral puede tener.
- 50 **Las Fig. 7 y 8** son fotografías a nivel microscópico de deformación de realizaciones del manguito fabricado según la invención. Las fotografías muestran un contacto íntimo entre el manguito y fibras de carbono individuales cuando el manguito se deforma para rellenar los huecos inducidos mecánicamente microscópicos.
- La **Fig. 9** muestra una realización de la invención que incluye un manguito que se sometió a electrochapado con un recubrimiento de oro deformable fijado permanentemente.
- La **Fig. 10** muestra una realización de la invención que incluye un manguito que se sometió a electrochapado con un

recubrimiento de plata deformable fijado permanentemente.

La **Fig. 11** muestra una realización de la invención que incluye un manguito que se sometió a electrochapado con un recubrimiento de níquel deformable fijado permanentemente.

5 La **Fig. 12** muestra una realización de la invención que incluye un manguito con un recubrimiento de aluminio deformable fijado permanentemente que se depositó en capas usando deposición de vapor iónico.

La **Fig. 13** muestra una realización de la invención que incluye un manguito sobre el que se pulverizó un recubrimiento orgánico deformable fijado permanentemente hecho de nanotubos de carbono.

10 La **Fig. 14** muestra fotografías de resultados de ensayo de acumulación de un producto que produce chispas y su efecto sobre las paredes laterales de una ranura que acoge un dispositivo de fijación convencional. La parte superior izquierda muestra paredes laterales fracturadas irregulares de la ranura. Las fotografías superior derecha e inferior derecha muestran la acumulación del producto que produce chispas entre paredes laterales de la ranura y el manguito convencional.

15 La **Fig. 15** son fotografías de resultados de ensayo que no muestran acumulación del producto que produce chispas en la pared lateral de una ranura que acoge el manguito fabricado según la invención. La fotografía izquierda muestra, con una fecha, una pared lateral que tiene un borde liso regular como resultado de que el dispositivo de fijación con el manguito conformable se haya instalado en la ranura y el material del material base del manguito o del recubrimiento deformable del manguito haya penetrado en cualesquiera huecos que pudieran haber tenido las paredes laterales.

20 La **Fig 16** es una fotografía a nivel microscópico que muestra la conformidad entre una realización del dispositivo de fijación con el manguito conformable y una pared lateral de una ranura. La fotografía muestra cómo el material de manguito o el recubrimiento deformable del manguito se ajusta a fibras de carbono individuales: rellena huecos creados por roturas en fibras de carbono individuales.

25 La **Fig. 17** son fotografías de resultados de ensayo que muestran diferencias en el estado de las paredes laterales entre un manguito de un dispositivo de fijación convencional y una realización de un dispositivo de fijación con el manguito conformable fabricado según la presente invención. Las fotografías superior e inferior izquierda muestran el estado cuando se usa el dispositivo de fijación convencional. Las fotografías superior e inferior izquierda muestran el estado (huecos rellenos en las paredes laterales de la ranura) cuando se usa una realización del dispositivo de fijación según la presente invención.

30 La **Fig. 18** es una fotografía a nivel microscópico hecha después de un ensayo de impacto por rayo que muestra la pared lateral de la ranura cuando se usa un manguito A286 convencional regular. La fotografía muestra que este manguito no se ajusta a la microtextura de la estructura de material compuesto de la ranura. El ensayo muestra además una densidad de arco elevada y una formación de arco eléctrico intensa, correspondiente a la ubicación del sellante residual.

35 A diferencia de la **Fig. 18**, la **Fig 19** es una fotografía a nivel microscópico hecha después de un ensayo de impacto por rayo que muestra la pared lateral de la ranura cuando se usa el manguito conformable de la presente invención. La fotografía muestra que con el manguito conformable existe una densidad de arco reducida, menos actividad eléctrica intensa y más contacto fibra-manguito.

40 La **Tabla 1** muestra resultados de ensayos de impacto de rayo de unión directa realizados usando dispositivos de fijación convencionales y realizaciones del manguito conformable de la presente invención. Estos ensayos se realizaron con paneles hechos de material compuesto con fibra de carbono (0,25" (0,635 cm) de espesor) y con dispositivos de fijación de pernos de cierre tipo RXL (clavijas, collares y manguitos RXL4BC-VC08-08.) Se usaron por panel dieciocho (18) dispositivos de fijación. Cuatro (4) dispositivos de fijación separados recibieron impactos por rayo por panel. Algunos de los ensayos se diseñaron para recrear condiciones de instalación en el peor de los casos, tales como una instalación con una sujeción mínima y un tamaño de agujero máximo, es decir, interferencia o contacto mínimo. Los ensayos se clasificaron sobre criterios de aprobado/suspendido en base a la no detección de fuentes de luz en el lateral del collar del espécimen. Los resultados del ensayo muestran que el manguito conformable (series A286 o 300) minimizan la formación de chispas en la interfaz manguito/estructura y que los manguitos conformables son más tolerables a textura inducida mecánicamente.

50

Tabla 1

| Ensayo N° | Dispositivo de fijación N° 2 | Dispositivo de fijación N° 7 | Dispositivo de fijación N° 12 | Dispositivo de fijación N° 17 |
|---|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Panel G Manguito grueso | Chispas | Chispas | Chispas | Chispas |
| Panel H Collar de ventana + exceso de sellante | Chispas | Chispas | Chispas | Chispas |
| Panel I Manguito conformable | Sin chispas | Sin chispas | Sin chispas | Sin chispas |
| Panel J Recubrimiento conductor sobre el manguito ID | Chispas | Chispas | Chispas | Chispas |
| Panel K Manguito conformable + recubrimiento conductor + collar de Brasil | Sin chispas | chispas | Sin chispas | Sin chispas |
| Panel L Manguito conformable 300 + recubrimiento conductor + collar de Brasil | Sin chispas | Sin chispas | Sin chispas | Sin chispas |

La **Fig. 20** muestra fotografías de ensayos de impacto por rayo de unión directa sobre el Panel I en la tabla 1, que corresponden a los dispositivos de fijación con los manguitos conformables de la presente invención. Los puntos blancos representan una luz de referencia, no una chispa real.

En una realización, para facilitar el movimiento de la clavija de núcleo a través del manguito conformable, se usa un lubricante. Un lubricante es una sustancia (a menudo un líquido) introducido entre dos superficies móviles para reducir la fricción entre las mismas, mejorar la eficacia y reducir el desgaste; un lubricante puede tener también la función de disolver o transportar partículas extrañas y de distribuir calor.

En otras realizaciones, el lubricante puede ser un material de película/recubrimiento sólido conductor. En algunas realizaciones, el lubricante basado en el material de película sólido conductor reduce o elimina la formación de arco eléctrico interior entre la clavija y el manguito.

La presente invención proporciona un material de película sólido conductor ("CSF") que incorpora nanotubos de carbono ("CNT") ("el material CSF-CNT"). Realizaciones de los materiales CSF tienen típicamente los ingredientes principales siguientes: metiletilcetona a una concentración < 30-40 %, resina fenólica a una concentración < 5-10 % y alcohol etílico a una concentración de <30-40 %.

En una realización, el material CSF puede mostrar un comportamiento de tipo fluido. En una realización, el material CSF puede tener una viscosidad reducida. En algunas realizaciones, el material CSF puede usarse como un lubricante: una sustancia (a menudo un líquido) introducido entre dos superficies móviles para reducir la fricción entre las mismas, mejorar la eficacia y reducir el desgaste; un lubricante puede tener también la función de disolver o transportar partículas extrañas y de distribuir calor.

En algunas realizaciones adicionales, el material CSF puede usarse como recubrimiento; un recubrimiento que se aplica a un objeto, habitualmente con el fin de mejorar propiedades de superficie de un material base, habitualmente denominado sustrato. Dichas propiedades de superficie pueden incluir, entre otras, apariencia, adhesión, humectabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y al rayado. Los recubrimientos pueden aplicarse como líquidos, gases o sólidos.

En algunas realizaciones, el material CSF preferente poseería un coeficiente de fricción reducido que sería sustancialmente inferior al coeficiente de fricción de 1. En algunas realizaciones, pueden usarse recubrimientos de

dispositivo de fijación disponibles comercialmente, tales como recubrimiento de aluminio 8G de Incotec Corp., recubrimiento Teclube o cualquier recubrimiento de pigmento de aluminio, como el material CSF.

Los CNT son compuestos de carbono con un diámetro nanométrico de aproximadamente entre 3 y 200 nm y pueden tener una relación longitud-diámetro de hasta 28.000.000:1. La longitud de los CNT puede ser de hasta aproximadamente 1,0 mm. Los CNT pueden mostrar una conductividad térmica muy buena a lo largo del tubo, pero un aislamiento bueno lateralmente al eje del tubo. Los CNT pueden mostrar una resistencia a la tracción que es aproximadamente cincuenta (50) veces superior a la del acero. Determinados CNT pueden poseer una conductividad eléctrica comparable a materiales metálicos o semiconductores, en función de la estructura de los CNT. Típicamente, los CNT pueden tener una densidad de aproximadamente 1,3 a 2 g/cm³. Los CNT pueden ser estructuras de pared simple o de pared múltiple. Los CNT pueden poseer pequeñas cantidades de impurezas, tales como metal y/o carbono amorfo. Los CNT son típicamente muy resistentes a la oxidación y pueden soportar incluso inmersiones prolongadas en ácidos fuertes. Además, los CNT no se consideran típicamente intensamente tóxicos, ni perjudiciales para el medio ambiente, ni se fabrican a partir de precursores preciosos o de suministro limitado.

En algunas realizaciones, los materiales CSF-CNT se fabrican usando CNT disponibles comercialmente (IGMWNT (nanotubos de pared múltiple de grado industrial) al 90 % en peso y IGMWNT al 90 % en peso de COOH) de Cheap Tubes, Inc. También pueden usarse CNT de otros proveedores, por ejemplo Nanocyl.

En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica a una superficie de un artículo a modo de pulverización o usando cualquier otra técnica comparable. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se deposita en una superficie de un artículo cuando el artículo se mantiene en un entorno (por ejemplo solución de alcance de CNT) que facilita el crecimiento y/o la unión y/o la deposición de los CNT (y otros ingredientes de una composición particular del material de CSF-CNT) sobre la superficie.

En realizaciones del material CSF-CNT, los CNT pueden dispersarse en un disolvente con la adición de una pequeña cantidad de tensioactivo-agente humectante que reduce la tensión superficial de un líquido, permitiendo una dispersión más sencilla, y reduce la tensión interfacial entre dos líquidos.

En una realización, el material CSF-CNT contiene CNT con un diámetro entre aproximadamente 3 y 30 nm.

En una realización, una cantidad suficiente de CNT en el material CSF-CNT puede inducir una conductividad elevada del material CSF-CNT sin aumentar sustancialmente la rigidez del material CSF-CNT.

En realizaciones, la adición de CNT redujo significativamente o eliminó la necesidad de usar metal con conductividad elevada para lograr las mismas propiedades del material CSF-CNT sin un aumento sustancial de la rigidez en comparación con la propiedad de rigidez del material CSF de base.

Realizaciones del material CSF-CNT con CNT a una concentración de aproximadamente el 1 % experimentan una reducción de la resistividad $> 10^{12}$ Ω/cuadrado a $\sim 10^5$ Ω/cuadrado. Realizaciones del material CSF-CNT con CNT a una concentración de más del 1 % experimentan reducciones adicionales en la resistividad de aproximadamente 500 Ω/cuadrado. Usando realizaciones del material CSF-CNT como un recubrimiento del dispositivo de fijación aeroespacial se proporcionan, por ejemplo dispositivos de fijación con una propiedad deseable de conductividad elevada con un mínimo de partículas metálicas o con ninguna. Además, en algunas realizaciones de CSF-CNT, el tamaño de los CNT y su baja carga benefician la calidad de superficie del recubrimiento realizado con el material CSF-CNT.

En algunas realizaciones, el material CSF-CNT puede contener típicamente CNT a concentraciones de entre el 0,05 % y el 30 % de un peso total de composición de lubricante. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT puede contener típicamente CNT a concentraciones de entre el 0,1 % y el 10 % de un peso total de composición de lubricante. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT puede contener típicamente CNT a concentraciones de entre el 1 % y el 10 % de un peso total de composición de lubricante. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT puede contener típicamente CNT a concentraciones de entre el 3 % y el 15 % de un peso total de composición de lubricante.

En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener una resistividad de volumen que es aproximadamente inferior a 10^3 ohmios-m (medida, por ejemplo, según la norma ASTM D257). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener una resistividad de volumen que es aproximadamente inferior a 10^2 ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener una resistividad de volumen que es aproximadamente inferior a 10 ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener una resistividad de volumen que es aproximadamente inferior a 10^{-3} ohmios-m. En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener una resistividad de volumen que se encuentra entre 1×10^{-8} ohmios-m y 4×10^{-5} ohmios-m.

En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,12 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,10 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas

realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,2 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,3 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,5 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que es aproximadamente inferior a 0,8 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que se encuentra aproximadamente entre 0,04 μ y 0,5 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex). En algunas realizaciones, las composiciones del material CSF-CNT pueden tener un coeficiente de fricción que se encuentra aproximadamente entre 0,04 μ y 1 μ (medido, por ejemplo, en una máquina de ensayo Falex).

En realizaciones, las propiedades deseables del material CSF-CNT pueden incluir también su simplicidad; por ejemplo un número pequeño de ingredientes y la ausencia de procedimientos de manejo especiales.

La **Tabla 2** siguiente compara algunas propiedades de una realización del material CSF-CNT basado en el recubrimiento Teclube disponible comercialmente con las propiedades del recubrimiento Teclube por sí mismo. La tabla 2 muestra que una realización del material CSF-CNT, que contiene el 0,02 % de CNT, muestra una resistividad de volumen sustancialmente inferior en comparación con el recubrimiento Teclube de base. La tabla 2 muestra que la adición de CNT no afecta sustancialmente a la fluidez, es decir, el espesor, de recubrimiento de Teclube con CNT en comparación con el recubrimiento de Teclube sin CNT.

Tabla 2

| Recubrimiento | Espesor | Tipo de pulverización | Resistividad de volumen a 10 V (ohmio-m) |
|---------------------------|------------|-----------------------|--|
| Teclube | 0,01524 mm | Normal | 2,02 x 10 E12 |
| Teclube con 0,02 % de CNT | 0,0127 mm | Normal | < 10 E3 (inferior a las limitaciones del equipo) |

Este material CSF-CNT puede usarse en una diversidad de aplicaciones. En una realización, el material CSF-CNT se usa para recubrir dispositivos de fijación aeroespaciales. Una realización del material CSF-CNT posee una conductividad suficientemente alta, suficiente para proporcionar al menos una protección parcial contra impactos por rayo. Una conductividad alta, especialmente cerca de dispositivos de fijación metálicos, es típicamente necesaria para dirigir corrientes intensas, tales como las experimentadas en impactos por rayo en estructuras de materiales compuestos de aviones. Una realización del material CSF-CNT proporciona dispositivos de fijación con cualidades de conductividad térmica elevada, peso inferior y fuerte resistencia a la oxidación. En realizaciones, ya que los CNT tienen típicamente una densidad de 2,0 g/cm³, que es aproximadamente un cuarto de la densidad de partículas o copos metálicos típicos, que es generalmente superior a 8 g/cm³, usando los materiales CSF-CNT se ayuda a reducir el peso del recubrimiento del dispositivo de fijación aeroespacial y el peso del avión en general. Además, usando realizaciones del material CSF-CNT como recubrimientos de dispositivo de fijación aeroespacial se potencian sustancialmente las propiedades físicas, incluidas la conductividad eléctrica y térmica, se reduce la masa, la rigidez y la durabilidad a concentraciones bajas de CNT con respecto a concentraciones de metales en recubrimientos conductores basados en metal convencionales.

En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica a la superficie exterior del manguito, que se expone a las paredes de una ranura que acoge el dispositivo de fijación. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica a ambas superficies, interior y exterior, del manguito. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica tanto a la superficie de la clavija como a la superficie interior del manguito. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica a la superficie de la clavija. En algunas realizaciones, el material CSF-CNT se aplica a todas las superficies del manguito y de la clavija. Aplicando el material CSF-CNT o bien a las paredes interiores del manguito o bien a la superficie exterior de la clavija, o a estas dos superficies, se reduce la resistencia que experimenta la clavija durante su introducción en el manguito. En algunas realizaciones, que tienen el recubrimiento de CSF-CNT entre la superficie de la clavija y la superficie interior del manguito, se proporciona una protección al menos parcial contra impactos por rayos.

En algunas realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 3 micrómetros (μ m) y 25 micrómetros (μ m). En algunas realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 5 micrómetros (μ m) y 20 micrómetros (μ m). En algunas

- realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 3 micrómetros (μm) y 15 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 10 micrómetros (μm) y 25 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 10 micrómetros (μm) y 20 micrómetros (μm). En algunas realizaciones, los beneficios proporcionados por tener una capa de material CSF-CNT se obtiene cuando la capa de CSF-CNT tiene un espesor entre aproximadamente 3 micrómetros (μm) y 10 micrómetros (μm).
- La **Fig. 21** es una fotografía a nivel macroscópico de un manguito de dispositivo de fijación convencional sin el recubrimiento de CSF-CNT después de un ensayo de impacto por rayo, que muestra una superficie dañada gravemente del manguito.
- La **Fig. 22** es una fotografía a nivel macroscópico que muestra un agujero en un hueco entre un manguito de un dispositivo de fijación convencional y una pared de una ranura que acoge el dispositivo de fijación. En realizaciones, el recubrimiento de CSF-CNT puede rellenar sustancialmente este agujero, evitando o reduciendo cambios en la formación de chispas inducida por el rayo.
- La **Fig. 23** es un gráfico que muestra cómo un aumento de la concentración (% en peso total) de CNT en algunas realizaciones de los materiales CSF-CNT afecta a la resistividad de superficie de esas realizaciones como recubrimientos. El recubrimiento se aplicó a un sustrato de fibra de vidrio.
- La **Fig. 24** es un gráfico que muestra cómo un aumento de la concentración (% en peso total) de CNT en una realización del material CSF-CNT afecta a la resistividad de volumen de la realización. El gráfico muestra que para esta realización particular, añadir el 0,050 % de CNT produce la caída deseable en la resistividad de volumen. El recubrimiento se aplicó a un sustrato metálico.
- La **Fig. 25** es un gráfico que muestra cómo un aumento de la concentración de CNT en una realización del material CSF-CNT (muestra 1) afecta al coeficiente de fricción de la realización. El gráfico muestra que el aumento de la concentración de CNT en este recubrimiento de CSF-CNT particular provoca un aumento lento y gradual del coeficiente de fricción. Las mediciones del coeficiente de fricción se realizaron usando una máquina de ensayo Falex a una carga de 90,72 kg.
- La **Fig. 26** es un gráfico que muestra cómo concentraciones elevadas (% en peso total) de CNT en otra realización del material CSF-CNT afectan al coeficiente de fricción de la realización. El gráfico muestra que el aumento de la concentración de CNT en este recubrimiento de CSF-CNT particular provoca un aumento consistente del coeficiente de fricción. Las mediciones del coeficiente de fricción se realizaron usando una máquina de ensayo Falex a una carga de 90,72 kg.
- La **Fig. 27** son fotografías a nivel macroscópico de la consistencia física de realizaciones de los recubrimientos de CSF-CNT que tienen diversas concentraciones (% en peso total) de CNT en los mismos. La fotografía superior izquierda muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF sin CNT. La fotografía inferior izquierda muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 0,05 % de CNT en su cuerpo. La fotografía superior derecha muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 0,5 % de CNT en su cuerpo. La fotografía inferior derecha muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 1 % de CNT en su cuerpo.
- La **Fig. 28** son fotografías a nivel macroscópico de la consistencia física de realizaciones de los recubrimientos de CSF-CNT que tienen diversas concentraciones (% en peso total) de CNT en los mismos. La fotografía superior izquierda, tomada a una magnificación más reducida, muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 10 % de CNT en su cuerpo. La fotografía superior izquierda, tomada a una resolución superior, muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 10 % de CNT en su cuerpo. La fotografía inferior muestra la consistencia física de un recubrimiento de CSF-CNT que contiene el 5 % de CNT en su cuerpo.
- La **Fig. 29** es un gráfico que muestra el efecto sobre la conductividad de superficie (de arriba a abajo, línea rosa) y el coeficiente de fricción (de abajo a arriba, línea azul) de realizaciones del material CSF-CNT que tiene diversas concentraciones (% en peso total) de CNT. En algunas realizaciones, las concentraciones de CNT entre aproximadamente el 0,05 % a aproximadamente el 3,0 % proporcionan un aumento deseado de la conductividad de superficie sin un aumento sustancial del coeficiente de fricción de las realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto que comprende:
- 5 a) un manguito conformable que tiene una cabeza en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto y en el que el manguito conformable está compuesto por al menos un primer material que tiene una dureza de X; y
- 10 b) un elemento de clavija, teniendo el elemento de clavija al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre los mismos, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y
- caracterizado porque**
- 15 el elemento de clavija está compuesto por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y, en el que X es suficientemente inferior a Y de modo que en una posición instalada, al menos una porción del, al menos un, primer material del manguito conformable se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura y el manguito conformable, en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable es adaptado para expandirse radialmente sobre la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material
- 20 compuesto para proporcionar la posición instalada, y en el que, para facilitar un movimiento del elemento de clavija a través del manguito conformable, el dispositivo de fijación comprende un lubricante, comprendiendo el lubricante un material de película sólido conductor.
2. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 1, en el que el material de película sólido conductor comprende nanotubos de carbono en una concentración entre el 0,05 y el 30 por ciento del peso
- 25 total del material de película sólido conductor.
3. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 1 o 2, en el que X es inferior a 100 HRB en la escala Rockwell B.
4. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la superficie interior del agujero tiene un sellante cuando el dispositivo de fijación está en la posición instalada.
- 30 5. Un dispositivo de fijación por interferencia con manguito adaptado para ser instalado en un agujero de una estructura de material compuesto que comprende:
- a) un manguito conformable que tiene una cabeza en un extremo y una porción tubular, en el que la porción tubular está compuesta por una capa de base interior y una capa de recubrimiento exterior, en el que la porción tubular tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, en el que el diámetro exterior de la porción tubular es inferior al diámetro interior del agujero de la estructura de material compuesto, en el que la capa de base interior está compuesta por al menos un primer material que tiene una dureza de X y en el que la capa de recubrimiento exterior está compuesta por al menos un segundo material que tiene una dureza de Y; y
- 35 b) un elemento de clavija, en el que el elemento de clavija tiene al menos una cabeza de clavija en un extremo, una porción de bloqueo en el extremo opuesto de la cabeza de la clavija y una porción de fuste entre los mismos, en el que la porción de fuste, ubicada por debajo de la cabeza de la clavija, tiene un diámetro superior al diámetro interior de la porción tubular del manguito conformable y en el que el elemento de clavija está compuesto por al menos un tercer material que tiene una dureza de Z,
- caracterizado porque**
- 40 Y es suficientemente inferior a X y Z es igual o superior a X, de modo que, en una posición instalada, al menos una porción de la capa de recubrimiento exterior de la porción tubular se ajusta a un contorno de una superficie interior del agujero para crear un contacto eléctrico continuo en una interfaz entre la superficie interior del agujero de la estructura de material compuesto y el manguito conformable, en el que, después de ejercer una presión desde la porción de fuste del elemento de clavija, el manguito conformable es adaptado para expandirse radialmente sobre la superficie interior del agujero para formar un ajuste por interferencia entre el diámetro exterior del manguito y el agujero de la estructura de material compuesto para proporcionar la posición instalada.
- 45 50
6. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 5, en el que la capa de recubrimiento exterior es un recubrimiento sólido fijado.
7. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 6, en el recubrimiento sólido fijado comprende i) al menos un material orgánico y ii) al menos un material de carga conductor.
- 55 8. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 6, en el que el recubrimiento sólido fijado comprende un material metálico.
9. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 8, en el que el material metálico

comprende uno o más elementos metálicos seleccionados del grupo que consiste en plata, aluminio, oro y níquel.

10. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de una de las reivindicaciones 5 a 9, en el que X es inferior a 100 HRB en la escala Rockwell B.

5 **11.** El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de una de las reivindicaciones 5 a 10, en el que la superficie interior del agujero tiene un sellante cuando el dispositivo de fijación está en la posición instalada.

12. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de una de las reivindicaciones 5 a 11, en el que, para facilitar un movimiento del elemento de clavija a través del manguito conformable, el dispositivo de fijación comprende además un lubricante.

10 **13.** El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 12, en el que el lubricante comprende un material de película sólido conductor.

14. El dispositivo de fijación por interferencia con manguito de la reivindicación 13, en el que el material de película sólido conductor comprende nanotubos de carbono en una concentración entre el 0,05 y el 30 por ciento del peso total del material de película sólido conductor.

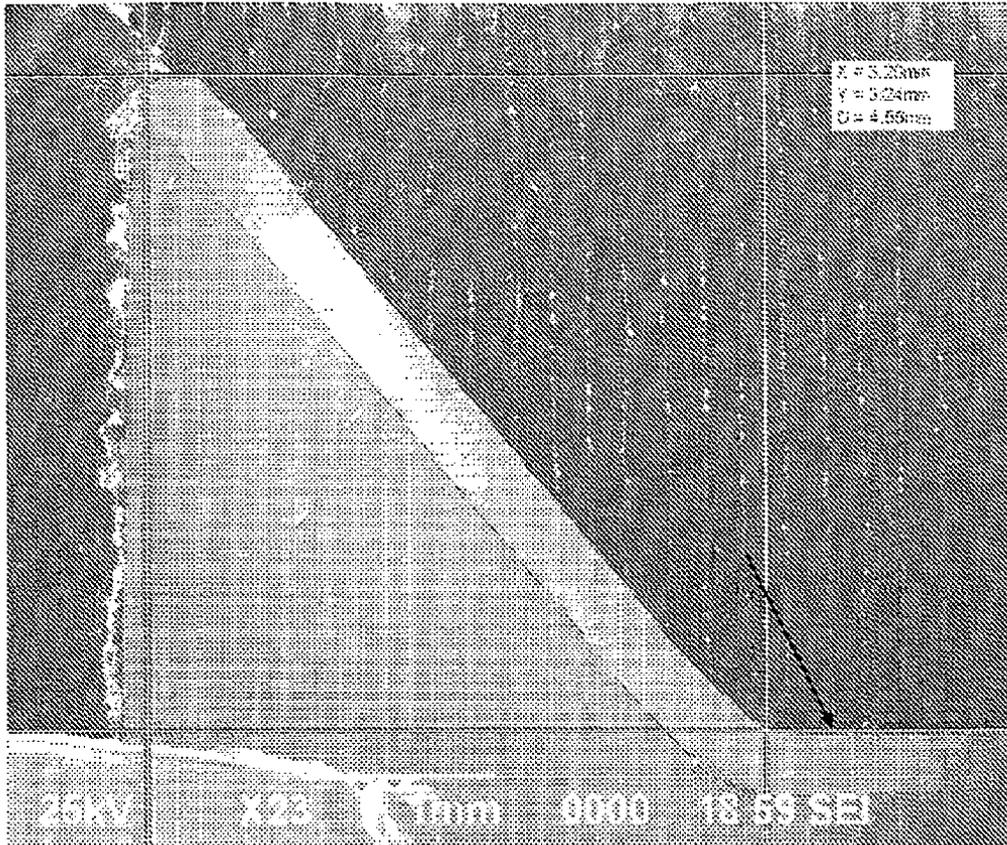


Fig. 1

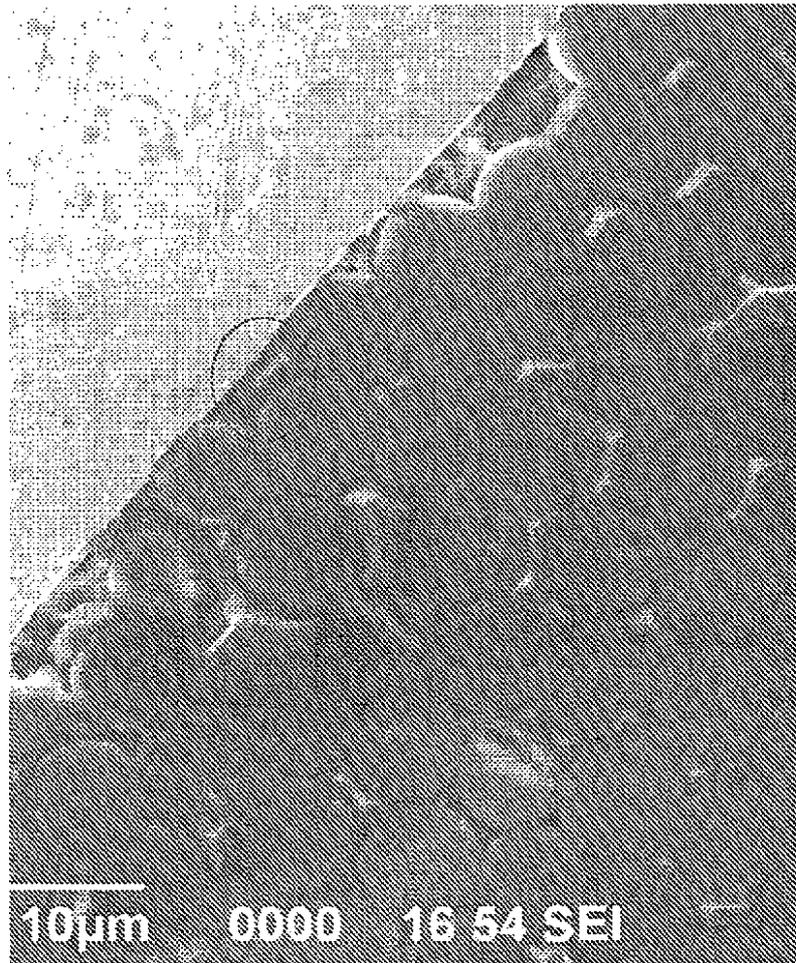


Fig. 2

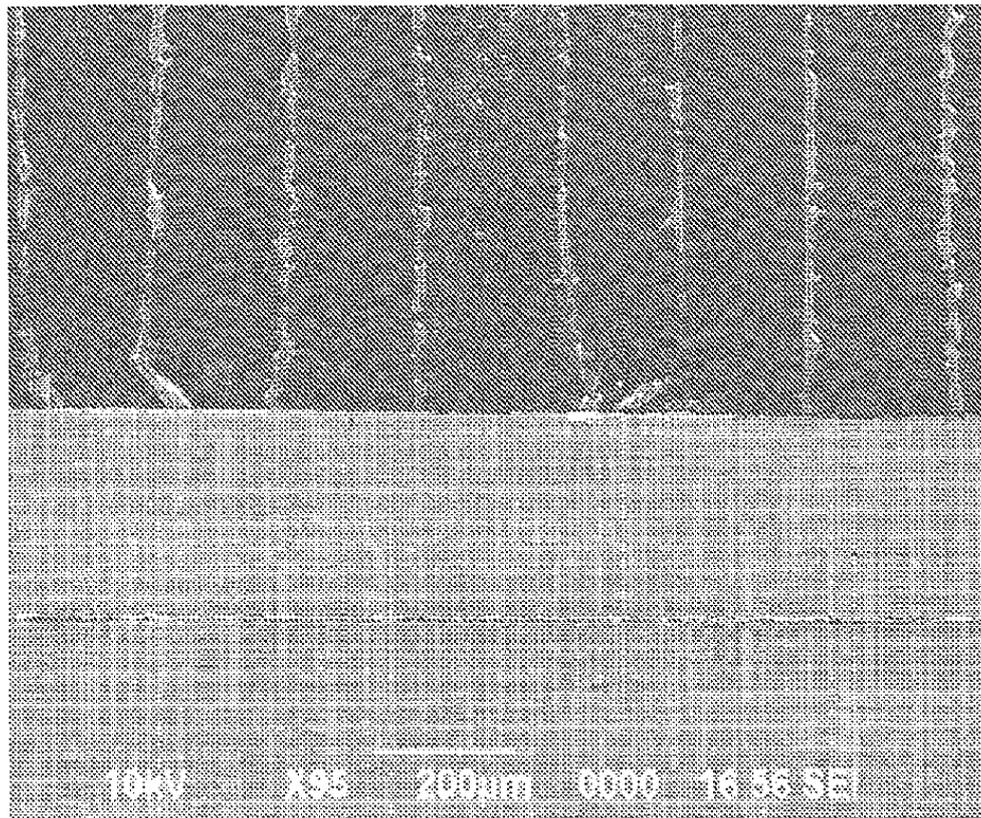


Fig. 3

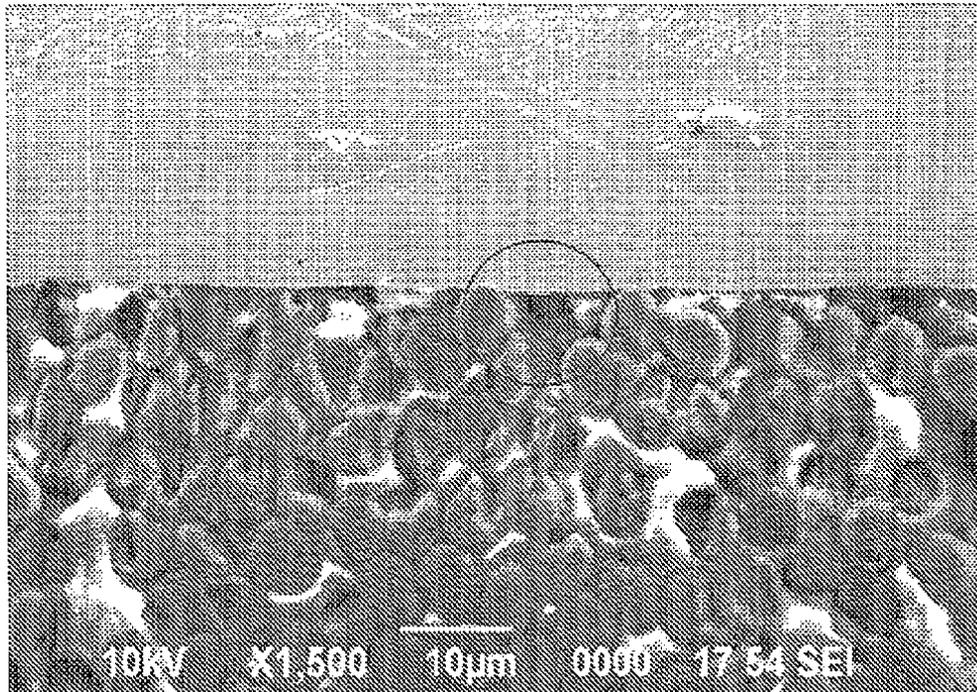


Fig. 4

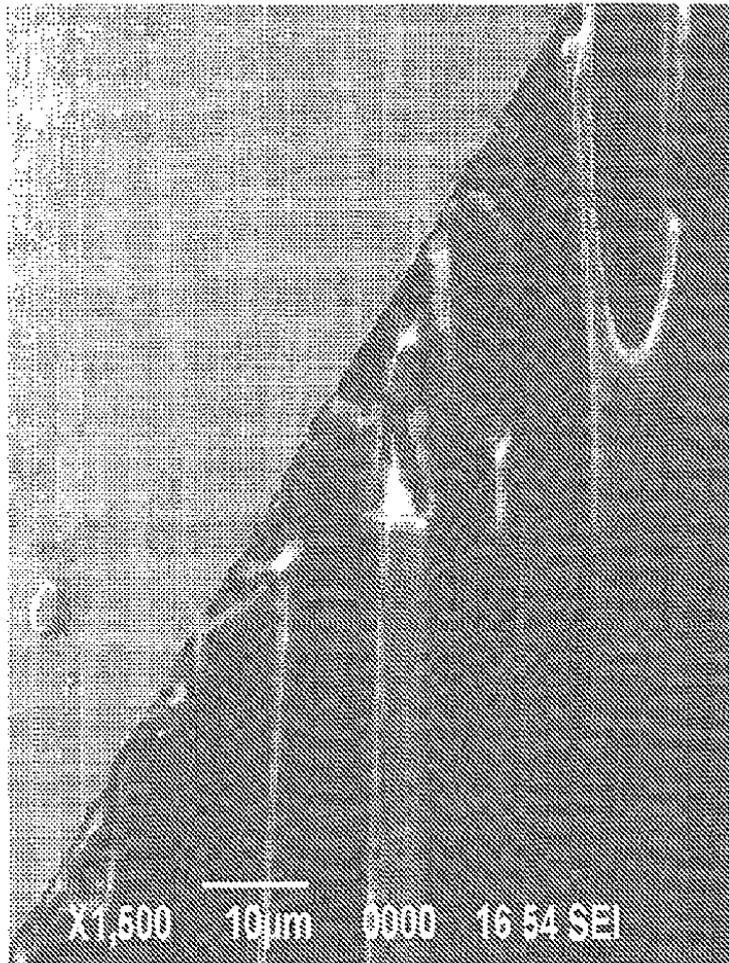


Fig. 5

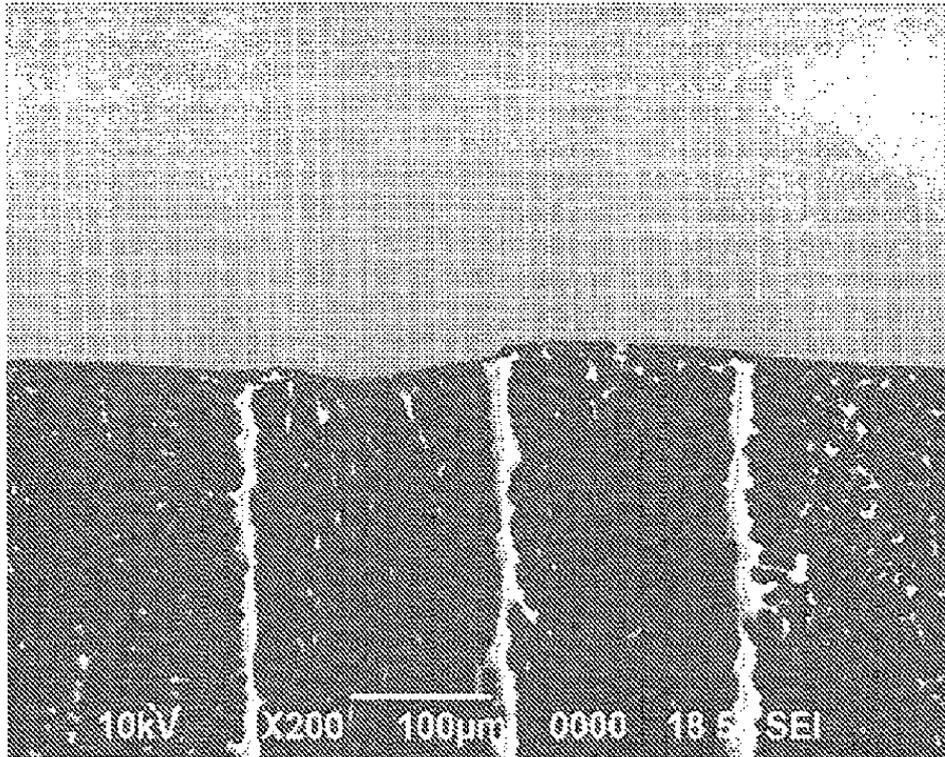


Fig. 6

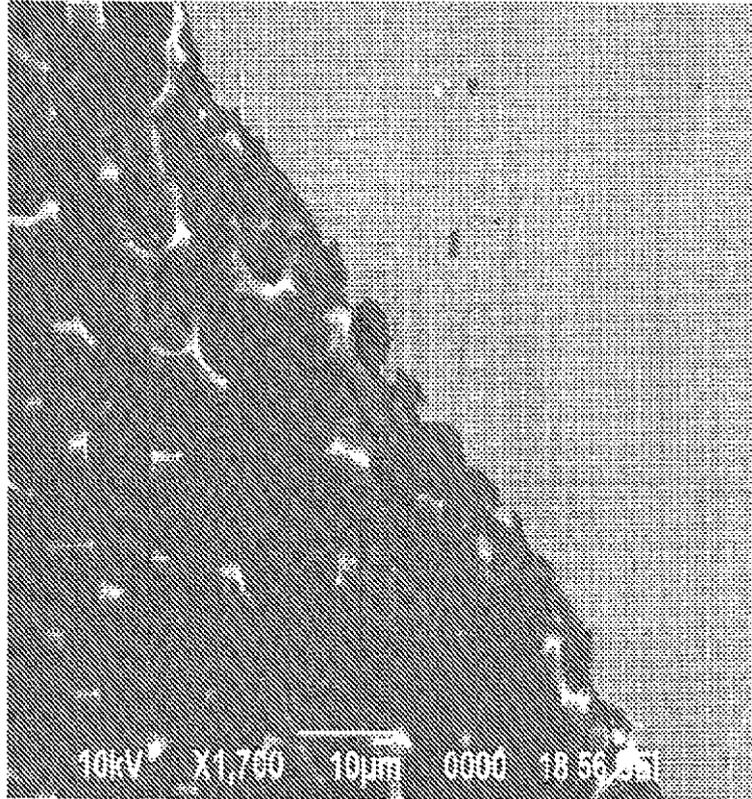


Fig. 7

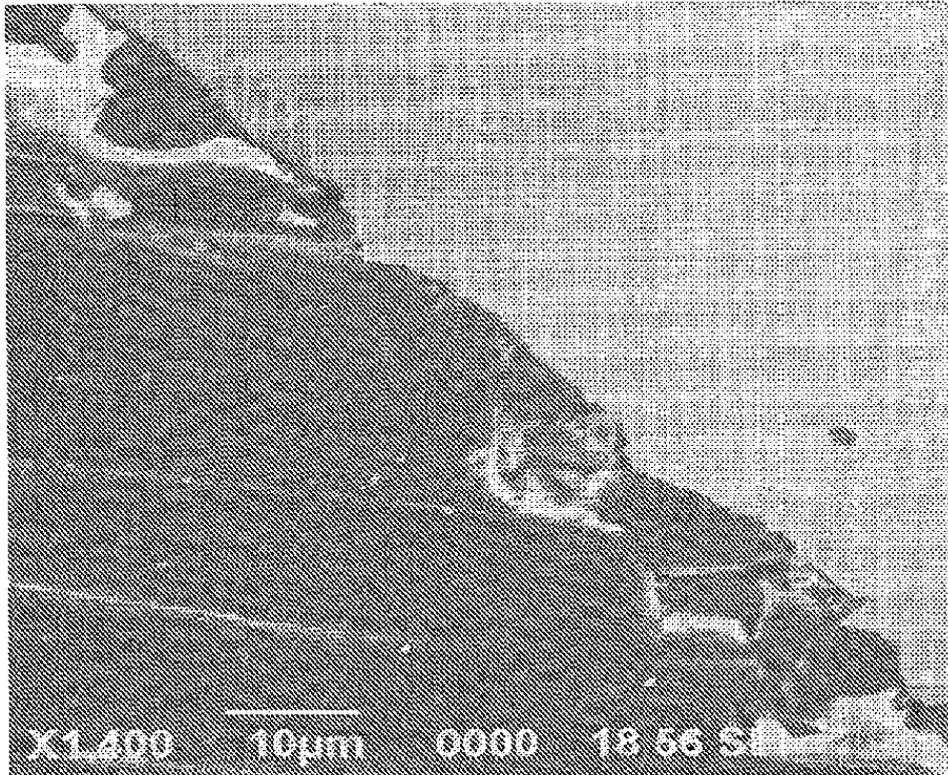


Fig. 8

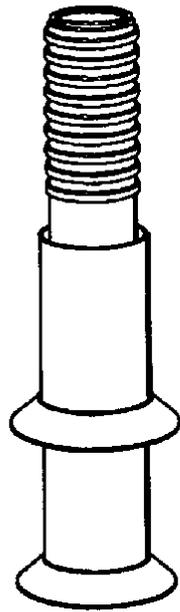


FIG. 9

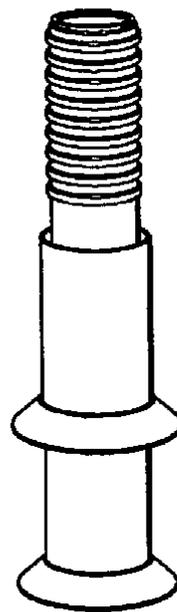


FIG. 10

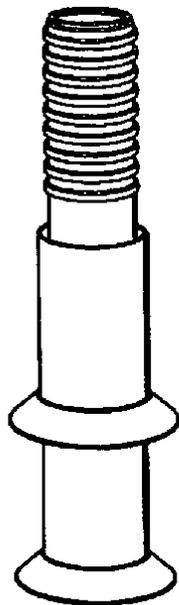


FIG. 11

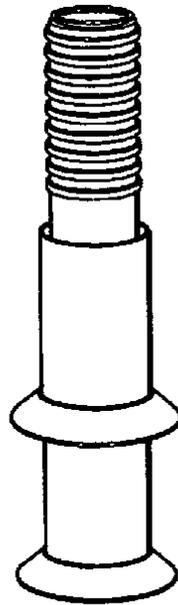


FIG. 12

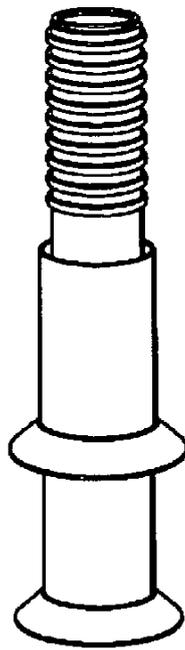


FIG.13

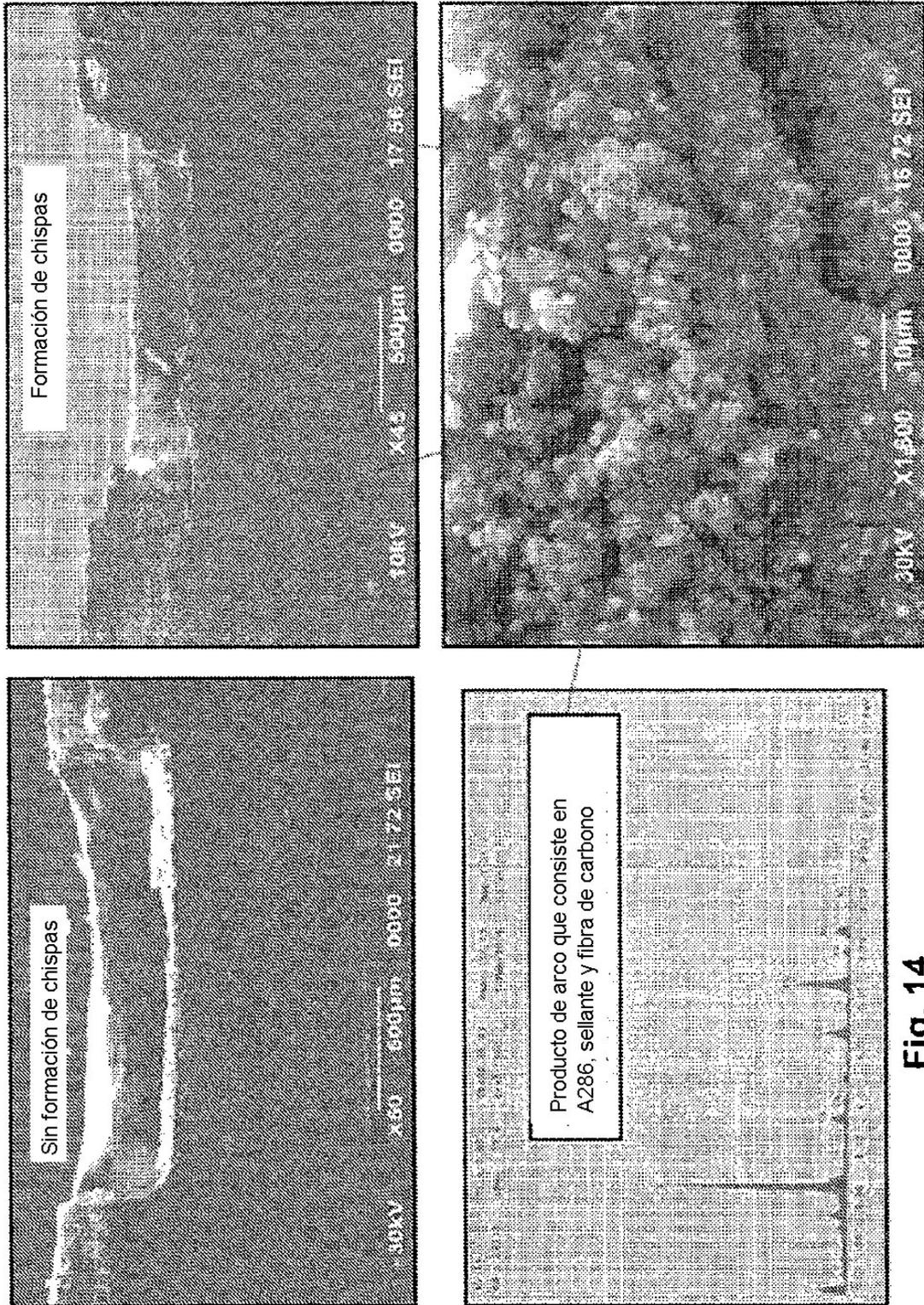


Fig. 14



Fig. 16

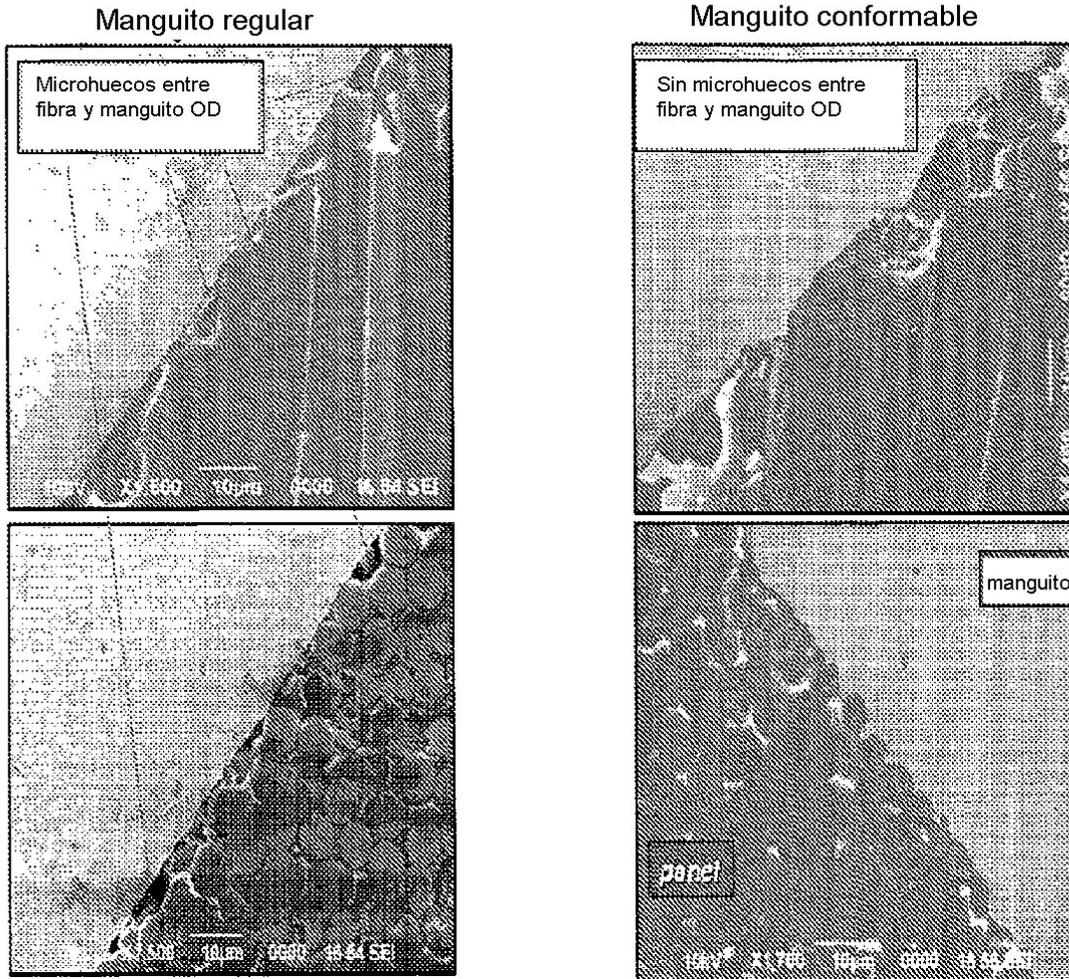


Fig. 17

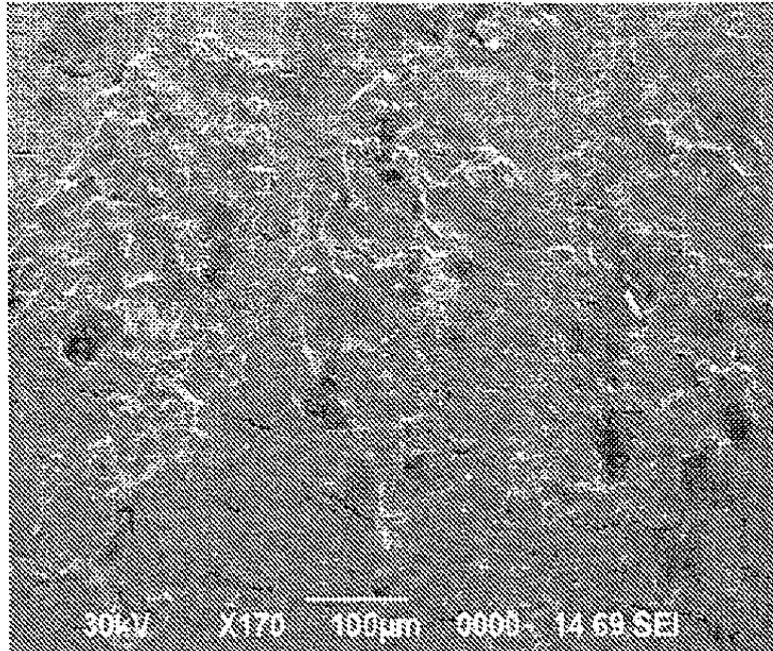


Fig. 18

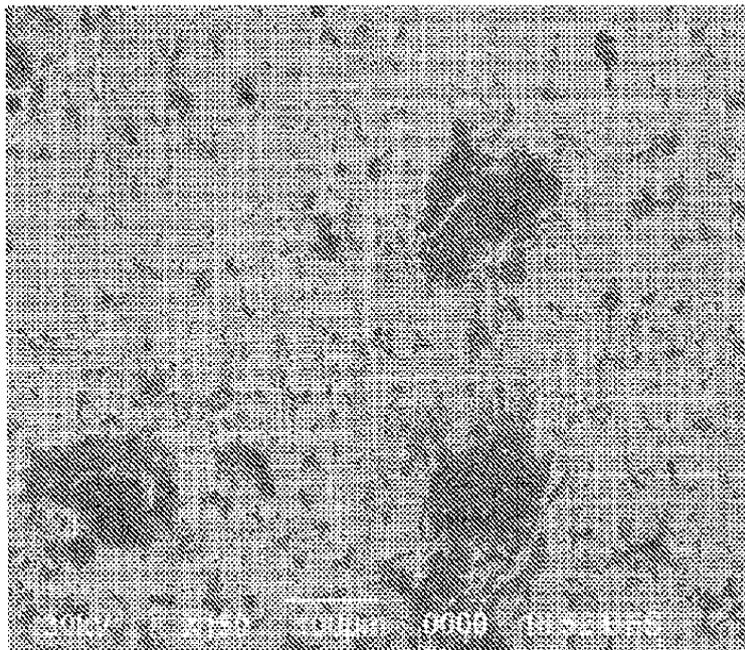


Fig. 19

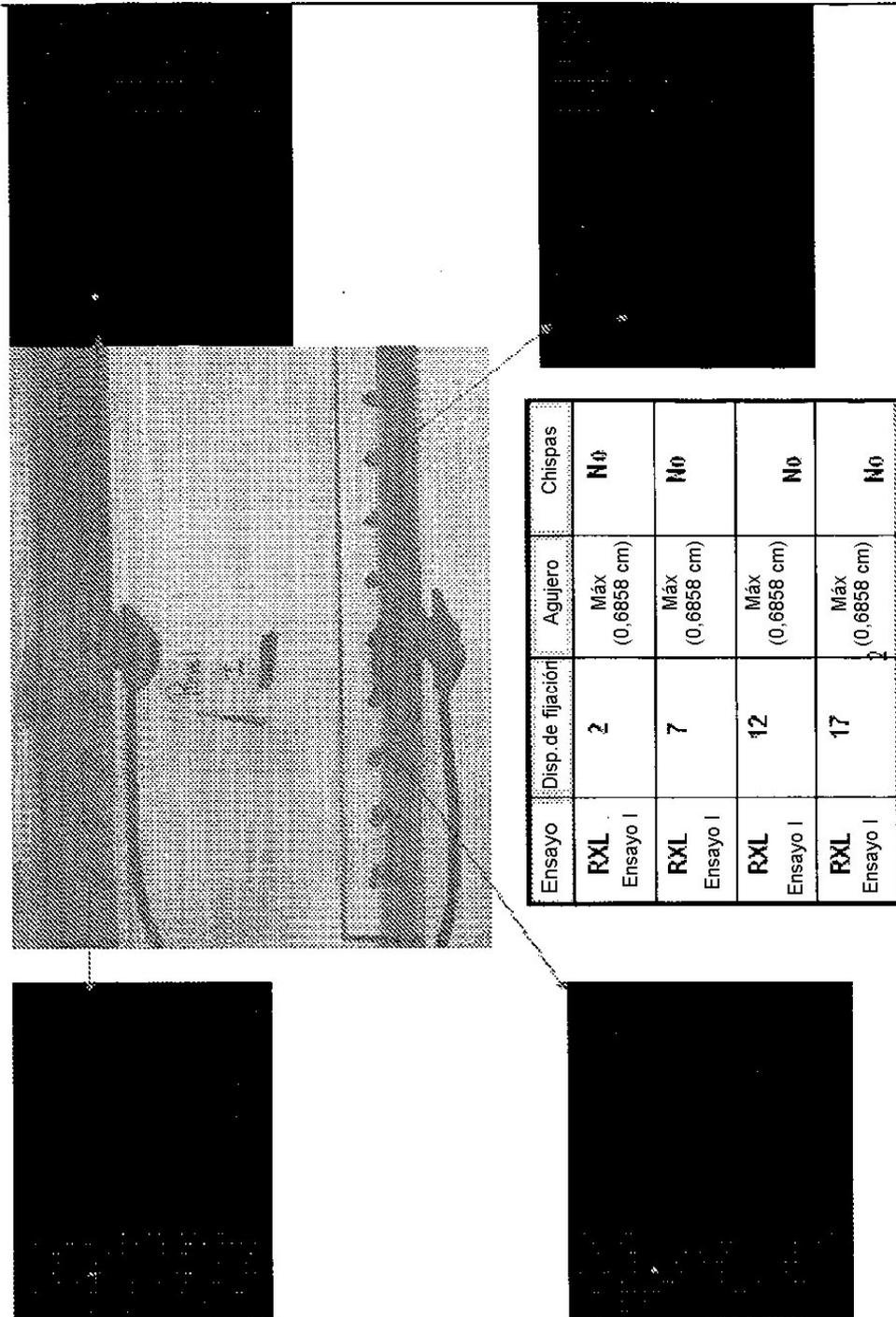


FIG.20

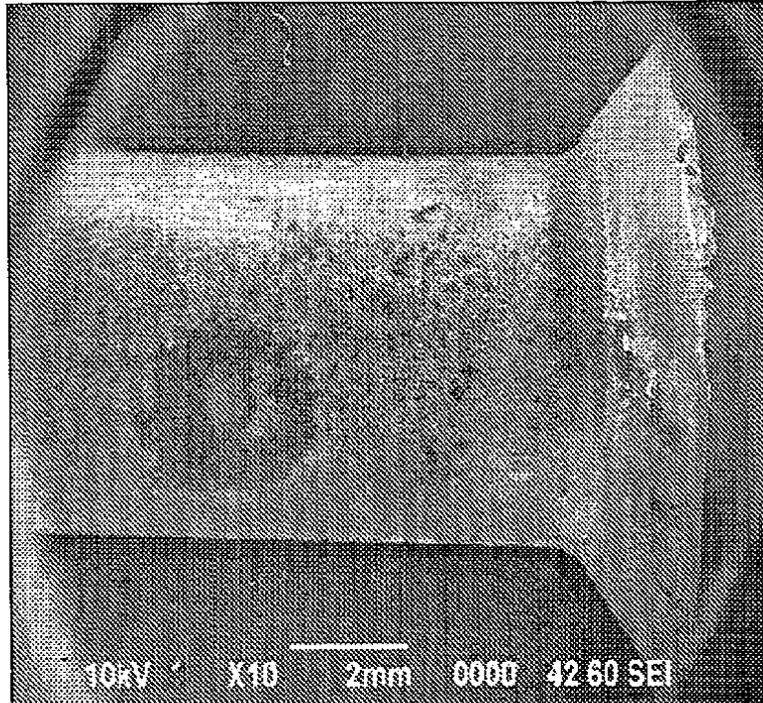


Fig. 21

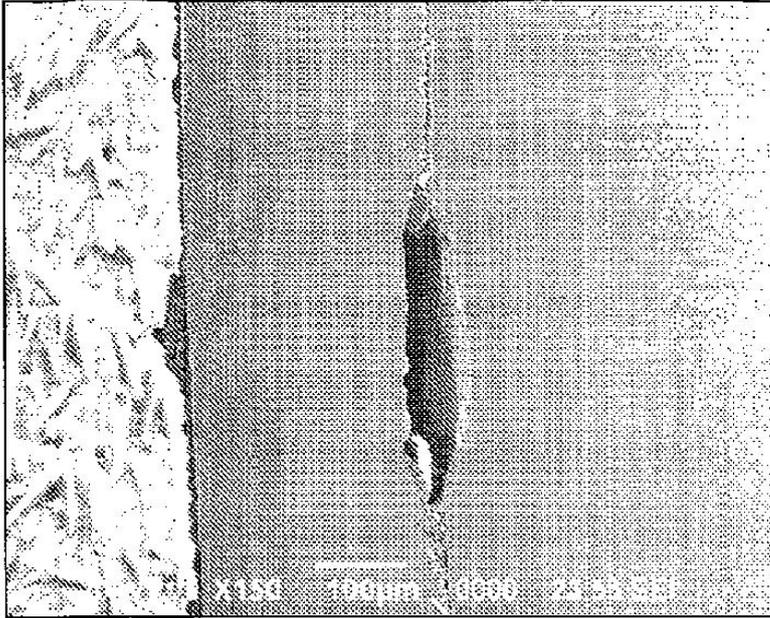


Fig. 22

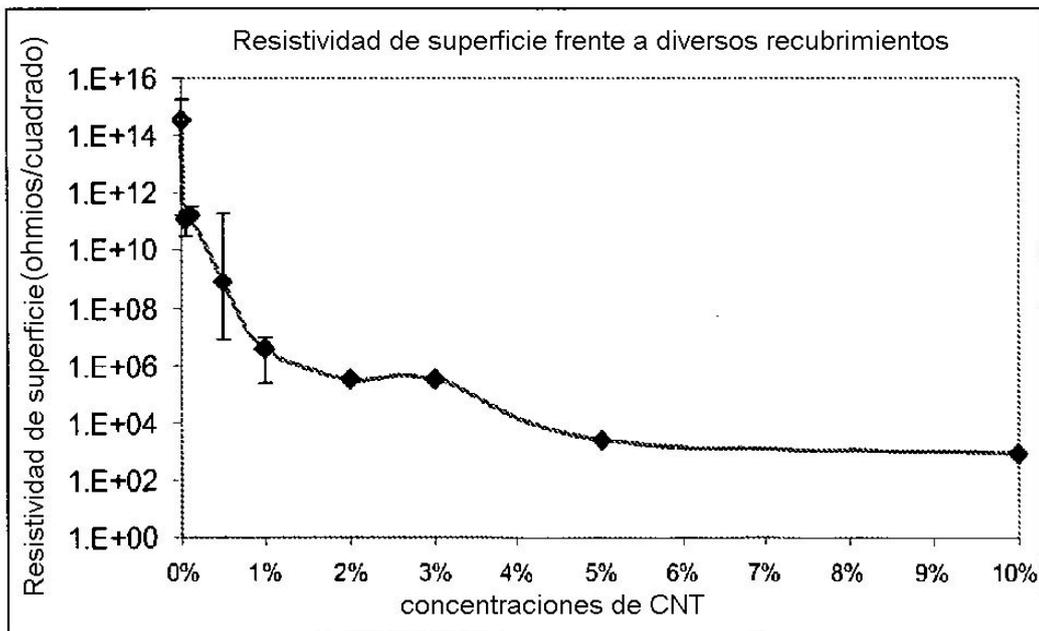


Fig. 23

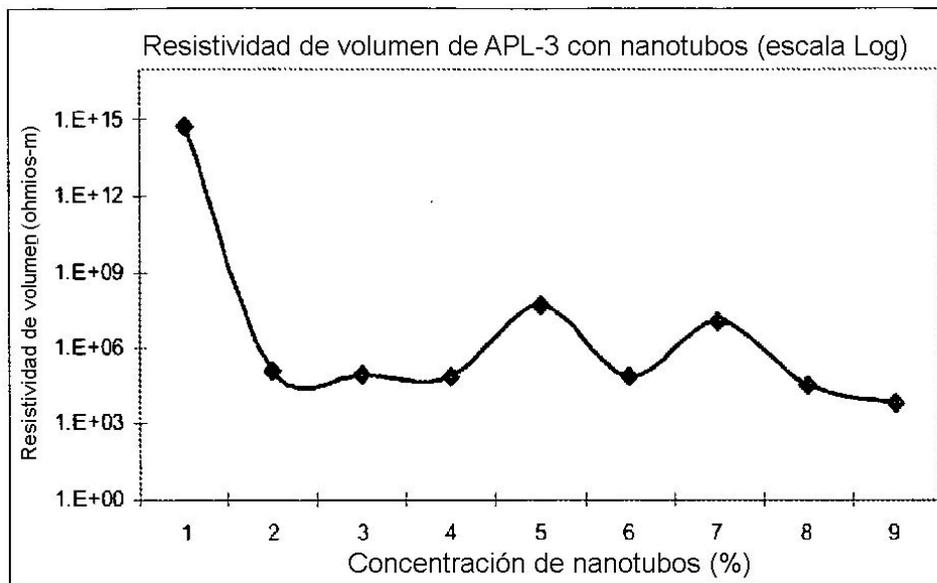


Fig. 24

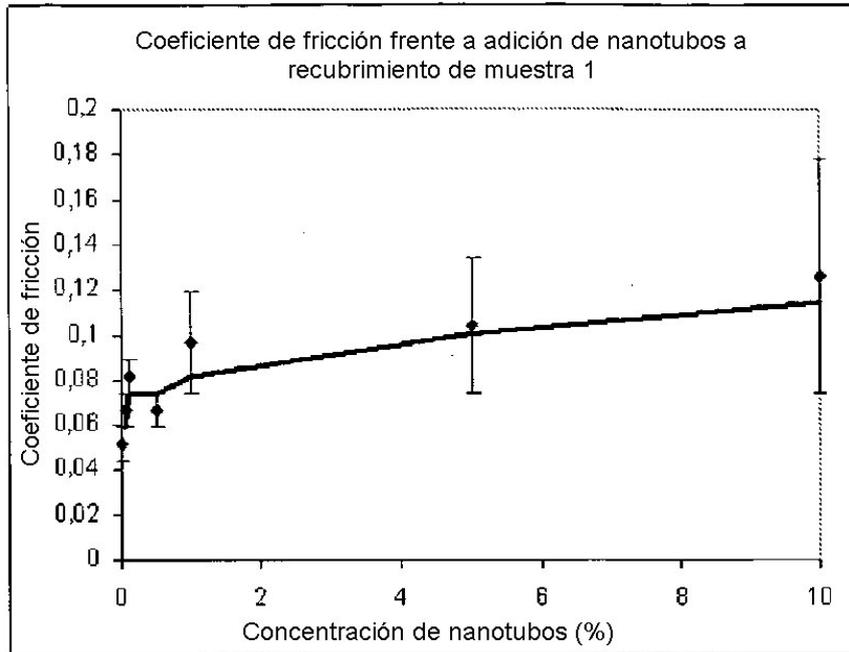


Fig. 25

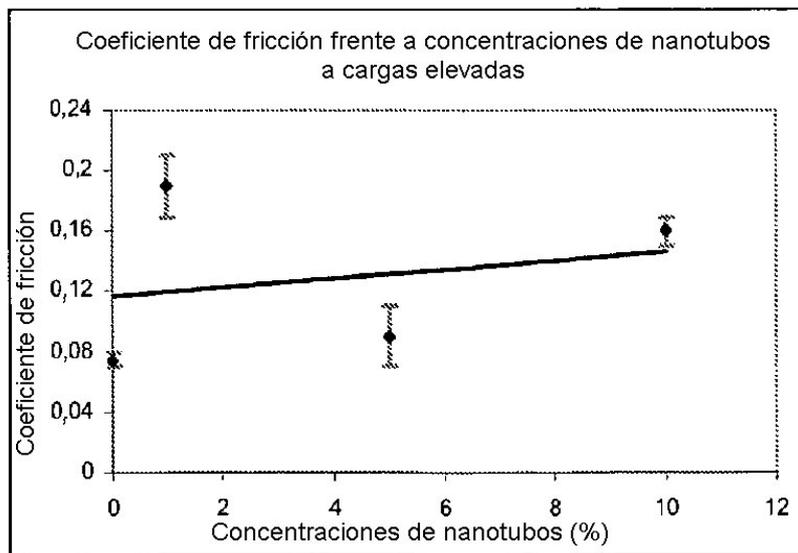


Fig. 26

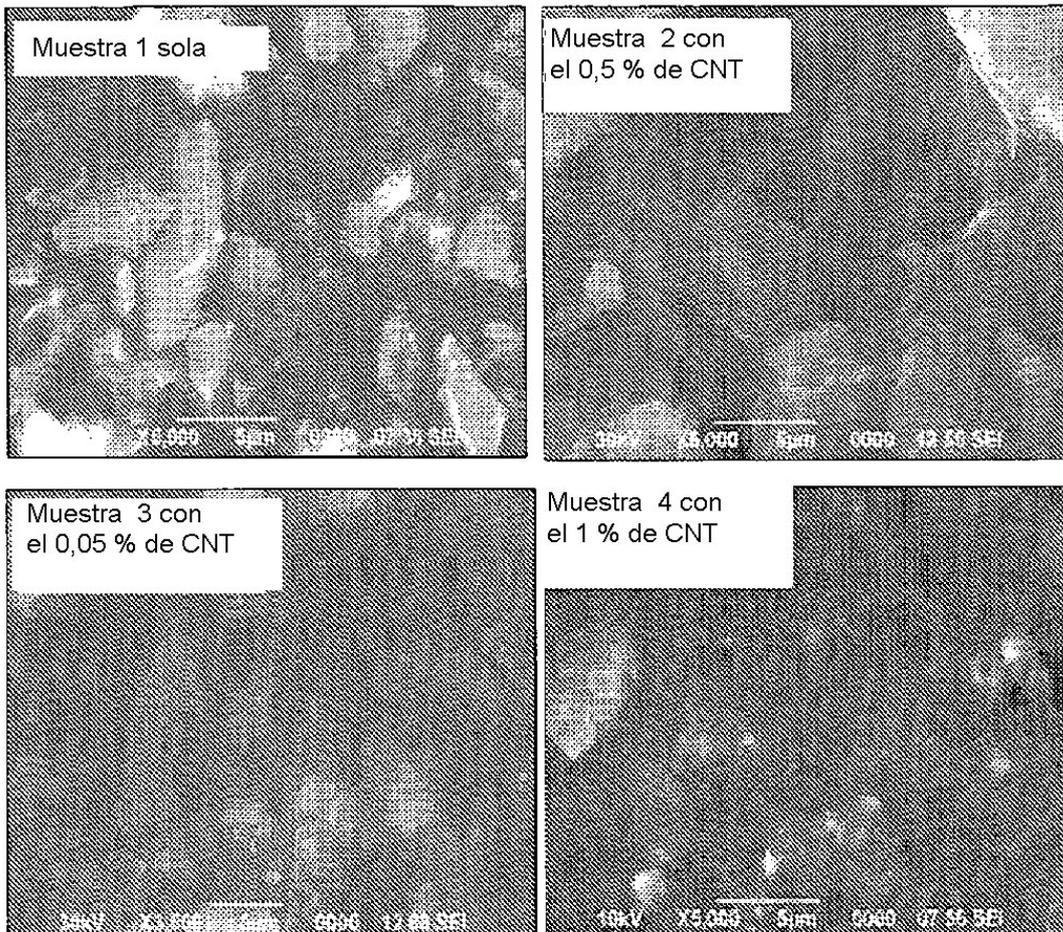


Fig. 27

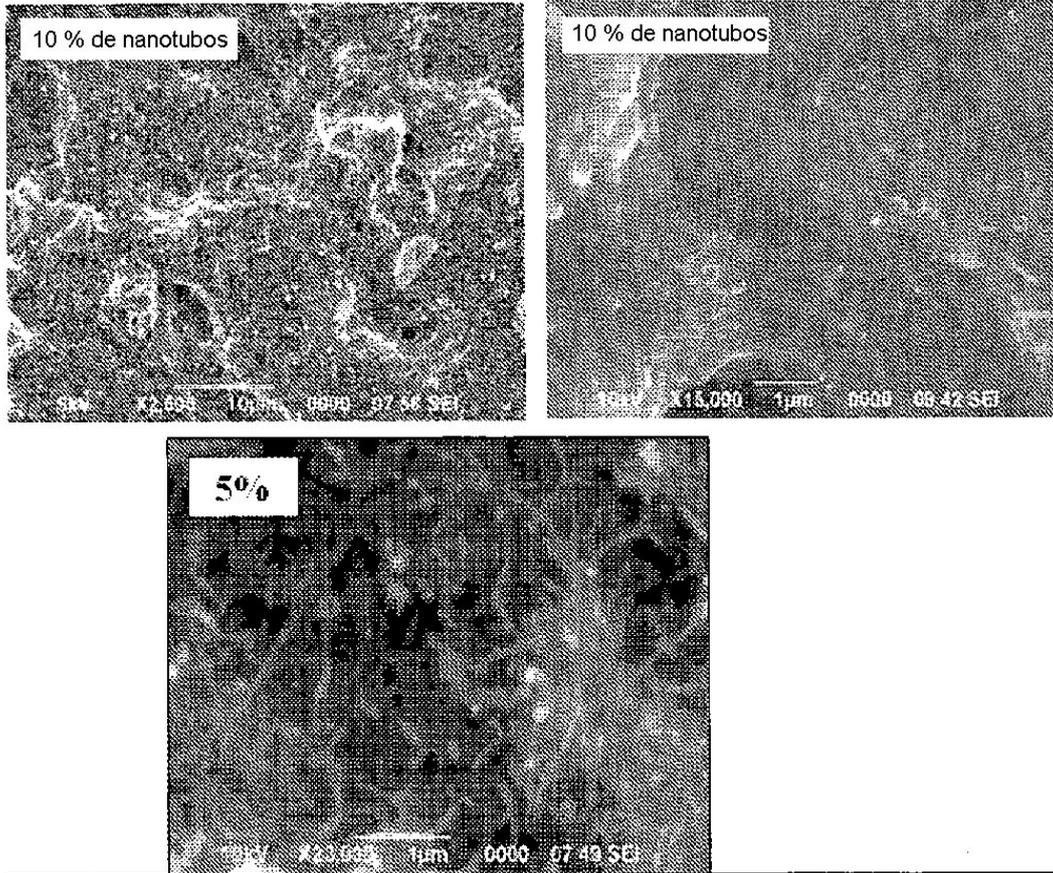


Fig. 28

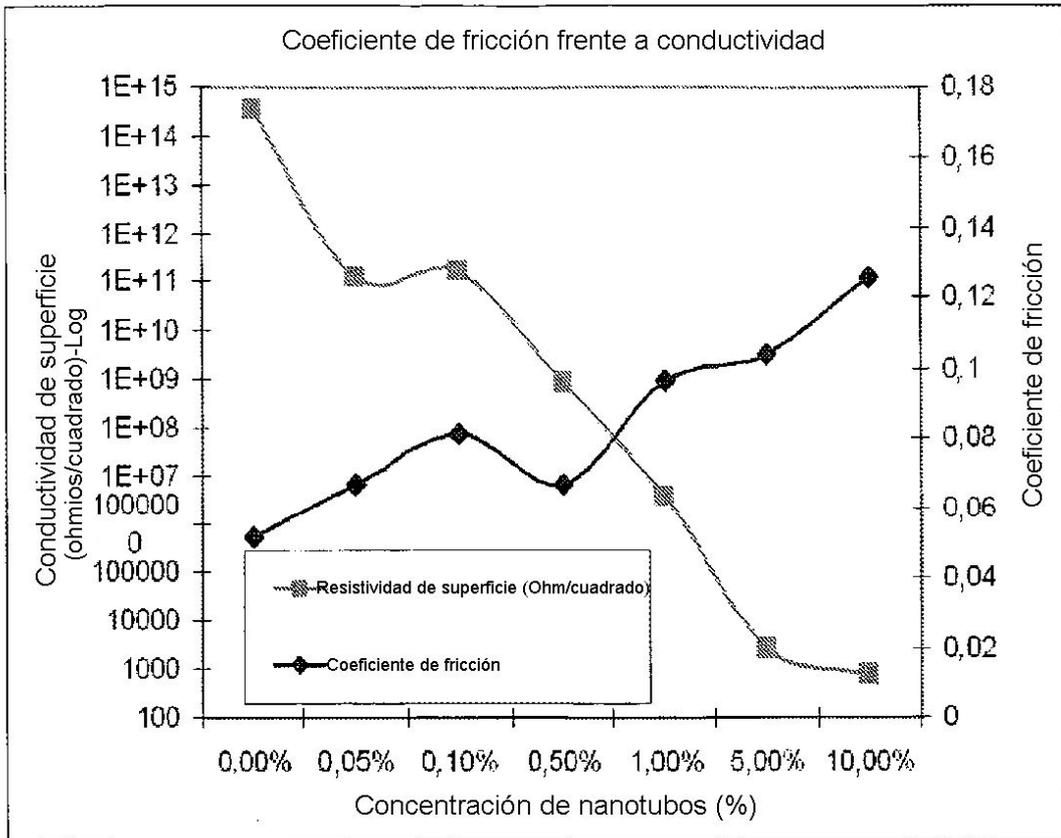


Fig. 29