(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 280 278**

(51) Int. Cl.:
H01H 1/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **01104952 .5**
(86) Fecha de presentación : **01.03.2001**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1130608**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2001**

(54) Título: **Procedimiento para fabricar un material de contacto para piezas de contacto de aparatos de conexión bajo vacío, así como material de contacto y piezas de contacto para ello.**

(30) Prioridad: **04.03.2000 DE 100 10 723**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

(73) Titular/es: **Metalor Technologies International S.A.**
avenue du Vignoble 2
2009 Neuchâtel, CH
Moeller GmbH

(72) Inventor/es: **Hauner, Franz;**
Rolle, Susett y
Lietz, Alfredo

(74) Agente: **Botella Reyna, Antonio**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar un material de contacto para piezas de contacto de aparatos de conexión bajo vacío, así como material de contacto y piezas de contacto para ello.

La invención concierne a un procedimiento para fabricar un material de contacto de cobre y cromo en una relación de 40 a 75% en peso de cobre y 25 a 60% en peso de cromo en forma de un producto semielaborado, a partir del cual se confeccionan las piezas de contacto individuales para su uso en aparatos de conexión bajo vacío. La invención concierne además a materiales de contacto como producto semielaborado para fabricar piezas de contacto de aparatos de conexión bajo vacío, así como a piezas de contacto para aparatos de conexión bajo vacío.

Las piezas de contacto para uso en aparatos de conexión bajo vacío, como contactores de vacío, seccionadores bajo carga en vacío e interruptores de potencia en vacío para baja tensión y media tensión, deben distinguirse por una baja porosidad residual, un bajo contenido de gas, una elevada resistencia estructural y una alta conductividad eléctrica. Además, los materiales de contacto y las piezas de contacto deben poder fabricarse de forma económica.

Desde hace tiempo, se ha impuesto en todo el mundo el principio de conexión bajo vacío en el dominio de alta tensión con tensiones de entre 3 y 36 kV. La utilización predominante se refiere a interruptores de potencia. En menor medida se utilizan contactores de hasta un máximo de 12 kV. La elevada rigidez dieléctrica del interruptor de vacío y la conexión completamente libre de emisiones hacen atractivo el principio de conexión bajo vacío con un desarrollo ulterior del proceso de fabricación y la consiguiente reducción de los costes también para los aparatos de conexión de baja tensión. Para esta aplicación del principio de conexión bajo vacío entran en consideración, en primer término, contactores, interruptores de potencia y seccionadores bajo carga con funcionamiento nominal o corrientes nominales de 100 a 1000 A o de 630 a 6300 A a tensiones de hasta 1000 (1500) V.

Los requisitos impuestos a los aparatos de conexión antes mencionados son muy diferentes. En interruptores de potencia en vacío para media tensión ocupa el primer plano la capacidad de desconexión de cortocircuitos de hasta aproximadamente 50 kA. El número de conexiones a corriente nominal está en 30.000. Por el contrario, en un contactor, predomina el número de conexiones con al menos 500.000. Además, en un contactor no debe surgir ningún error de desconexión y éste debe estar en condiciones de poder desconectar de forma segura la corriente de funcionamiento nominal 10 a 12 veces mayor y de poder conectarla con soldaduras separables, siendo las fuerzas del accionamiento comparativamente bajas. A pesar de que un contactor de vacío no debe desconectar ninguna corriente de cortocircuito, debe ser capaz, especialmente para corrientes de funcionamiento nominales pequeñas, de conducir la corriente de paso del fusible antepuesto hasta que el fusible haya interrumpido el circuito eléctrico. En este caso, ha de poder romperse la soldadura en las piezas de contacto.

Por el contrario, el interruptor de potencia en vacío para baja tensión debe poseer una capacidad de desconexión de cortocircuitos 2 a 3 veces mayor que la del interruptor de potencia para media tensión. Además, se utilizan también interruptores de potencia para baja tensión como guardamotor, de modo que no deba surgir ningún error de desconexión.

Por el contrario, el seccionador bajo carga debe poder conectar corrientes de hasta 20 veces la corriente nominal. Las soldaduras de las piezas de contacto que surgen en este caso deben poder romperse por medio del accionamiento.

Los materiales de contacto o las piezas de contacto para interruptores de vacío a base de cromo y cobre son conocidos en diferentes realizaciones como material fusible o como fabricados según procedimientos pulvimetalúrgicos o según procedimientos de impregnación y sinterización.

Por el documento DE OS 1640039 se conoce un material de contacto de cobre y cromo para interruptores de vacío que tiene una matriz metálica sinterizada de cromo que está impregnada con una sustancia de impregnación de cobre. Los documentos DE 2357333 A1 y DE 2521504 A1 describe como material de contacto para interruptores de vacío una matriz metálica sinterizada en la que se ha añadido aluminio o zinc como aditivo de fragilización al componente principal de, por ejemplo, cromo, y esta matriz metálica está impregnada con una sustancia de impregnación de cobre, plata o aleaciones de estos metales. Las temperaturas de sinterización están aquí por encima de 1200ºC, mientras que la temperatura de fusión de la sustancia de impregnación está por debajo de la correspondiente temperatura de sinterización. Según los procedimientos antes citados, se fabrican preferiblemente materiales del contacto del tamaño y forma de las piezas de contacto individuales.

Asimismo, en el documento DE 2240493 A1 se describe un material de contacto para interruptores de vacío que presenta una matriz metálica sinterizada de un componente principal metálico con un punto de fusión por encima de 1600ºC y un componente secundario metálico con un punto de fusión por encima del punto de fusión de una sustancia de impregnación, impregnándose la matriz metálica sinterizada de, por ejemplo, cobre como sustancia de impregnación.

Además, por el documento US 3960554 se conoce un procedimiento para fabricar piezas de contacto de cromo y cobre para interruptores de vacío, con un contenido de cromo de 40 a 60% en peso, en el que, en un primer paso, la cantidad deseada de polvo de cromo para la pieza de contacto acabada se mezcla con una cantidad muy pequeña de polvo de cobre y, a partir de esto, se fabrica una pieza prensada que se sinteriza a continuación para fabricar una matriz

de cromo porosa que se infiltra a continuación con la gran cantidad de cobre bajo sinterización adicional hasta que se llene la matriz de cromo con cobre en la proporción deseada de 60 a 40% en peso de cobre a 40 a 60% en peso de cromo. En este procedimiento se trabaja inicialmente con menos del 10% en peso de polvo de cobre para fabricar la matriz sinterizada y la proporción mayor de polvo de cobre de al menos 30 a 50% en peso se introduce exclusivamente por infiltración posterior en la matriz sinterizada de cromo.

Los procedimientos de impregnación y sinterización para fabricar materiales de contacto de cobre y cromo individuales adolecen de la desventaja de que, debido a la introducción de toda la cantidad de cobre o casi toda la cantidad de cobre en fase líquida, a saber, por infiltración en la matriz sinterizada de cromo, se originan piezas en bruto con una clara sobremedida que deben someterse posteriormente a una mecanización correspondiente por arranque de virutas para obtener la forma final de la pieza de contacto deseada.

Otro procedimiento para fabricar piezas de contacto individuales es el procedimiento pulvimetalúrgico, en el que una mezcla de polvo del componente de alto punto de fusión, como cromo, y el componente de bajo punto de fusión, como cobre, se prensan para obtener una pieza en bruto y, a continuación, se sinteriza ésta y el cuerpo sinterizado se vuelve a prensar en frío o en caliente para fines de compactación, como se describe, por ejemplo, en los documentos DE 2914186 A, DE 3406535 A1 y EP 0184854 A2. La concentración de los componentes puede seleccionarse en este procedimiento dentro de amplios límites y el contorno de las piezas en bruto casi corresponde a la forma final de las piezas de contacto. No aparecen extensos sistemas de cavidades en el material, como los que pueden originarse en materiales de impregnación malos, pero los materiales sinterizados de este tipo poseen una porosidad residual y una densidad que están alejadas usualmente en al menos un 2% de la densidad teórica de 100% y que repercuten desventajosamente durante su uso como material de contacto de piezas de contacto para tubos de conexión bajo vacío. Por tanto, el rendimiento de los materiales sinterizados puros está limitado.

Por tanto, para reducir la porosidad de piezas de contacto fabricadas por vía pulvimetalúrgica a base de cobre y cromo para tubos de conexión de vacío se ha propuesto ya, según el documento WO 90/15424 (PCT/DE 8900343) un procedimiento de dos etapas para compactar la pieza prensada de polvo, en el que se sinterizan piezas prensadas de polvo bajo alto vacío y, a continuación, los cuerpos sinterizados se someten a un prensado isostático en caliente a temperaturas por debajo del punto de fusión del cobre en una atmósfera de gas protector a presiones entre 200 y 2000 bares. Con este proceso muy costoso es posible reducir aún más la porosidad del producto acabado y conseguir aproximadamente un 99% de la densidad teórica.

Según la patente EP 0172411 B1, se propone un material fusible de cobre y cromo para piezas de contacto de interruptores de vacío, con el que se fabrica una pieza prensada a partir de una mezcla de polvo de cromo y cobre por medio de prensado isostático a una alta presión de 3000 bares, sinterizándose al vacío a continuación dicha pieza prensada a temperaturas que se encuentran cerca o por encima del punto de fusión del cobre. La pieza en bruto sinterizada así fabricada se usa como electrodo fungible en un horno de fusión por arco eléctrico y se refunde bajo helio como gas protector. El material de electrodo fundido se solidifica en una lingotera de cobre refrigerada por agua y el bloque fundido así generado por fusión de arco eléctrico se transforma a continuación, por extrusión maciza directa, en un producto semielaborado para piezas de contacto, utilizándose grados de transformación de más de 60%, por ejemplo 78%. Este producto semielaborado presenta una estructura dirigida en la que las dendritas de cromo muy finas que surgen por la refrigeración en la lingotera de cobre después de la refundición se presentan bajo una disposición en forma de líneas con dirección preferente. A partir de la pieza en bruto transformada se cortan discos como piezas de contacto, obteniéndose una superficie de conexión de las piezas de contacto perpendicular a la estructura dirigida existentes. Las piezas de trabajo de cobre y cromo fabricadas con este procedimiento son extremadamente complicadas y caras debido al procedimiento multietapa utilizado y a las cantidades necesarias de energía de la fusión por arco eléctrico.

En el documento WO 90/15425 (PCT/DE 8900344) se propone un procedimiento más económico para fabricar materiales de contacto de cobre y cromo para piezas de contacto de interruptores de vacío con porosidad residual reducida, según el cual, en un primer paso, se prepara una mezcla de polvo a partir de polvos de los componentes y, a partir de ella, se fabrica una pieza prensada que se sinteriza a continuación y se somete a un proceso de recalcado o de extrusión en frío con un grado de transformación mínimo de 40% para mejorar la compactación final, debiendo lograrse un llenado del espacio de al menos un 99% de la densidad teórica. Se obtiene en este caso una ligazón de los componentes cobre y cromo por medio de la soldadura en frío de los componentes de la estructura, prefiriéndose polvo de cromo con distribuciones de tamaños de grano relativamente pequeñas por debajo de 63 μm. Estas partículas de cromo están unidas en el cuerpo de sinterizado sólo parcialmente por medio de puentes de sinterización, de modo que ciertamente son estiradas por la deformación en una dirección preferente, pero no forman ninguna matriz suficientemente continua y la calidad de la ligazón entre el cobre y el cromo y, por tanto, las propiedades de conexión están necesitadas de una mejora.

La invención se basa en el problema de crear un procedimiento económico para fabricar materiales de contacto para aparatos de conexión bajo vacío, con el cual se creen materiales de contacto que satisfagan los más altos requisitos, en particular se mejore su comportamiento de cremación y su vida útil, y que presenten una porosidad residual muy reducida y alcancen una densidad de al menos el 99% de la densidad teórica.

Según la invención, para solucionar el problema planteado, se propone un procedimiento para fabricar un material de contacto en forma de un producto semielaborado de cobre y cromo en una relación de 40 a 75% en peso de cobre y de 25 a 60% en peso de cromo, con los siguientes pasos de procedimiento:

- se prensa el polvo de cromo en una cantidad correspondiente al contenido de cromo del material de contacto a fabricar o una mezcla de polvo de cromo en una cantidad correspondiente al contenido de cromo del material de contacto a fabricar y polvo de cobre en una cantidad menor aproximadamente en un 5 a 15% en peso con respecto al contenido de cobre del material de contacto a fabricar, aplicando presiones de entre 200 y 1000 Mpa para formar una pieza prensada porosa que presenta una densidad correspondiente a un 75 a 90% de la densidad teórica,

- se recubre la pieza prensada porosa con al menos la cantidad de cobre que falta en el contenido de cobre del material de contacto a fabricar,

- seguidamente, se calienta la pieza prensada cubierta con cobre bajo alto vacío a una temperatura hasta el punto de fusión del cobre o por encima de éste, sinterizándose la pieza prensada para formar un cuerpo sinterizado de matriz de cromo o un cuerpo sinterizado de matriz de cobre y cromo, y siendo simultáneamente impregnado el cuerpo sinterizado de matriz de cromo o el cuerpo sinterizado de matriz de cobre y cromo originado por el cobre a licuar que cubre la pieza prensada,

- y se obtiene un cuerpo sinterizado de cromo impregnado de cobre o un cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre con un contenido de cobre elevado con respecto a la pieza prensada y una densidad correspondiente a un 96 a 98% de la densidad teórica,

- y el cuerpo sinterizado de cromo impregnado de cobre o el cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre obtenido se transforma a continuación en un producto semielaborado que constituye el material de contacto por medio de extrusión en frío en una dirección de estiramiento, estirándose los granos de cromo en los cuerpos sinterizados en dicha dirección de estiramiento para formar tallos de cromo y formando estos granos una estructura dirigida alargada, y ascendiendo el grado de transformación de los cuerpos sinterizados al menos a un 30%,

- y se obtiene un producto semielaborado de material de contacto con una estructura dirigida y con una densidad correspondiente a al menos un 99%, en particular un 99,5 al 99,9 de la densidad teórica.

Perfeccionamientos ventajosos del procedimiento según la invención se pueden extraer de los rasgos caracterizantes de las reivindicaciones subordinadas.

Según la invención, se genera un material de contacto de alto rendimiento de cobre y cromo, en un proceso de múltiples etapas, a saber, fabricación de una pieza prensada de polvo de cromo porosa o una pieza prensada de polvo de cobre y cromo porosa que presenta una cantidad menor de cobre en la pieza prensada con respecto a la composición última del producto final; a continuación, fabricación de una matriz de cromo o de una matriz de cobre y cromo por sinterización bajo alto vacío y, simultáneamente, impregnación de la matriz con cobre adicional, con lo que se obtiene un cuerpo sinterizado denso, y una compactación mecánica adicional siguiente del cuerpo sinterizado impregnado de cobre, transformándolo y estirándolo simultáneamente en una dirección, con lo que se obtiene un material de contacto en forma de un producto semielaborado que, debido a la deformación, presenta una estructura dirigida de cromo y cobre en forma de tallos de cromo embebidas en bandas de cobre alargadas y que tiene una densidad nuevamente elevada con respecto al cuerpo sinterizado impregnado, la cual casi corresponde a la densidad teórica.

Es esencial para conseguir una compactación elevada del cuerpo sinterizado impregnado de cobre y la estructura dirigida a el uso de polvo de cromo muy puro obtenido electrolíticamente con un grado de pureza de al menos un 99,8% con contenidos de gas muy bajos, en particular de oxígeno y nitrógeno, menores, respectivamente, de 200 ppm y contenidos muy bajos de hierro y aluminio, igualmente menores de 200 ppm. Este cromo muy puro se puede deformar aún sorprendentemente bien en la forma presente como cuerpo sinterizado, con lo que se obtiene el producto semielaborado de material de contacto según la invención con estructura dirigida.

La transformación del cuerpo de sinterizado de cromo o del cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre puede realizarse por extrusión o forja o laminación ejecutadas siempre en una dirección.

Asimismo, para conseguir también una estructura resistente por la transformación posterior del cuerpo sinterizado impregnado, se usa preferiblemente un polvo de cromo con una granulometría mayor de 50 μm a aproximadamente 160 μm, prefiriéndose en particular una mezcla de granulometrías.

Para el proceso de sinterización e impregnación de la pieza prensada porosa de polvo de cobre o de polvo de cobre y cromo, la cantidad de cobre que aún falta para la composición final deseada del material de contacto se compacta también, en su caso, un poco más, por ejemplo en forma de cobre compacto, sobre y/o debajo de la pieza prensada y se somete justo con ésta al proceso de sinterización. El proceso de sinterización se realiza preferiblemente bajo alto vacío a presiones menores de 10^{-4} milibares, calentando continuamente la pieza prensada a una temperatura hasta al menos la necesaria para fundir el cobre, formándose, por un lado, la aleación de cobre y cromo por sinterización e impregnándose además la matriz de cobre y cromo o la matriz de cromo que se forma con el cobre macizo adicional. La pieza prensada se compacta a una densidad por encima del 99% de la densidad teórica por medio del proceso de sinterización y de impregnación, variándose simultáneamente también la composición original de la pieza prensada de cromo o cobre y cromo hasta la composición deseada de la cantidad de cobre y cromo mediante una elevación del contenido de cobre y consiguiéndose la composición final deseada. El cuerpo sinterizado de cromo impregnado de cobre o el cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre así fabricado presenta una elevada densidad, una

estructura muy resistente y una elevada ductilidad. Esto último se consigue también por el uso de un cromo muy puro, a saber, un polvo de cromo obtenido electrolíticamente.

El material de contacto presenta una excelente ligazón entre los componentes cobre y cromo debido a la fase líquida durante la impregnación. El material de contacto fabricado según la invención es un material pulvimetalúrgico que presenta una estructura dirigida como consecuencia de la transformación del cuerpo sinterizado.

Según la invención, se propone un material de contacto pulvimetalúrgico en forma de un producto semielaborado para piezas de contacto de aparatos de conexión bajo vacío, hecho de cobre y cromo en una relación de 40 a 75% en peso de cobre y de 25 a 60% en peso de cromo, que es obtenido por fabricación de una pieza prensada de una mezcla de polvo, sinterización e impregnación adicional de la pieza prensada con cobre y posterior transformación del cuerpo sinterizado impregnado de cobre y que presenta, debido a la transformación en una dirección de estiramiento, una estructura dirigida con tallos de cromo alargadas que están embebidas en bandas de cobre alargadas, y que tiene una densidad de al menos un 99%, en particular más de un 99,4% de la densidad teórica y cuya conductividad eléctrica y resistencia a la tracción paralelamente a la dirección de estiramiento es al menos un 10% más alta que perpendicularmente a dicha dirección de estiramiento. Un material de contacto pulvimetalúrgico preferido de alto rendimiento según la invención presenta un contenido de 55 a 62% en peso de cobre, un grado de transformación de al menos un 70% y una conductividad eléctrica paralelamente a la dirección de estiramiento que está en un 45% de la conductividad eléctrica del cobre puro y tiene una resistencia a la tracción en la dirección de estiramiento de al menos 550 N por mm^2.

Las piezas de contacto según la invención para aparatos de conexión bajo vacío, hechas de un material de contacto pulvimetalúrgica a base de polvo de cobre y polvo de cromo en una proporción de 40 a 75% en peso de cobre y 25 a 60% en peso de cromo, fabricadas por confección de un producto semielaborado, están caracterizadas por un cuerpo sinterizado impregnado de cobre con una matriz de cromo o una matriz de cobre y cromo que ha sido deformado en frío en o en caliente en una dirección de estiramiento hasta al menos un 30% y presenta una densidad correspondiente a al menos un 99%, en particular más de un 99,4% de la densidad teórica, cuya superficie de contacto está formada transversalmente a la dirección de estiramiento y su resistencia a la tracción y su conductividad eléctrica paralelamente a la dirección de estiramiento son respectivamente al menos un 10% más altas que transversalmente a dicha dirección de estiramiento.

Las piezas de contacto según la invención para aparatos de conexión bajo vacío se fabrican confeccionándose el producto semielaborado de material de contacto según la invención, estando formadas las superficies de contacto de las piezas de contacto perpendicularmente a la dirección de estiramiento del producto semielaborado de material de contacto. Los cuerpos sinterizados impregnados se obtienen usualmente en forma de lingotes, con lo que por estiramiento en una dirección y transformación se obtiene un producto semielaborado en forma de barras.

Se ha encontrado que se logran los mejores resultados utilizando polvo de cromo muy puro obtenido electrolíticamente - cromo electrolítico. Es cierto que, el cromo electrolítico puro tiene también en la superficie de los granos de polvo unas delgadas películas de óxido de cromo, pero éstas no se conservan sobre las partículas de cromo, durante el proceso de fabricación del material de contacto de cobre y cromo, sino que son llevadas hacia abajo por el cobre líquido durante el proceso de impregnación y sinterización y se desprenden de las partículas de cromo. Así, durante el proceso de impregnación y sinterización el cobre se puede alear entonces con el cromo y llevar a una sólida unión entre las dos fases. Por medio del proceso de transformación, el cromo electrolítico muy puro y, por tanto, relativamente dúctil se transforma en tallos de cromo alargados, como consecuencia de lo cual la porción de superficie límite entre el cobre y el cromo en la superficie de contacto, es decir, perpendicularmente a la superficie de conexión de los contactos, es muchas veces más alta que paralelamente a la superficie de conexión.

El material de contacto según la invención y las piezas de contacto fabricadas a partir de él son adecuados para satisfacer las exigencias de los aparatos de conexión bajo vacío y, en particular, se caracterizan por:

- alta resistencia a la cremación,
- elevada vida útil eléctrica,
- alta rigidez dieléctrica debido a una estructura de conexión cerrada homogénea y una cremación uniforme,
- una conductividad eléctrica constante durante toda la vida útil,
- una capa de la estructura de conexión extremadamente delgada y cerrada, que se forma en la superficie de contacto,
- alta densidad con inclusiones de gas despreciables,
- fabricación económica,
- alta conductividad térmica y eléctrica.

Durante la vida útil eléctrica de un aparato de conexión bajo vacío se forma una capa de estructura de conexión en toda la superficie de contacto de las piezas de contacto. Dado que la corriente en las dos superficies debe pasar primero por esta capa de la estructura de conexión, ésta tiene una influencia sustancial sobre la transmisión de corriente y la vida útil del aparato de conexión bajo vacío. La resistencia de paso de esta capa de la estructura de conexión es sensiblemente más alta que la del material de contacto de cobre y cromo. En cada conexión se forma una masa fundida de cobre y cromo y, después de la solidificación y según la velocidad de refrigeración, la capa de la estructura de conexión presenta una estructura más o menos fina de cristales mixtos de cobre y cromo. Esta textura de la capa de la estructura de conexión influye en la conductividad térmica y eléctrica, así como en la dureza. Con el material de contacto según la invención se consigue la formación de una capa de la estructura de conexión especialmente favorable con una alta resistencia de dicha estructura.

El material de contacto según la invención forma en la superficie de las piezas de contacto durante la vida útil eléctrica una capa de estructura de conexión delgada y plana que está unida completamente con el material de contacto y se adhiere a éste. De esta forma, se evita la formación de grietas perjudiciales, tanto dentro de la pieza de contacto como también en la zona de la estructura de conexión sobre la superficie. La conductividad eléctrica y la conductividad térmica son altas debido a la capa delgada y completamente adherida de la superficie que se forma debido a la conexión como capa de estructura de conexión. Esta capa delgada lleva tanto a una refrigeración rápida y, en consecuencia, a una pequeña fuerza de soldadura, como también a un calentamiento térmico reducido debido al flujo de corriente eléctrica. La cremación del material de contacto según la invención es pequeña debido a la formación de esta capa de barrera delgada en la superficie de las piezas de contacto como consecuencia de la conexión, lo cual lleva aparejado una vida útil larga.

El material de contacto presenta una elevada resistencia a esfuerzos de tracción perpendiculares a la superficie de conexión, con lo que la separación durante la apertura de las piezas de contacto después de las primeras conexiones se realiza preferiblemente en el lugar de soldadura o bien sólo aparecen desprendimientos insignificantes en el material de contacto.

El material de contacto según la invención puede utilizarse principalmente en aparatos de conexión bajo vacío o en tubos de conexión bajo vacío para baja y media tensión.

La importante mejora de la calidad del cuerpo sinterizado de cromo o de cobre y cromo impregnado de cobre se consigue por efecto de la transformación dirigido, siendo los grados de transformación preferiblemente de más de un 50%, realizándose la transformación de tal modo que la matriz sinterizada es estirada en una dirección, con lo que los granos de polvo de cromo se alargan para formar tallos y el cobre se transforma en bandas de cobre alargadas. De este modo, por un lado, se eleva sustancialmente la resistencia en la dirección de estiramiento y, por otro lado, se mejora también sustancialmente la conductividad, en particular la conductividad eléctrica en la dirección de estiramiento. Se obtiene un material de contacto pulvimetalúrgico con estructura dirigida.

Según la invención, se realiza una transformación de los cuerpos sinterizados en la medida en que tallos o fibras de cromo alargados se reducen de tamaño hasta 10 veces con respecto al diámetro inicial de los granos de cromo.

La superficie de contacto de las piezas de contacto se forma confeccionando de piezas de contacto transversalmente a la dirección de estiramiento del producto semielaborado de material de contacto. La superficie de contacto de la pieza de contacto presenta puntos finos de cromo distribuidos en el cobre correspondientes a los finos tallos de cromo del armazón sinterizado de cromo estirado, lo que es una condición previa para un buen contacto y hace posible la configuración posterior de una capa de estructura de conexión muy delgada en el rango de 100 μm.

La adherencia de la capa de estructura de conexión delgada a la estructura de base del material de contacto es relativamente buena. La capa de estructura de conexión delgada lleva a una evacuación de calor muy buena hacia el material de contacto. En otras palabras, para esta capa de estructura de conexión delgada está en primera línea la textura de la estructura dirigida del material de contacto. Por medio de esta textura de la estructura dirigida se logra en dirección perpendicular a la superficie de contacto y de conexión, con 27 Sm/m, una conductividad un 30% más elevada que en dirección paralela a la superficie de contacto y de conexión.

La corriente eléctrica circula sin impedimento (poros o grietas) y, por tanto, con densidad de corriente homogénea siguiendo un recorrido directo desde la capa de estructura de conexión al material de contacto, donde puede circular sin casi ningún estorbo a lo largo de las bandas de cobre.

La cremación en esta superficie de contacto es pequeña debido a la capa de estructura de conexión que actúa como capa de barrera, lo que lleva a un claro aumento de la vida útil.

La conductividad eléctrica puede ascender en la dirección de estiramiento a un 30% y más que en dirección perpendicular a ella y la resistencia a la tracción en la dirección de estiramiento puede aumentarse también en la dirección de estiramiento con respecto a la dirección transversal en un 30% y más dependiendo del grado de transformación y del contenido de cobre.

La configuración de la superficie del material de contacto de la pieza de contacto con puntos de cromo finos, incrustados en el cobre, hace posible una cremación uniforme y, por tanto, la elevada vida útil de la pieza de contacto.

Esta superficie de la pieza de contacto, que se funde en cada proceso de conexión, evacua mal el calor, pero, según la invención, se produce una buena evacuación del calor debido a la estructura dirigida del material de contacto.

El producto semielaborado de material de contacto fabricado por transformación a partir del cuerpo sinterizado impregnado de cobre puede ser deformado de la manera deseada, con una dirección preferente, por extrusión en frío o en caliente, por forja en frío o en caliente o por laminación en frío o en caliente, para formar una estructura correspondiente. A partir de este producto semielaborado de material de contacto deformado pueden obtenerse las piezas de contacto de la manera deseada por mecanización de arranque de virutas. Preferiblemente, se cortan unos discos de espesor deseado a partir del producto semielaborado del material de contacto, por ejemplo barras, transversalmente a la dirección de estiramiento, los cuales, por un arranque de virutas o por estampación, en frío o en caliente, se llevan a la forma final deseada de las piezas de contacto para los aparatos de conexión bajo vacío.

El proceso de impregnación, simultáneamente con el proceso de sinterización del cuerpo sinterizado de cromo o el cuerpo sinterizado de cobre y cromo con una pequeña cantidad residual de cobre, sirve para la eliminación de la porosidad restante presente y para lograr una buena ligazón como consecuencia de la fase líquida del cobre que sirve para la impregnación.

A continuación, se explica la invención con ayuda de las representaciones metalográficas.

Muestran:

La figura 1, la superficie de una sección de un cuerpo sinterizado impregnado de cobre paralelamente a la dirección de estiramiento posterior X;

La figura 2, la superficie de una sección del producto semielaborado de material de contacto fabricado por transformación del cuerpo sinterizado según la figura 1, paralelamente a la dirección de estiramiento X;

La figura 3, un cuerpo sinterizado de cobre y cromo con capa formada de la estructura de conexión; y

La figura 4, un material de contacto según la figura 2 con capa formada de la estructura de conexión.

En la figura 1 está representada una sección a través de un cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre en forma de lingote, paralelamente al eje X, en una ampliación de 50 aumentos, con una composición que contiene 40% en peso de cromo y 60% en peso de cobre que aún no se ha transformado.

Puede apreciarse la matriz sinterizada de los granos de polvo de cobre todavía sustancialmente granulosos o aglomerados en forma granulosa en las zonas de cobre fundidas.

En la figura 2 está ilustrada una representación del cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre según la figura 1 después de una transformación en frío por extrusión con un grado de transformación de entre 75 y 80%. La representación muestra una sección paralela a la dirección de estiramiento X, es decir, la dirección de extrusión, en una ampliación de 50 aumentos. Resulta obvio que, por la transformación, se obtiene una estructura alargada de la matriz sinterizada y, en particular, se realiza un estiramiento de los granos de cromo para formar largos tallos de cromo que están embebidos entre bandas de cobre alargadas, con lo que la superficie F que sirve posteriormente como superficie de contacto de las piezas de contacto obtiene transversalmente a la dirección de estiramiento X una estructura que hace posible la configuración de una capa de estructura de conexión que repercute positivamente sobre el comportamiento de conexión y la vida útil.

Este material de contacto dispone de una marcada estructura dirigida, véase la figura 2, con cristales de forma de tallos de cromo en una matriz de cobre. Los cristales de forma de tallos están dispuestos paralelamente a la dirección de extrusión X y, por tanto, perpendicularmente a la superficie de conexión F. Tienen una longitud de hasta 2 mm y un diámetro de hasta 60 μm.

La conexión en la condición de nuevas de las piezas de contacto bajo una solicitación extremadamente alta repercute de manera determinante sobre la formación de defectos en la superficie F de las piezas de contacto y, por tanto, sobre el comportamiento de conexión adicional de los contactos. Los arcos eléctricos o las densidades de corriente extremadamente elevadas en una superficie de contactado pequeña, seguidos de un fuerte calentamiento hasta la fusión, pueden llevar a una soldadura parcial de las superficie de contacto de las piezas de contacto. Durante la soldadura se forma una capa de estructura de conexión en la superficie de contacto. Esta capa de estructura de conexión es, según la energía y la velocidad de refrigeración, una mezcla más o menos homogénea de cobre y cromo hasta llegar a una aleación de éstos. Durante la desconexión sin corriente, unas fuerzas de cortadura y de tracción mecánicas suficientemente grandes llevan a la rotura de la soldadura y pueden apreciarse entonces macroscópicamente unos puntos de soldadura. En la pieza de contacto fabricada a partir de un cuerpo sinterizado de cobre y cromo con Cu Cr 60/40, con granos de cromo electrolítico distribuidos de forma isotrópica y configurados aproximadamente en forma de bolas, las pruebas metalográficas, véase la figura 3, muestran que se forma una capa de estructura de conexión S de aproximadamente 0,4 mm de espesor, pero ésta está agrietada todavía perpendicularmente a la superficie en muchos lugares hasta alcanzar el material de contacto original. Por tanto, se interrumpe la adherencia entre la capa de la estructura de conexión y el material de contacto y las partículas que se desprenden pueden llevar a fallos de desconexión durante la conmutación.

Por el contrario, en los materiales de cobre y cromo deformados con partículas de cromo en forma de tallos según la invención, figura 2, que discurren perpendicularmente a la superficie de contacto F, se forma un capa de estructura de conexión S plana muy delgada, véase la figura 4, de solamente 0,1 mm de espesor. Esta capa de estructura de conexión es dúctil y se adhiere completamente al material de contacto sin formar grietas ni poros. Muestra otra imagen de fractura, ya que la resistencia a la tracción de una pieza de contacto de cromo y cobre según la figura 2, a lo largo de tallos de cromo, es sustancialmente más alta, hasta un 30% y más, que perpendicularmente a éstos. Como consecuencia, los contactos se rompen directamente en la superficie de contacto, en dirección paralela a la soldadura, cuando la fuerza de reposición del aparato es mayor que la fuerza necesaria para la soldadura y la superficie de contacto sigue siendo macroscópicamente plana. Por tanto, no puede esperarse la formación de un arco eléctrico como consecuencia de desigualdades macroscópicas al efectuar la conexión siguiente en las piezas de contacto según la invención.

La formación de grietas o poros se evita gracias a los tallos de cromo, que forman sólo pequeñas superficies puntiformes en la superficie de contacto. La conductividad térmica y eléctrica se empeora sólo un poco por efecto de la capa delgada de la estructura de conexión que se forma. Una refrigeración térmica más rápida lleva a la formación de una textura fina en esta capa de la estructura de conexión y provoca una fuerza de soldadura más reducida. La corriente eléctrica fluye sin impedimento, poros o grietas, y, por tanto, con una densidad de corriente homogénea siguiendo un recorrido directo desde la capa de la estructura de conexión al material de base, es decir, a la pieza de contacto. Puede fluir casi sin estorbos en el material de contacto a lo largo de las bandas de cobre, justificándose esto también por la elevada conductividad eléctrica en la dirección de estiramiento. La cremación en la superficie de contacto es reducida debido a la capa de estructura de conexión que actúa como capa de barrera y que se forma al utilizar la pieza de contacto, lo que lleva a un claro aumento de la vida útil. Debido a los tallos de cromo alargados, se refuerza la unión íntima del material de contacto. Por un lado, está presente suficiente cromo en la superficie para contrarrestar una soldadura, pero, por otro lado, debido al cobre suficiente, la corriente eléctrica puede fluir a través del material de contacto siguiendo un recorrido directo de alta conductividad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un material de contacto de cobre y cromo en una relación de 40 a 75% en peso de cobre y 25 a 60% en peso de cromo en forma de un producto semielaborado, a partir del cual se confeccionan piezas de contacto individuales para su uso en aparatos de conexión bajo vacío, con los siguientes pasos del procedimiento:

- se prensa el polvo de cromo en una cantidad correspondiente al contenido de cromo del material de contacto a fabricar o una mezcla de polvo de cromo en una cantidad correspondiente al contenido de cromo del material de contacto a fabricar y polvo de cobre en una cantidad menor aproximadamente en 5 a 15% en peso con respecto al contenido de cobre del material de contacto a fabricar, aplicando presiones de entre 200 y 1000 Mpa para formar una pieza prensada porosa que presenta una densidad correspondiente a un 75 a 90% de la densidad teórica,

- se recubre la pieza prensada porosa con al menos la cantidad de cobre que falta en el contenido de cobre del material de contacto a fabricar,

- seguidamente, se calienta la pieza prensada cubierta con cobre bajo un alto vacío a una temperatura hasta el punto de fusión del cobre o por encima de éste, sinterizándose la pieza prensada para formar un cuerpo sinterizado de matriz de cromo o un cuerpo sinterizado de matriz de cobre y cromo, y siendo simultáneamente impregnado el cuerpo sinterizado de matriz de cromo o el cuerpo sinterizado de matriz de cobre y cromo producido por el cobre a licuar que cubre la pieza prensada,

- y se obtiene un cuerpo sinterizado de cromo impregnado de cobre o un cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre con un contenido de cobre elevado con respecto a la pieza prensada y una densidad correspondiente a un 96 a 98% de la densidad teórica,

- y el cuerpo sinterizado de cromo impregnado de cobre o el cuerpo sinterizado de cobre y cromo impregnado de cobre obtenido se transforma a continuación en un producto semielaborado que constituye el material de contacto por medio de extrusión en una dirección de estiramiento, estirándose los granos de cromo en los cuerpos sinterizados en dicha dirección para formar tallos de cromo y formando estos granos una estructura dirigida alargada, y ascendiendo el grado de transformación de los cuerpos sinterizados al menos a un 30%,

- y se obtiene un producto semielaborado de material de contacto con una estructura dirigida y con una densidad correspondiente a al menos un 99%, en particular un 99,5 a 99,9, de la densidad teórica.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo sinterizado de cromo o el cuerpo sinterizado de cromo y cobre impregnado de cobre se deforman en frío o en caliente con un grado de transformación que asciende al menos a un 50%.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la transformación del cuerpo sinterizado de cromo o el cuerpo sinterizado de cromo y cobre impregnado de cobre se realiza por extrusión o forja o laminación.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se usa como polvo de cromo un polvo de cromo de alta pureza obtenido electrolíticamente con un grado de pureza de un 99,8% o más.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se usa polvo de cromo con una granulametría o una mezcla de granulametrías de más de 50 μm a menos de 160 μm.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la piezas prensadas que sólo contienen polvo de cromo, se cubren con una cantidad de cobre que es suficiente para fabricar un material de contacto con al menos un 50% en peso de cromo.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque se separan piezas de contacto del producto semielaborado de material de contacto transversalmente a la dirección de estiramiento, de modo que la superficie de contacto se extienda perpendicularmente a la dirección de estiramiento.

8. Material de contacto pulvimetalúrgico para piezas de contacto de aparatos de conexión bajo vacío hecho de cobre y cromo en una proporción de 40 a 75% en peso de cobre y de 25 a 60% en peso de cromo, presentando el material de contacto una densidad de al menos un 99% de la densidad teórica y presentando una estructura dirigida obtenida por deformación en frío o en caliente en una dirección de estiramiento, habiéndose alargado las partículas de polvo de cromo para formar tallos de cromo y estando embebidas en una matriz de cobre que ha sido deformada para configurar bandas de cobre alargadas, **caracterizado** porque la conductividad eléctrica paralelamente a la dirección de estiramiento es al menos un 10% más alta que perpendicularmente a dicha dirección de estiramiento y la resistencia a la tracción paralelamente a la dirección de estiramiento es al menos un 10% más alta que perpendicularmente a dicha dirección de estiramiento.

9. Material de contacto de pulvimetalúrgico según la reivindicación 8, **caracterizado** porque con un contenido de 55 a 62% en peso de cobre y un grado de transformación de al menos un 70%, la conductividad eléctrica del material

de contacto paralelamente a la dirección de estiramiento está en un 45% de la conductividad eléctrica del cobre puro y la resistencia a la tracción en la dirección de estiramiento asciende a al menos 550 N/mm^2.

10. Pieza de contacto para aparatos de conexión bajo vacío, hecha de un material de contacto pulvimetalúrgico fabricado de polvo de cobre y polvo de cromo en una proporción de 40 a 75% en peso de cobre y 25 a 60% en peso de cromo, fabricada por la confección de un producto semielaborado de material de contacto, con un cuerpo sinterizado impregnado de cobre con una matriz de cromo o una matriz de cobre y cromo que se ha deformado en frío o en caliente hasta al menos un 30% en una dirección de estiramiento y presenta un densidad correspondiente a al menos un 99%, en particular más de un 99,4% de la densidad teórica, y cuya superficie de contacto está formada transversalmente a la dirección de estiramiento, **caracterizada** porque su resistencia a la tracción y su conductividad eléctrica paralelamente a la dirección de estiramiento es respectivamente al menos un 10% más alta que transversalmente a dicha dirección de estiramiento.

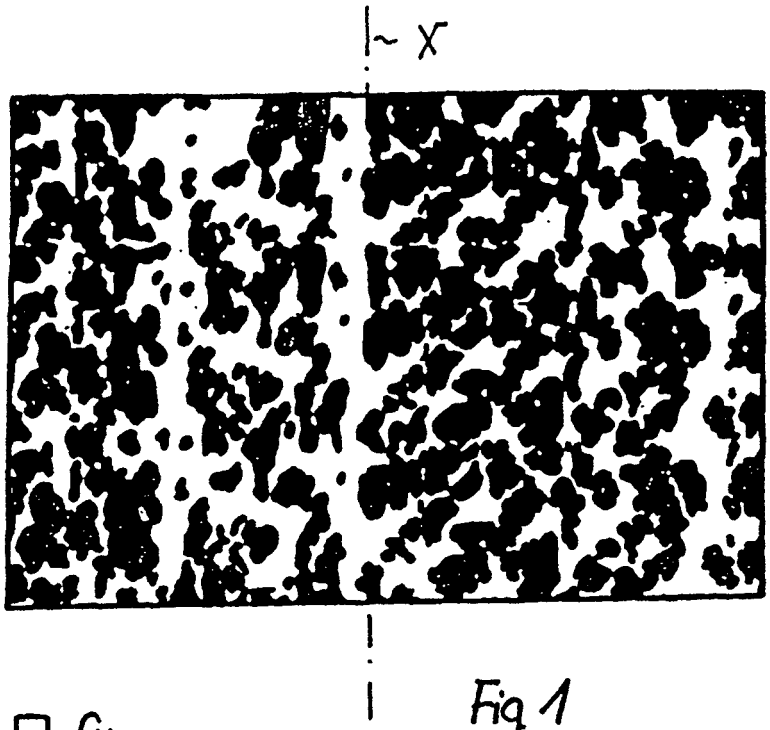


Fig 1

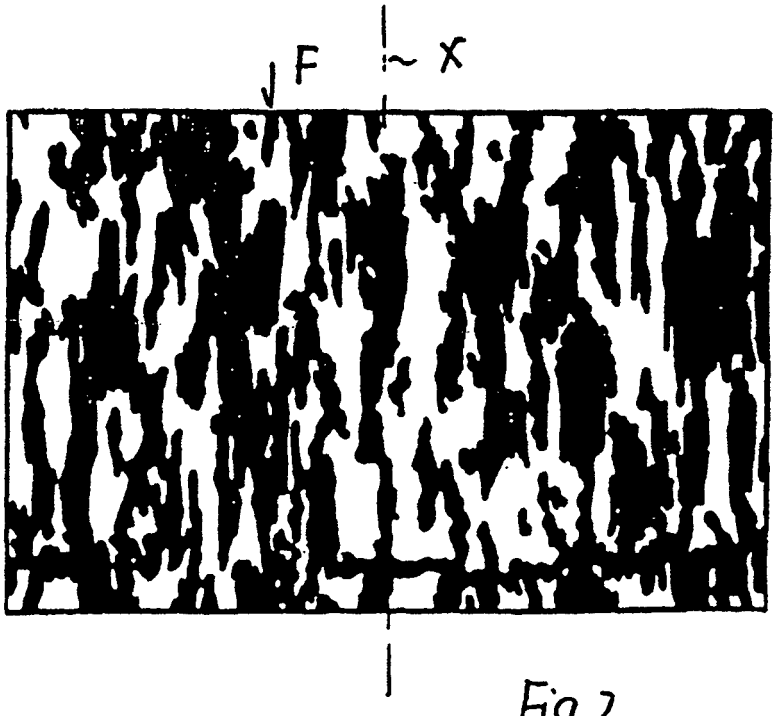


Fig. 2

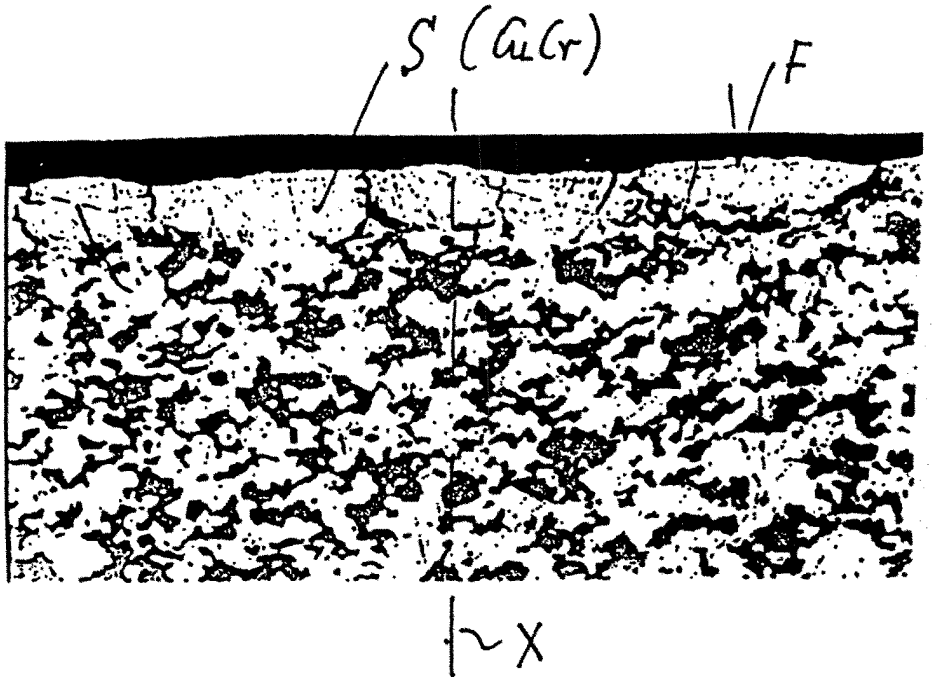


Fig. 3

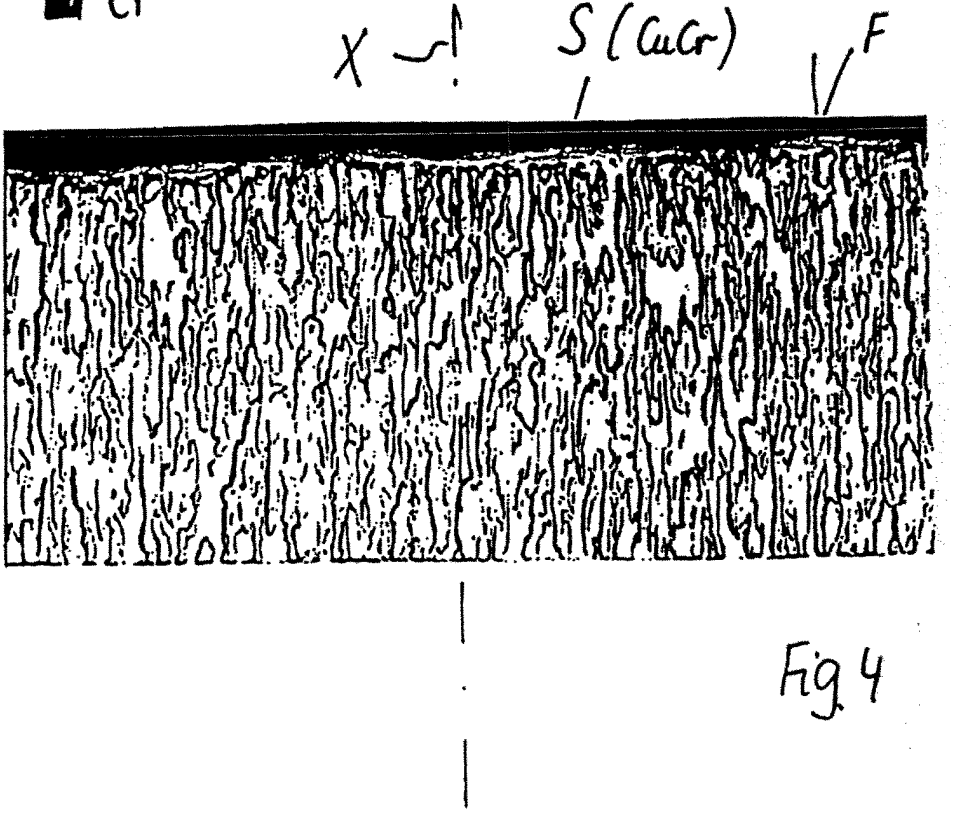


Fig. 4