



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: 0 474 628 B1

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

⑯ Veröffentlichungstag der Patentschrift: 28.07.93 ⑮ Int. Cl. 5: H01H 1/02, H01H 11/04,
B22F 3/14

㉑ Anmeldenummer: 89906046.1

㉒ Anmeldetag: 31.05.89

㉓ Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE89/00344

㉔ Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 90/15425 (13.12.90 90/28)

㉕ VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES CuCr-KONTAKTWERKSTOFFES FÜR VAKUUMSCHÜTZE
SOWIE ZUGEHÖRIGER KONTAKTWERKSTOFF.

㉖ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.03.92 Patentblatt 92/12

㉗ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
28.07.93 Patentblatt 93/30

㉘ Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL SE

㉙ Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 027 893
EP-A- 0 172 411
EP-A- 0 178 796
DE-A- 2 436 927
DE-A- 3 604 681

SIEMENS FORSCHUNGS- UND ENTWICK-
LUNGSBERICHTE, vol. 17, no. 3, 14 Januar
1988, Berlin DE, Seiten 105-111, R. Müller:
"arc-melted CuCr alloys as contact materi-
als for vacuum interrupters"

K*ektrotechnik, no. 11, November 1952, Sei-

ten 548-553, F. Eisenkolb;
"Pulvermetallurgische Werkstoff der Elektro-
tegnii"

㉚ Patentinhaber: SIEMENS AKTIENGESELL-
SCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

㉛ Erfinder: KIPPENBERG, Horst
Langer Platz 21
W-8522 Herzogenaurach(DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktwerkstoffes für Kontaktstücke von Vakumschützrohren, der im wesentlichen aus Kupfer und Chrom im Verhältnis von 50 bis 70 Gew.-% Cu und 30 bis 50 Gew.-% Cr besteht. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kontaktwerkstoff.

Nachdem sich das Vakumschaltprinzip im Bereich der Mittelspannung, d.h. im Bereich von ca. 7,2 bis 40 kV weltweit als führendes Schaltprinzip durchgesetzt hat, gewinnt es auch für den Schützeinsatz zunehmend an Bedeutung. Nach den Hochspannungsschützen für den Spannungsbereich von ca. 1 bis 10 kV wurden inzwischen auch Vakumschütze für Niederspannung entwickelt und eingesetzt.

Die Anforderungen an Vakumschütze und Vakummittelspannungs-Leistungsschalter unterscheiden sich grundsätzlich. So werden beim Schütz elektrische Schaltspiele unter Nennstrom von mindestens 1 Million gefordert. Da hierbei auch Einsatzfälle wie Wendeschaltungen beherrscht werden müssen, dürfen beim Ausschalten keine Fehler wie insbesondere elektrische Wiederzündungen auftreten, die zu unmittelbaren Phasenkurzschlüssen führen können. Vom Leistungsschalter werden dagegen deutlich geringere Schaltzahlen erwartet, wie beispielsweise 20.000 Schaltspiele bei Nennstrom. Wendeschaltungen sind bei Leistungsschaltern nicht üblich.

Beim Schütz müssen zwar auch um Faktoren höhere Ströme als der Nennstrom noch sicher aus- und verschweißfrei eingeschaltet werden können; es wird jedoch kein Kurzschlußstrom-Ausschaltvermögen wie beim Leistungsschalter verlangt, da Schütze vorgeschaltete Sicherungen besitzen.

Entsprechend den abweichenden Anforderungen an die Schalteigenschaften von Schützen im Vergleich zu Leistungsschaltern unterscheiden sich auch die Anforderungen an das Kontaktmaterial. Beim Vakuumleistungsschalter haben sich als am besten geeignete Werkstoffe Kontaktmaterialien auf der Basis von CuCr durchgesetzt. Für Vakumschütze sind dagegen nach wie vor Werkstoffe wie WCu, MoCu oder WCAg -gegebenenfalls mit weiteren Zusätzen - üblich, obwohl sie unter anderem mit steigender Schaltzahl im Schaltvermögen und in der dielektrischen Festigkeit nachlassen. Bei Versuchen, auch für Schütze CuCr-Werkstoffe einzusetzen und ihre Vorteile wie gleichbleibend hohes Schaltvermögen, gute Getterfähigkeit oder große dielektrische Festigkeit zu nutzen, zeigte sich, daß herkömmlich gefertigte CuCr-Werkstoffe - wie sie beispielsweise in der DE-OS 29 14 186, der DE-OS 34 06 535, der DE-OS 25 21 504 oder der

EP-A-0 178 796 beschrieben sind - die Erwartungen nicht erfüllen. Probleme werden bei solchen Sinter- bzw. Sinter-Tränk-Werkstoffen durch das Abbrandverhalten bei hohen Schaltzahlen verursacht: Der beim Abbrand entstehende Materialverlust überschreitet die tolerierbaren Grenzwerte, wodurch die gewünschten Nennstromschaltzahlen nicht mehr erreicht werden. Außerdem ergeben sich stark zerklüftete Strukturen auf den Schaltflächen, was mit der Tendenz zu dielektrischem Fehlverhalten in Form von Wiederzündungen nach Stromnull verbunden ist.

In der EP-B-0 172 411 wird erstmals ein Vakumschütz mit Kontaktstücken aus CuCr-Kontaktmaterial und ein Verfahren zur Herstellung der Kontaktstücke angegeben. Das Kontaktmaterial wird dabei durch Umschmelzen im Lichtbogen erzeugt und besitzt eine sehr feine, homogene Verteilung von Chrom in der Kupfermatrix und eine hervorragende Bindung zwischen beiden Komponenten. Aufgrund dieser Besonderheiten erhöht sich die Abbrandfestigkeit derartiger CuCr-Kontaktwerkstoffe deutlich, so daß sie den Anforderungen im Vakumschütz-Betrieb genügen; zugleich wird das Abbrandbild der Kontaktstücke gleichmäßig, womit die Ursache für Wiederzündungen nach Stromnull beseitigt ist.

Das Verfahren des Lichtbogenumschmelzens ist nur bei Umschmelzelektroden großen Durchmessers wirtschaftlich einsetzbar. Für Schütze werden aber Kontaktstücke mit vergleichsweise kleinem Durchmesser benötigt. Im Ergebnis ist dadurch die Materialausnutzung des umgeschmolzenen Materials vergleichsweise gering, was die Wirtschaftlichkeit verschlechtert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein weiteres Verfahren, mit dem ebenfalls Kontaktmaterial auf der Basis von CuCr zur Verwendung in Vakumschützen hergestellt werden kann, sowie den damit geschaffenen Kontaktwerkstoff anzugeben.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß beim Verfahren der eingangs genannten Art mit folgenden Verfahrensschritten gearbeitet wird:

- Aus Pulvern der Komponenten wird eine Pulvermischung hergestellt,
- die Pulvermischung wird gepreßt und gesintert, bis eine geschlossene Porosität erreicht ist,
- anschließend wird der Sinterkörper mit einem Umformgrad von mindestens 40 % kaltverformt,
- wodurch eine Endverdichtung mit einer Raumerfüllung von wenigstens 99 % erreicht wird.

Ein nach diesem Verfahren hergestellter Kontaktwerkstoff auf der Basis von Kupfer und Chrom ist dadurch gekennzeichnet, daß Chromteilchen in ei-

ner Kupfermatrix eingebettet sind, die Chromteilchen mit dem sie umgebenden Kupfer verschweißt sind und daß die Chromteilchen in der Kupfermatrix zeilenförmig gestreckt sind.

Vom Stand der Technik sind zwar bereits Teilelemente der Erfindung vorbekannt: So wird beispielsweise in der DE-A-24 36 927 ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen mit geringer Restporosität aus einem dispersionsgehärteten Silber-Metallocid-Verbundpulver beschrieben, bei dem die Verbundpulver zunächst zu einer Vorform preßverdichtet, anschließend die Vorform zu einer Zwischenform warm nachgepreßt und schließlich die Zwischenform kalt gepreßt wird. Dabei kann gegebenenfalls zusätzlich auch ein Zwischensintern erfolgen.

Letzteres Verfahren ist speziell auf Silber-Metallocid-Werkstoffe abgestellt. Für das Aufbringen von Kontaktkörpern auf gleicher Werkstoffbasis durch Ultraschallschweißen wird in der EP-A-0 027 893 mittels eines Prägestempels eine Kaltverformung des Materials erreicht, wobei durch die gleichzeitige Ultraschalleinwirkung ein Verschweißen mit dem Träger bewirkt werden soll. Für einen Kontaktwerkstoff für Kontaktstücke von Vakuumschützröhren ist dieses Verfahren jedoch nicht relevant.

Für Kontaktwerkstoffe auf der Basis von Kupfer-Chrom wird dagegen in der DE-A-36 04 861 ein Verfahren beschrieben, das speziell einen heißisostatischen Preßvorgang (HIP) beinhaltet. Dagegen wird in der EP-A-0 178 796 die pulvemetallurgische Herstellung von Kontaktstücken für Vakuumschalter der Konstitution CuCrBi beschrieben, wobei Ausgangspulver aus Kupfer, Wismut und Chrom kaltgepreßt und gesintert und anschließend zu Kontaktstücken geprägt wird. Ein Prägen kann zwar eine Umformung des Werkstoffes bewirken. Aufgrund des nichtspezifizierten Umformgrades ist jedoch ein Verschweißen der zuvor zu einer geschlossenen Porosität gesinterten Preßlinge nicht zu erwarten.

Eine geschlossene Porosität wird beim erfindungsgemäß hergestellten CuCr-Werkstoff im allgemeinen ab 92 % Raumerfüllung erreicht. Sinterkörper mit einem geringeren Raumerfüllungsgrad würden aufgrund offener Porositäten einen Gas- bzw. Luftaustausch in das Werkstückinnere erlauben. Derart eingebrachte Gas- bzw. Luftgehalte werden beim nachfolgenden Kaltverformen überwiegend eingeschlossen und wirken sich negativ auf die Schalteigenschaften des Kontaktstückes aus.

Mit der Erfindung ist ein vakuumschütztauglicher CuCr-Werkstoff geschaffen, der aufgrund seiner Herstellungsart den Vorteil hat, besonders kostengünstig zu sein. Die Voraussetzung für die Eignung als Kontaktmatrix, nämlich die innige und

störungsfreie Verbindung der Komponenten Kupfer und Chrom, wird hierbei jedoch nicht durch einen Schmelzvorgang, sondern durch Kaltverschweißen der Gefügebestandteile erhalten. Dazu wird vorteilhafterweise von einer gesinterten CuCr-Pulvermischung ausgegangen, die anschließend in eine Form kaltgestaucht wird, wobei wesentlich ist, daß beim Stauchen ein Umformgrad von mindestens 40 % erzielt wird. Während dieses Umformprozesses erfahren die Bestandteile Kupfer und Chrom eine starke Deformation: Die Grenzflächen zwischen den einzelnen Bestandteilen werden aufgerissen und kaltverschweißt. Die daraus resultierende Verbindung der beiden Komponenten ist so fest, daß überraschenderweise die Anforderungen für den Einsatz eines derartigen Materials für die Kontaktstücke im Vakuumschutz gut erfüllt werden.

Die Materialausnützung ist beim erfindungsgemäß Verfahren sehr hoch. Das Volumen des Sinterkörpers kann vorteilhafterweise dem der Stauchform angepaßt werden, und diese wird in ihren Abmessungen möglichst nahe der Endgeometrie der Kontaktstücke ausgelegt, so daß nur noch ein sparsames Überdrehen der Oberflächen erforderlich ist. Damit kann mit dem beschriebenen Verfahren sehr kostengünstig gearbeitet werden.

Um die benötigte Werkstoffverfestigung durch Kaltverschweißen zu erhalten, kann anstelle eines Stauchprozesses auch ein Kaltfließ- oder Walzschritt gewählt werden, wobei ebenfalls ein Mindestumformgrad von $\geq 40\%$ eingehalten werden muß.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Beispielen, wobei weiter unten auf ein lichtmikroskopisches Gefügebild Bezug genommen wird.

Beispiel 1:

40 Cu-Pulver mit Teilchengrößenverteilungen $< 63\text{ }\mu\text{m}$ und Cr-Pulver mit Korngrößenverteilungen $< 40\text{ }\mu\text{m}$ werden im Verhältnis 60:40 trocken gemischt und mit einem Druck von beispielsweise 800 MPa zu Zylindern verpreßt, deren Durchmesser etwa gleich ihrer Höhe ist. Die Preßlinge werden unter Hochvakuum mit einem Druck $p \leq 10^{-4}\text{ mbar}$ bei etwa 1050°C für etwa drei Stunden gesintert, wonach sich ein Raumerfüllungsgrad von ca. 94 % ergibt. Anschließend wird der Sinterkörper an Luft in eine Form gestaucht, deren Durchmesser etwa das Fünffache ihrer Höhe beträgt. Nach Überdrehen der Oberflächen ergeben sich durch Abtrennen einzelne Kontaktstücke in Scheibenform.

55 Eine Variante zu obigem Beispiel besteht darin, über die Geometrie der Stauchform unmittelbar spezielle Konturen der Kontaktstücke wie z.B. Abrundungen, Schrägen und/oder Vertiefungen zu erzeugen, ohne daß eine spätere Materialabtragung

notwendig wäre.

Beispiel 2:

Cu-Pulver mit Teilchengrößenverteilungen < 63 μm und Cr-Pulver mit Korngrößenverteilungen < 63 μm werden im Verhältnis 55:45 trocken gemischt und isostatisch bei einem Druck von ca. 3000 bar zu Zylindern von 80 mm Durchmesser kalt verpreßt. Die Preßkörper werden unter hochreinem Wasserstoff, der einen Taupunkt kleiner als -60°C hat, auf 1000°C aufgeheizt und bei etwa 1030°C etwa sechs Stunden lang unter Hochvakuum mit einem Druck $p \leq 10^{-4}$ mbar gesintert, wonach sich ein Raumerfüllungsgrad von ca. 95 % ergibt. Die Sinterkörper werden anschließend durch Vollvorwärtsfließpressen zu Stangen von 35 mm Durchmesser umgeformt, wobei der Umformgrad etwa 65 % beträgt. Nach Überdrehen der Mantelflächen werden durch Ablängen der Stange in Scheiben von 5 mm Höhe eine Mehrzahl von Kontaktstücken erhalten.

Aus dem zugehörigen Gefügebild wird deutlich, daß in eine Kupfermatrix 1 Chrompartikel 2 eingebettet sind. Insbesondere durch die Umformung des Sinterkörpers mittels Stauchen werden die ursprünglich regellos ausgebildeten und durch Sinterbrücken teilweise verbundenen Chromteilchen vorwiegend zeilenförmig gestreckt und dabei mit dem sie umgebenden Kupfer kaltverschweißt. Dieser Kaltverschweißung werden die guten Gebrauchseigenschaften des Kontaktwerkstoffes bei Vakuumschützen zugemessen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Kontaktwerkstoffes für Kontaktstücke von Vakuumschützröhren, der im wesentlichen aus Kupfer (Cu) und Chrom (Cr) im Verhältnis von 50 bis 70 Gew.-% Cu und 30 bis 50 Gew.-% Cr besteht, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Aus Pulvern der Komponenten wird eine Pulvermischung hergestellt,
- die Pulvermischung wird gepreßt und gesintert, bis eine geschlossene Porosität erreicht ist,
- anschließend wird der Sinterkörper mit einem Umformgrad von mindestens 40 % kaltverformt,
- wodurch eine Endverdichtung mit einer Raumerfüllung von wenigstens 99 % erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kaltverformen der Sinterkörper durch Stauchen geschieht.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Stauchform mit einer Kontur nahe der gewünschten Geometrie des Kontaktstückes verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pulvermischung der Komponenten zu zylindrischen Formkörpern verpreßt wird, die annähernd die für ein Kontaktstück benötigte Materialmenge enthalten.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zylindrische Formkörper mit einem Druck zwischen 400 und 1000 MPa, vorzugsweise 800 MPa, gepreßt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kaltumformen der Sinterkörper durch Fließpressen geschieht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pulvermischung der Komponenten isostatisch mit einem Druck von mehr als 2000 bar zu zylindrischen Formkörpern verpreßt wird, die mindestens das Zwanzigfache der für ein Kontaktstück benötigten Materialmenge enthalten.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Pulverpreßlinge bei Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur von Kupfer, insbesondere zwischen 1000°C und 1070°C, im Hochvakuum mit einem Druck $p \leq 10^{-4}$ mbar gesintert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sinterprozeß mindestens teilweise in hochreinem Wasserstoff durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Pulvermischung aus Kupfer und Chrom weitere Zusätze zur Verbesserung der Schalteigenschaften des Kontaktstückes, wie beispielsweise Aluminium (Al), Eisen (Fe), Molybdän (Mo), Niob (Nb), Tantal (Ta), Titan (Ti), Wolfram (W), Zirkon (Zr) und/oder Tellur (Te), Selen (Se), Wismut (Bi), Antimon (Sb) enthält.

11. Nach einem Verfahren gemäß Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 10 hergestellter Kontaktwerkstoff für Kontaktstücke von Vakuumschützröhren auf der Basis von Kupfer (Cu) und Chrom (Cr), **dadurch gekennzeichnet**, daß Chromteilchen (2) in einer Kupferma-

trix (1) eingebettet sind, daß die Chromteilchen (2) mit dem sie umgebenden Kupfer verschweißt sind und daß die Chromteilchen (2) in der Kupfermatrix (1) zeilenförmig gestreckt sind.

Claims

1. Process for producing a contact material for contact pieces of vacuum-contactor tubes essentially consisting of copper (Cu) and chromium (Cr) in the proportion of 50 to 70% by weight Cu and 30 to 50% by weight Cr, with the following process steps:

- a powder mixture is prepared from powders of the components,
- the powder mixture is compressed and sintered until a closed porosity is attained,
- then the sintered body is cold-formed with a degree of deformation of at least 40%,
- whereby a final compression with a space filling of at least 99% is achieved.

2. Process according to claim 1, characterised in that the sintered body is cold-formed by compression.

3. Process according to one of claims 1 to 2, characterised in that a compression form is used which has a contour which approaches the desired geometry of the contact piece.

4. Process according to one of claims 1 to 3, characterised in that the powder mixture of the components is pressed into cylindrical moulded bodies which contain approximately the amount of material needed for a contact piece.

5. Process according to claim 4, characterised in that the cylindrical moulded body is compressed with a pressure of between 400 and 1000 MPa, preferably 800 MPa.

6. Process according to claim 1, characterised in that the cold deformation of the sintered bodies is effected by extrusion moulding.

7. Process according to one of claims 1 to 6, characterised in that the powder mixture of the components is isostatically pressed with a pressure of more than 2000 bar into cylindrical moulded bodies which contain at least twenty times the amount of material needed for a contact piece.

5 8. Process according to one of claims 1 to 7, characterised in that the powder blanks are sintered at temperatures below the melting temperature of copper, in particular between 1000 °C and 1070 °C, in a high vacuum with a pressure of $p < 10^{-4}$ mbar.

10 9. Process according to claim 8, characterised in that the sintering process is carried out at least partially in highly purified hydrogen.

15 10. Process according to one of the preceding claims, characterised in that the powder mixture of copper and chromium contains other additives to improve the switching properties of the contact piece, such as aluminium (Al), iron (Fe), molybdenum (Mo), niobium (Nb), tantalum (Ta), titanium (Ti), tungsten (W), zirconium (Zr) and/or tellurium (Te), selenium (Se), bismuth (Bi), antimony (Sb).

20 11. A contact material produced by a process according to claim 1 or one of claims 2 to 10 for contact pieces of vacuum-contactor tubes based on copper (Cu) and chromium (Cr), characterised in that chromium particles (2) are embedded in a copper matrix (1), in that the chromium particles (2) are welded with the copper surrounding them, and in that the chromium particles (2) are stretched rectilinearly in the copper matrix (1).

Revendications

35 1. Procédé de fabrication d'un matériau de contact pour des pièces de contact d'interrupteurs à vide, constitué essentiellement de cuivre (Cu) et de chrome (Cr) en le rapport de 50 à 70 % en poids de Cu et de 30 à 50 % en poids de Cr, comportant les stades de procédé suivants :

- préparation à partir des poudres des constituants d'un mélange de poudres,
- compression et frittage du mélange de poudres jusqu'à obtention d'une porosité fermée,
- ensuite formage à froid du corps fritté avec un taux de déformation d'au moins 40 %,
- ce qui permet d'obtenir une densification finale avec une densité relative d'au moins 99 %.

40 55 2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le formage à froid du corps fritté s'effectue par refoulement.

3. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser un moule de refoulement ayant un contour proche de la géométrie qui est souhaitée pour la pièce de contact. 5 (Cu) et de chrome (Cr), caractérisé en ce que des particules (2) de chrome sont enrobées dans une matrice (1) de cuivre, en ce que les particules (2) de chrome sont soudées au cuivre qui les entoure, et en ce que les particules (2) de chrome s'étendent sous forme de lignes dans la matrice (1) de cuivre.
4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à comprimer le mélange de poudres des constituants en des pièces conformées cylindriques qui contiennent sensiblement la quantité de matière nécessaire pour une pièce de contact. 10
5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'il consiste à comprimer la pièce conformée cylindrique par une pression comprise entre 400 et 1000 MPa et, de préférence, de 800 Mpa. 15
6. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer le formage à froid de la pièce frittée par filage à la presse. 20
7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il consiste à comprimer le mélange de poudres des constituants isostatiquement par une pression de plus de 2000 bar en des pièces conformées cylindriques qui contiennent au moins vingt fois la quantité de matière nécessaire pour une pièce de contact. 25
8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il consiste à friter les comprimés de poudres à des températures supérieures au point de fusion du cuivre, notamment entre 1000 °C et 1060 °C, sous un vide poussé à une pression $P \leq 10^{-4}$ mbar. 30
9. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer le processus de frittage au moins partiellement dans de l'hydrogène très pur. 35
10. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le mélange de poudres de cuivre et de chrome contient d'autres additifs pour améliorer les propriétés de coupure de la pièce de contact, comme par exemple de l'aluminium (Al), du fer (Fe), du molybdène (Mo), du niobium (Nb), du tantal (Ta), du titane (Ti), du tungstène (W), du zirconium (Zr) et/ou du tellure (Te), du sélénium (Se), du bismuth (Bi), de l'antimoine (Sb). 40
11. Matériau de contact pour des pièces de contact d'interrupteurs sous vide fabriqué par un procédé suivant la revendication 1 ou l'une des revendications 2 à 10, à base de cuivre 45
- 50
- 55

EP 0 474 628 B1

