



(11) **EP 1 940 574 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.06.2012 Patentblatt 2012/23**

(51) Int Cl.:  
**B22F 3/00** (2006.01) **B22F 5/00** (2006.01)  
**B22F 7/00** (2006.01) **F42B 12/74** (2006.01)  
**F42B 12/76** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06792334.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2006/009509**

(22) Anmeldetag: **30.09.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2007/045342 (26.04.2007 Gazette 2007/17)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES PENETRATORS**

METHOD FOR PRODUCING A PENETRATOR

PROCEDE DE FABRICATION D'UN PENETRATEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

- **OUDELHOVEN, Rene**  
**NL-6291 BS Vaals (NL)**
- **VAGEDES, Michael**  
**29320 Hermannsburg (DE)**
- **LENZ, Uta**  
**29556 Suderburg (DE)**

(30) Priorität: **18.10.2005 DE 102005049748**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.07.2008 Patentblatt 2008/28**

(74) Vertreter: **Dietrich, Barbara et al**  
**Thul Patentanwaltsgesellschaft mbH**  
**Rheinmetall Platz 1**  
**40476 Düsseldorf (DE)**

(73) Patentinhaber: **Rheinmetall Waffe Munition GmbH**  
**29345 Unterlüss (DE)**

(72) Erfinder:  
• **TAAL, Cornelis**  
**29320 Hermannsburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**AT-B- 383 979 DE-A1- 4 318 827**  
**DE-C1- 3 821 474 US-A- 5 064 462**  
**US-A1- 2002 059 882 US-A1- 2004 216 589**  
**US-B1- 6 374 743**

**EP 1 940 574 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators mit einem Penetratorkern aus Wolfram-Schwermetall (WSM) mit hohem Wolframanteil und einem äußeren Mantel, der aus einem gegenüber dem Penetratorkern duktileren Material besteht.

**[0002]** Penetratoren aus einer Wolfram-Schwermetall-Legierung besitzen üblicherweise einen hohen Wolframanteil (90 bis ca. 97 Gew.-%), da diese Werkstoffe aufgrund ihrer hohen Massen gute Penetrationsleistungen bei senkrechtem Aufprall auf einfache gepanzerte Ziele besitzen. Allerdings führt der hohe Wolframanteil zu einer Versprödung des Werkstoffes, so dass es bei schräg angeordneten Zielen sowie bei Mehrplattenzielen häufig bereits vor Durchdringen des Zieles zu einem Auseinanderbrechen des Penetrators kommt. Die kinetische Energie der dabei entstehenden relativ kurzen Bruchstücke reicht aufgrund ihrer geringen Masse in der Regel nicht aus, um die verbleibende(n) Zielplatte(n) zu durchdringen.

**[0003]** Die Sprödigkeit bekannter WSM-Penetratoren nimmt häufig noch dadurch zu, dass bei der mechanischen Bearbeitung, beispielsweise durch Drehen oder Schleifen, Anrisse der oberflächennahen Wolframkörner auftreten, die im Belastungsfall dann durch Rißfortpflanzung zu einem frühzeitigen Versagen des jeweiligen Penetrators führen können.

**[0004]** Aus der DE 41 13 177 C2 ist es bekannt, zur Erhöhung der Festigkeit von mechanisch bearbeiteten Penetratoren die äußeren Wolfram-Schichten des jeweiligen in seiner Geometrie endbearbeiteten Penetrators durch Ätzen zu entfernen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass durch ein derartiges Abätzen der äußeren Wolfram-Schichten die Kerbschlagzähigkeit des entsprechenden Penetrators wesentlich (d.h. bis zu 20 %) erhöht wird.

**[0005]** Nachteilig bei diesem bekannten Verfahren ist allerdings, dass Säuren verwendet werden müssen, die ahwendungs- und umweltunfreundlich sind. Außerdem ist die Herstellung derartiger Penetratoren relativ aufwendig, weil durch den Ätzvorgang die vorgegebenen Maße des Penetrators nicht beeinflusst werden dürfen.

**[0006]** Aus der DE 40 16 051 C2 ist ferner ein Penetrator bekannt, bei dem ein z.B. aus Wolfram-Schwermetall bestehender bruchempfindlicher Penetratorkern mittels einer duktilen Hülle geschützt wird. Hierzu wird die z.B. aus Stahl bestehende duktile Hülle nach Fertigung des Wolframkerns durch Drückwalzen formschlüssig auf den Penetratorkern aufgebracht. Auch dieses bekannte Verfahren ist relativ zeit- und kostenaufwendig.

**[0007]** Die AT 383 979 B schlägt ihrerseits ein Verfahren zur Herstellung von Penetratoren für unterkalibrige Wuchtgeschosse sowie Hülle zur Verwendung bei der Durchführung dieses Verfahrens vor. Hierbei wird auf einen aus Schwermetallen, Schwermetalllegierungen oder Schwermetallsinterwerkstoffen bestehenden Kern eine Hülle aus einem Material hoher Zähigkeit heiß aufgezogen und danach die Hülle abgekühlt. Die Hülle be-

steht aus reinem umwandlungsfreien Reineisen oder hochfestem Vergütungsstahl.

**[0008]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber vergleichbaren bekannten Verfahren einfacheres Verfahren zur Herstellung eines Penetrators mit sprödem Penetratorkern und duktilem Mantel anzugeben.

**[0009]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

**[0010]** Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, in eine an die Außenabmessungen des Penetrators angepasste Pressform konzentrisch eine an die Abmessungen des Penetratorkerns angepasste Doppeltrichtereinfüllvorrichtung einzubringen. Während in dem Innenrohr eine erste wolframhaltige Pulvermischung mit hohem Wolframanteil (90-99 Gew. %) zur Herstellung des Penetratorkerns eingefüllt wird, wird in den zwischen der Außenwand des Innenrohres und der Innenwand der Pressform befindliche ringförmige Raum eine zweite wolframhaltige Pulvermischung mit gegenüber der ersten Pulvermischung geringerem Wolframanteil (etwa zwischen 83 % und 91 %) eingebracht. Nach Entfernen des Innenrohres aus der Pressform erfolgt dann in an sich bekannter Weise das zur Herstellung des Penetrators erforderliche Pressen der Pulvermischung, das Sintern, das Kaltumformen des Presskörpers und schließlich das Endbearbeiten des Penetratorrohrlings.

**[0011]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein Penetrator mit einem Kern hoher Dichte und zähem kraftschlüssig mit dem Penetratorkern verbundenen äußeren Mantel erzeugt, wobei der äußere Mantel ein Brechen bei schrägem Zielaufprall verhindert. Die Herstellung einer separaten Hülle und ein aufwendiges Befestigen einer derartigen Hülle an dem Penetratorkern, wie im Falle der vorstehend erwähnten DE 40 16 051 C2, kann entfallen.

**[0012]** Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung hat sich als erste wolframhaltige Pulvermischung eine Mischung mit 95 Ges.-% Wolfram und einem Rest aus Nickel- und Kobaltpulver im Gewichtsverhältnis 9:1 erwiesen.

**[0013]** Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ergab sich als zweite wolframhaltige Pulvermischung in vorteilhafter Weise eine Mischung von 87 Gew. % Wolfram und einem Rest aus Nickel- und Kobaltpulver, ebenfalls im Gewichtsverhältnis 9:1.

**[0014]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0015]** Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels mit Zeichnung näher erläutert werden.

**[0016]** Es zeigen:

55 Fig.1 einen Längsschnitt durch eine Form zur Herstellung eines Penetratorrohrlings mit darin enthaltenen Pulvermischungen und

Fig.2 einen Längsschnitt eines Teiles des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Penetrators.

In Fig.1 ist mit 1 eine an die Außenabmessungen des herzustellenden Presslings angepasste Pressform aus Kunststoff bezeichnet, in der konzentrisch eine Doppeltrichtereinfüllvorrichtung eingebracht ist. Das Innenrohr 3 und die Doppeltrichter 2 sind vorzugsweise aus Edelstahl und weisen eine Wandstärke von ca. 1 mm auf. Der zwischen der Pressform 1 und dem Innenrohr 3 befindliche ringförmige Raum besitzt einen Wandabstand von etwa 1/8 des Innendurchmessers. Beide konzentrischen Trichter sind im konischen Bereich mit Hilfe von Querstreben verbunden.

**[0017]** In das Innenrohr 3 wird eine erste wolframhaltige Pulvermischung 4 mit einem Wolframanteil von 95 Gew.-% und einem Rest aus Nickel- und Cobaltpulver im Gewichtsverhältnis 9:1 eingebracht. Anschließend wird in den ringförmigen Raum eine zweite wolframhaltige Pulvermischung 5 mit einem Wolframanteil von 87 Gew.-% und ebenfalls einem Rest aus Nickel- und Cobaltpulver im Gewichtsverhältnis 9:1 eingebracht.

**[0018]** Nach dem Einbringen der Pulvermischungen 4 und 5 wird die Doppeltrichtereinfüllvorrichtung aus der Pressmatrix 1 entfernt und anschließend die gesamte Pulvermischung nach einer z.B. durch Rütteln bewirkten Vorverdichtung hydrostatisch komprimiert. Anschließend wird dann der Pressling entsprechend den gewünschten Spezifikationen des fertigen Penetrators in an sich bekannter Weise gesintert, wärmebehandelt, kaltumgeformt, warm ausgelagert und dann durch ein spanendes Verfahren endbearbeitet, wie beispielsweise aus US 3,979,234 bekannt.

**[0019]** Fig.2 zeigt den Längsschnitt eines Teiles des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Penetrators 10. Dabei sind mit 6 der aufgrund des hohen Wolframanteiles relativ spröde Penetratorkern und mit 7 der aufgrund des geringeren Wolframanteiles wesentlich duktilere äußere Mantel mit Gewinde bezeichnet.

**[0020]** Zwischen dem Penetratorkern 6 und dem äußeren Mantel 7 ergibt sich ein Übergangsbereich 8 mit einer bevorzugten Dicke zwischen 25µm und 200µm, der eine gute Haftung zwischen dem Kern 6 und dem Mantel 7 gewährleistet. Der zähe Mantel 7 wird bevorzugt im spitzenseitigen Bereich beispielsweise durch spanabhebende Bearbeitung entfernt, so dass sie Spitze aus einem Kernwerkstoff besteht und beim Zielaufprall spröde bricht, wodurch immerscharfe Anbeißkanten entstehen, die ein gutes Anbeißverhalten gewährleisten.

### Bezugszeichenliste

#### [0021]

- 1 Pressmatrix (Kunststoff)
- 2 Doppeltrichter (Edelstahl)
- 3 Innenrohr (Edelstahl)

- 4 Kernpulvermischung
- 5 Randpulvermischung
- 6 spröder Penetratorkern
- 7 duktiler Penetratormantel (mit Gewinde)
- 8 Übergangsbereich Kern -Mantel
- 10 Penetrator

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Penetrators (10) aus Wolfram-Schwermetall mit hohem Wolframanteil und einem äußeren Mantel (7), der aus einem gegenüber dem Penetratorkern (6) duktileren Material besteht, wobei
  - a) in eine an die Außenabmessungen des Penetrators (10) angepasste Pressmatrix (1) konzentrisch ein an die Abmessungen des Penetratorkerns (6) angepasstes dünnwandiges Innenrohr (3) einer Doppeltrichtereinfüllvorrichtung eingebracht und mit einer ersten wolframhaltigen Pulvermischung (4) mit einem Wolframanteil zwischen 90 Gew.-% und 97 Gew.-% gefüllt wird;
  - b) der zwischen der Außenwand des Innenrohres (3) und der Innenwand der Pressmatrix (1) befindliche ringförmige Raum wird mit einer zweiten wolframhaltigen Pulvermischung (5) gefüllt, deren Wolframanteil zwischen 85 Gew.-% und 91 Gew.-% liegt;
  - c) anschließend die Doppeltrichtereinfüllvorrichtung aus der Pressmatrix (1) entfernt und
  - d) das Pulvergemisch gepresst und gesintert, der Presskörper kaltumgeformt und der Penetratorrohling dann endbearbeitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste wolframhaltige Pulvermischung (4) 95 Gew.-% Wolfram enthält und der Rest der Pulvermischung aus Nickel- und Kobaltpulver besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite wolframhaltige Pulvermischung (5) 87 Gew.-% Wolfram enthält und der Rest der Pulvermischung aus Nickel- und Kobaltpulver besteht.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nickel- und Kobaltpulver in der ersten und/oder zweiten wolframhaltigen Pulvermischung (4, 5) ein Gewichtsverhältnis zwischen 2:1 und 10:1, vorzugsweise 9:1 aufweisen.

## Claims

1. Method for producing a penetrator (10) made of tungsten heavy metal with a high tungsten fraction and having an outer sheath (7) which consists of a material which is more ductile compared to the penetrator core (6), wherein
  - a) a thin-walled inner pipe (3) of a double funnel filling device, which inner pipe is adapted to the dimensions of the penetrator core (6), is concentrically inserted into a compression matrix (1) adapted to the exterior dimensions of the penetrator (10), and is filled with a first tungsten-containing powder mixture (4) with a tungsten fraction of between 90% by weight and 97% by weight;
  - b) the annular space located between the outer wall of the inner pipe (3) and the inner wall of the compression matrix (1) is filled with a second tungsten-containing powder mixture (5), the tungsten fraction of which is between 85% by weight and 91% by weight;
  - c) subsequently, the double funnel filling device is removed from the compression matrix (1), and
  - d) the powder mixture is pressed and sintered, the pressed body is subjected to cold forming and the penetrator blank is then finished.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the first tungsten-containing powder mixture (4) contains 95% by weight tungsten, and the remainder of the powder mixture consists of nickel powder and cobalt powder.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the second tungsten-containing powder mixture (5) contains 87% by weight tungsten, and the remainder of the powder mixture consists of nickel powder and cobalt powder.
4. Method according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the nickel powder and cobalt powder in the first and/or second tungsten-containing powder mixture (4, 5) have a weight ratio of between 2:1 and 10:1, preferably of 9:1.

aux dimensions de l'âme (6) du pénétrateur, est inséré concentriquement dans une matrice de compression (1) adaptée aux dimensions extérieures du pénétrateur (10) et est rempli d'un premier mélange (4) de poudres contenant du tungstène dont la teneur en tungstène est comprise entre 90 % en poids et 97 % en poids,

b) l'espace annulaire situé entre la paroi extérieure du tube intérieur (3) et la paroi intérieure de la matrice de compression (1) est rempli d'un deuxième mélange (5) de poudres contenant du tungstène, dont la teneur en tungstène est comprise entre 85 % en poids et 91 % en poids,

c) le dispositif de remplissage à entonnoir double est ensuite enlevé de la matrice de compression (1) et

d) le mélange de poudres est comprimé et fritté, le corps comprimé est façonné à froid et l'ébauche de pénétrateur reçoit ensuite un traitement de finition.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier mélange (4) de poudres contenant du tungstène contient 95 % en poids de tungstène, le reste du mélange de poudres étant constitué de poudres de nickel et de cobalt.
3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le deuxième mélange (5) de poudres contenant du tungstène contient 87 % en poids de tungstène, le reste du mélange de poudres étant constitué de poudres de nickel et de cobalt.
4. Procédé selon les revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** dans le premier et/ou le deuxième mélange (4, 5) de poudres contenant du tungstène, les poudres de nickel et de cobalt présentent un rapport pondéral compris entre 2:1 et 10:1 et de préférence de 9:1.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un pénétrateur (10) en métal lourd à haute teneur en tungstène et doté d'une enveloppe extérieure (7) constituée d'un matériau plus ductile que l'âme (6) du pénétrateur, dans lequel:
  - a) un tube intérieur (3) à paroi mince d'un dispositif d'introduction à double entonnoir, adapté

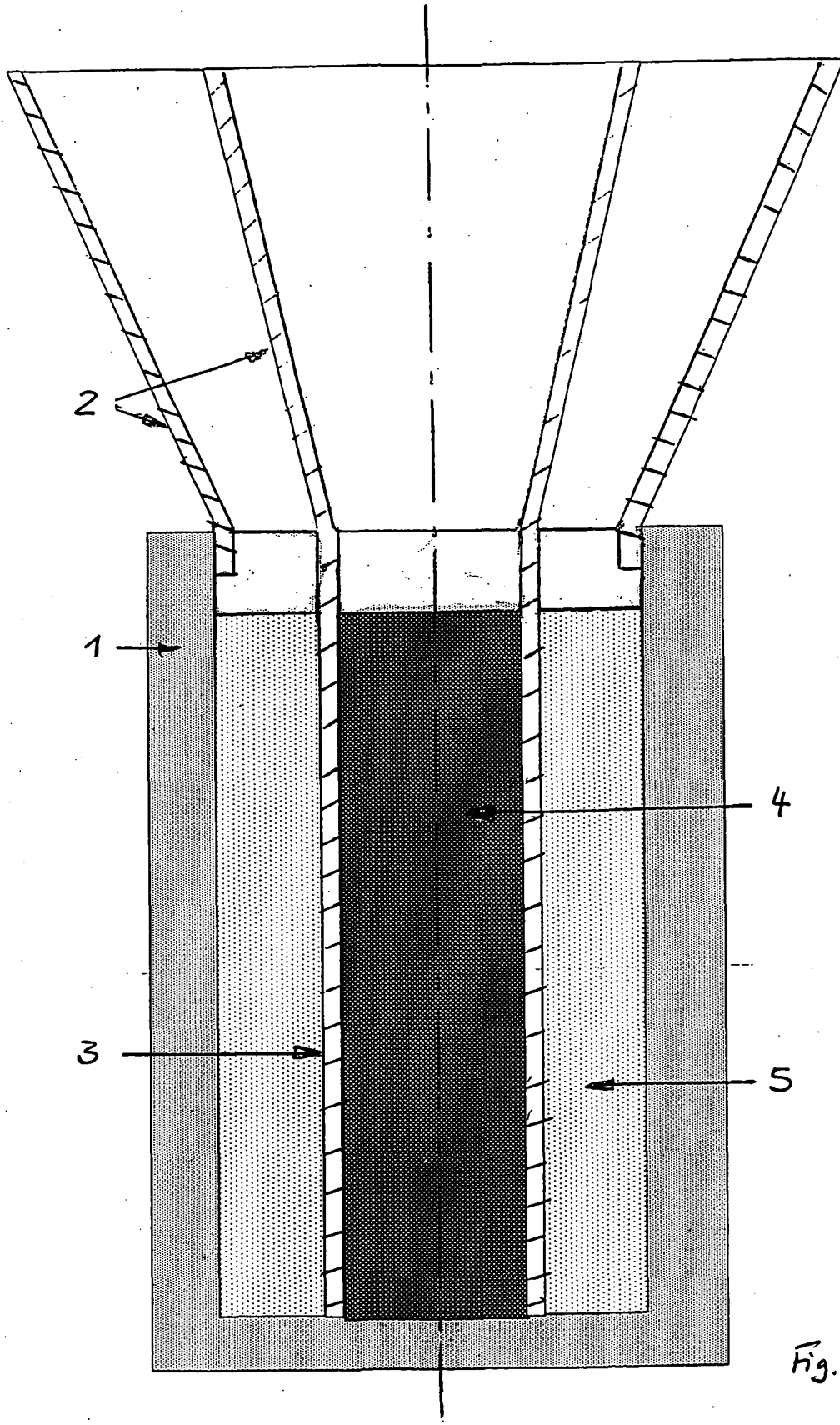


Fig. 1

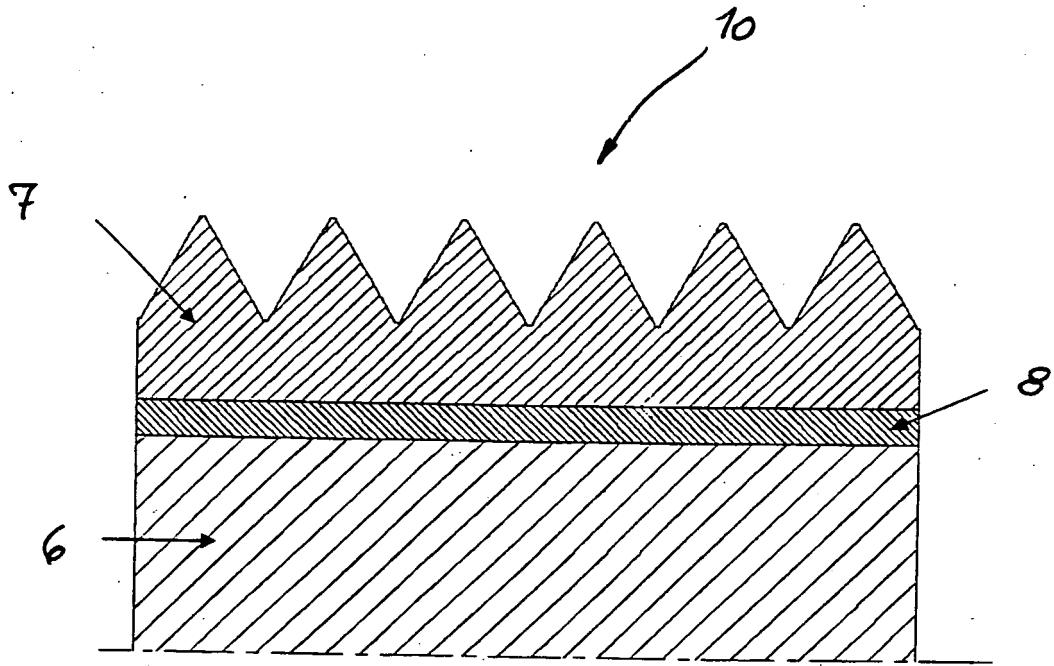


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4113177 C2 [0004]
- DE 4016051 C2 [0006] [0011]
- AT 383979 B [0007]
- US 3979234 A [0018]