



(11) **EP 3 349 929 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
06.09.2023 Bulletin 2023/36

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B22F 7/06 ^(2006.01) **C22C 1/04** ^(2023.01)
F42B 12/06 ^(2006.01) **F42B 14/06** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16757687.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F42B 12/06; B22F 7/062; C22C 1/045; F42B 14/06

(22) Date de dépôt: **20.07.2016**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2016/000122

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/013314 (26.01.2017 Gazette 2017/04)

(54) **PENETRATEUR COMPORTANT UN COEUR ENTOURE D'UNE GAINÉ DUCTILE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL PENETRATEUR**

PENETRATOR MIT EINEM VON EINER DUKTILEM HÜLLE UMGEBENEN KERN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG SOLCH EINES PENETRATORS

PENETRATOR COMPRISING A CORE SURROUNDED BY A DUCTILE SHEATH AND PROCESS FOR MANUFACTURING SUCH A PENETRATOR

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **22.07.2015 FR 1501552**

(43) Date de publication de la demande:
25.07.2018 Bulletin 2018/30

(73) Titulaires:
• **Cime Bocuze**
74807 Saint Pierre en Faucigny (FR)
• **Nexter Munitions**
78000 Versailles (FR)

(72) Inventeurs:
• **CURY, Rafael**
74807 Saint Pierre-en-Faucigny Cedex (FR)

- **DARTUS, Laurent**
74950 Scionzier (FR)
- **ISSARTEL, Fabien**
74970 Marignier (FR)
- **COUQUE, Hervé**
18023 Bourges (FR)
- **ECHES, Nicolas**
18023 Bourges (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Célanie**
21, rue Henri Rochefort
75017 Paris (FR)

(56) Documents cités:
FR-A1- 2 765 677 LU-A1- 56 486
US-A1- 2014 260 808 US-B2- 8 580 188

EP 3 349 929 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] Le domaine technique de l'invention est celui des pénétrateurs en métal lourd et en particulier celui des pénétrateurs utilisés pour réaliser des projectiles sous calibrés de gros calibre (calibré supérieur ou égal à 25 mm).

[0002] Ces projectiles sont le plus souvent appelés projectiles flèches. Ils comportent un pénétrateur ou barreau sous-calibré qui est tiré par une arme à l'aide d'un sabot au calibre de l'arme.

[0003] Pour un projectile de calibre 120 mm, le pénétrateur a généralement un diamètre de 20 à 30 mm et le sabot permettant le tir est formé d'un ensemble de sec-teurs en matériau léger (alliage d'aluminium par exemple).

[0004] Les brevets US8580188B2, FR-2521717 et FR-2661739 décrivent des exemples de projectiles flèches.

[0005] Pour augmenter l'efficacité pénétrante des projectiles flèches, les pénétrateurs sont le plus souvent réalisés en un alliage à haute teneur en tungstène.

[0006] De tels alliages sont sensibles aux sollicitations transversales qu'ils reçoivent lors de l'impact sur une cible inclinée ou bien lors de l'interaction avec une protection réactive. Les chocs transversaux provoquent la rupture du pénétrateur ce qui réduit le pouvoir perforant du pénétrateur après passage de telles cibles.

[0007] Il est connu de doter les pénétrateurs d'une chemise périphérique en un matériau plus ductile assurant une résistance à la flexion pour le pénétrateur.

[0008] On connaît par exemple par le brevet EP-1940574 un pénétrateur comportant un coeur formé d'un alliage comprenant de 90 à 97% en masse de tungstène et qui est entouré d'une gaine périphérique d'un alliage de tungstène plus ductile que le matériau du coeur.

[0009] La gaine de ce pénétrateur a une proportion en tungstène comprise entre 85% et 91%.

[0010] Le pourcentage en tungstène de la gaine est relativement proche de celui du coeur et ce pénétrateur a donc des performances de résistance à la flexion insuffisantes.

[0011] Un tel pénétrateur n'est pas adapté aux besoins actuels de réalisation de projectiles flèches ayant un allongement, c'est à dire un rapport (L/D) de la longueur (L) du pénétrateur sur le diamètre (D) du pénétrateur, qui est important.

[0012] On cherche en effet à réaliser aujourd'hui des pénétrateurs ayant un allongement dépassant 20 (L/D > 20). Ceci conduit à des pénétrateurs de plus de 500 mm de long pour un diamètre de 25 à 35 mm. De tels pénétrateurs sont particulièrement sensibles aux impacts sur des cibles inclinées.

[0013] Il n'est cependant pas aisé de donner à la gaine une ductilité supérieure à celle du coeur. Par ailleurs, il est également nécessaire d'assurer une liaison entre le matériau du coeur et celui de la gaine. Si cette liaison est insuffisante, les efforts radiaux ou longitudinaux conduisent à une séparation de ces éléments lors de l'impact

ou même comme suite au tir.

[0014] Pour assurer la liaison, le brevet EP-1940574 propose de procéder à un frittage du coeur et de la gaine dans un même moule. La séparation entre gaine et coeur est assurée par un entonnoir particulier associé à un tube qui sépare la zone de coeur et la zone de gaine. Après mise en place des matériaux de la gaine et du coeur, le tube et l'entonnoir sont retirés. Les matériaux de gaine et de coeur sont alors en contact et le frittage peut être réalisé.

[0015] Un tel procédé présente l'inconvénient de laisser subsister entre gaine et coeur une zone de transition ayant une épaisseur entre 25 micromètres et 200 micromètres. Cette zone est formée d'un matériau dont la composition et les caractéristiques sont intermédiaires entre celles du coeur et de la gaine. Une telle zone de transition associe, tout comme le coeur et la gaine, des nodules de tungstène et une phase gamma. La taille des nodules de tungstène et la composition de la phase gamma de cette zone sont obligatoirement différentes de celles du coeur et de la gaine. S'il en était autrement, il n'y aurait pas une telle zone de transition.

[0016] L'inconvénient d'une telle zone de transition est qu'elle constitue une interface fragilisant le barreau ainsi réalisé.

[0017] Plus spécifiquement encore, la géométrie de cette zone de transition (épaisseur, positionnement par rapport à l'axe du pénétrateur...) n'est pas maîtrisée.

[0018] Il en résulte des variations du positionnement radial de cette zone de transition le long du pénétrateur, variations d'autant plus marquées pour un pénétrateur de grand allongement. Il en résulte également une résistance de cette interface qui est très variable le long du pénétrateur, ce qui diminue les performances de perforation.

[0019] Par ailleurs, le procédé décrit par le brevet EP-1940574 impose un taux de tungstène de la gaine qui est relativement proche du taux de tungstène du coeur.

[0020] La ductilité de la gaine obtenue avec ce procédé est donc peu supérieure à celle du coeur, de l'ordre de 5 à 10%.

[0021] L'invention a pour but de proposer une structure de pénétrateur dans laquelle l'adhérence entre gaine et coeur est excellente, même avec une différence de taux de tungstène entre gaine et coeur.

[0022] Le pénétrateur selon l'invention peut alors avoir une ductilité de gaine qui est supérieure à celle des pénétrateurs à gaine de tungstène connus.

[0023] Ainsi, l'invention a pour objet un pénétrateur en métal lourd à haute teneur en tungstène comportant une partie centrale ou coeur formé d'un alliage comprenant de 85 à 97% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels et qui est entouré d'une gaine périphérique d'un alliage de tungstène plus ductile que le matériau du coeur, pénétrateur caractérisé en ce que la gaine est réalisée en un alliage comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène, le coeur comprenant des nodules de tungstène liés par une matrice d'une phase gamma

γ_C associant le tungstène aux métaux additionnels, les deux phases gamma étant reliées l'une à l'autre de façon continue sans zone de transition.

[0024] Avantagusement, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G auront une composition associant le tungstène, le nickel, le cobalt et éventuellement le fer.

[0025] Selon un mode de réalisation, le coeur pourra comprendre 85% en masse de tungstène et la gaine 38% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des compositions associant Tungstène, Nickel, et Cobalt.

[0026] Selon un autre mode de réalisation, le coeur pourra comprendre 89% en masse de tungstène et la gaine 68% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des compositions associant Tungstène, Nickel et Cobalt.

[0027] Selon encore un autre mode de réalisation, l'alliage du coeur pourra comprendre 95% en masse de Tungstène, 2% en masse de Nickel, 1,5% en masse de Cobalt et 2% en masse de Fe et la gaine 70% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des compositions associant Tungstène, Nickel, Cobalt et Fer.

[0028] L'invention a également pour objet un procédé permettant de réaliser un tel pénétrateur.

[0029] Ce procédé de fabrication d'un pénétrateur en métal lourd à haute teneur en tungstène est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes (qui conduisent à la réalisation d'un ébauché de ce pénétrateur) :

- fabrication d'un coeur composé de poudres compactées comprenant de 85% à 97% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels comprenant le nickel, le cobalt avec ou sans Fer,
- fabrication d'une gaine composée de poudres compactées comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels comprenant le nickel, le cobalt avec ou sans Fer,
- assemblage par frittage de la gaine et du coeur.

[0030] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation, description faite en référence aux dessins annexés et dans lesquels :

- la figure 1 montre l'architecture générale d'un projectile sous calibre de type flèche,
- la figure 2 montre en coupe longitudinale partielle un pénétrateur selon l'invention,
- la figure 3 est une micrographie montrant la structure du coeur du pénétrateur selon l'invention,
- la figure 4 est une micrographie montrant la structure de la gaine du pénétrateur selon l'invention,
- la figure 5a est une micrographie montrant la liaison entre gaine et coeur, et
- la figure 5b est un grossissement de la micrographie de la figure 5a.

[0031] La figure 1 montre un projectile flèche 1 qui comporte d'une façon classique un sabot 2 réalisé en matériau léger (tel qu'un alliage d'aluminium), sabot formé de plusieurs segments et qui entoure un pénétrateur 3 sous-calibré.

[0032] Le pénétrateur comporte une partie avant 3a conique et porte à sa partie arrière 3b un empennage 4 assurant sa stabilisation sur trajectoire. La structure même du pénétrateur 3 sera décrite par la suite.

[0033] Le sabot porte une ceinture 5, réalisée en matière plastique, et qui assure l'étanchéité aux gaz propulsifs lors du tir dans le tube d'une arme (non représenté).

[0034] Lors du tir, les gaz du chargement propulsif (non représenté) exercent leur poussée au niveau d'une partie arrière 6 du sabot qui est au calibre et qui constitue ce qu'on appelle la plaque de poussée.

[0035] Une telle configuration générale d'un projectile sous calibre stabilisé par empennage (projectile flèche) est bien connue. On pourra notamment considérer les brevets FR-2521717 et FR-2661739 qui décrivent des projectiles flèches connus.

[0036] Le sabot 2 est destiné à permettre le tir du projectile dans l'arme. Il est constitué de plusieurs segments (le plus souvent trois) qui entourent le pénétrateur 3 et qui sont en contact deux à deux au niveau de plans de joints.

[0037] A la sortie du tube de l'arme, les segments du sabot 2 s'écartent du pénétrateur 3 sous l'action de la pression aérodynamique qui s'exerce au niveau de la partie avant (AV) du sabot 2.

[0038] L'écartement des segments conduit à la rupture de la ceinture 5 et le sabot libère donc le pénétrateur 3 qui poursuit sa trajectoire.

[0039] Des moyens à concordance de forme (non représentés), par exemple un filetage, sont interposés entre le sabot 2 et le pénétrateur 3 pour assurer l'entraînement de ce dernier.

[0040] La figure 2 montre de façon plus précise la structure du pénétrateur 3 qui comporte une partie centrale ou coeur 7 qui est entourée d'une gaine périphérique 8.

[0041] Conformément à l'invention, le coeur est formé d'un alliage comprenant de 85% à 97% en masse de tungstène et la gaine est réalisée en un alliage comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène.

[0042] Le tungstène est allié, tant au niveau du coeur que de la gaine, à des métaux d'addition comme le Nickel qui sera toujours associé au Cobalt avec ou sans fer.

[0043] Plus précisément et en référence à la figure 3, au niveau du coeur 7, le matériau comprend des nodules 9 de tungstène de phase α à structure cristalline cubique centrée qui sont liés entre eux par une matrice 10 d'une phase gamma γ_C associant le tungstène au Nickel, au cobalt avec ou sans fer (Fe), avec une structure cristalline cubique à face centrée.

[0044] Le taux de tungstène du coeur est compris entre 85% et 97%, ce qui conduit à une densité du coeur de l'ordre de 17 g/cm³. Le coeur 7 est formulé de façon à avoir une limite élastique supérieure ou égale à 1100

MPa (Méga Pascals). La ductilité est de l'ordre de 6% et sa résilience Charpy (essai non entaillé selon norme ISO 179-1 est de 80 J/cm².

[0045] La composition du cœur comportera (proportions en masse):

85 à 97% de tungstène,
1 à 10% de Nickel,
1 à 6% de Cobalt.

[0046] Selon un autre mode de réalisation, la composition du cœur comportera (proportions en masse) :

85 à 97% de tungstène,
1 à 10% de Nickel,
0.5 à 10% de Fer,
1 à 8% de Cobalt.

[0047] En référence à la figure 4, au niveau de la gaine 8, le matériau comprend essentiellement une matrice 11 d'une phase gamma γ_G associant essentiellement le tungstène au Nickel et au Cobalt avec ou sans Fe, et avec une structure cristalline cubique à face centrée qui est le signe que cette gaine a une haute résilience.

[0048] Le pourcentage de tungstène de la gaine 8 est compris entre 30% et 72%, ce qui conduit à une densité de cette gaine qui peut varier entre 10 g/cm³ et 15 g/cm³. L'alliage de la gaine 8 sera formulé de façon à avoir une ductilité supérieure à 7% et une résilience élevée : résilience Charpy (essai non entaillé selon norme ISO 179-1) supérieure ou égale à 200 J/cm².

[0049] La composition de la gaine comportera (proportions en masse) :

30 à 72% de tungstène,
20 à 44% de Nickel,
5 à 25% de Cobalt.

[0050] Selon un autre mode de réalisation, la composition de la gaine comportera (proportions en masse):

30 à 72% de tungstène,
30 à 44% de Nickel,
0.5 à 10% de Fer,
5 à 25% de Cobalt.

[0051] Etant donné la différence de concentration du tungstène dans la gaine et le cœur, la gaine 8 est donc plus ductile que le cœur 7.

[0052] Si la phase gamma γ_G du cœur associe le tungstène au nickel et au cobalt (avec ou sans Fer), la phase gamma γ_G de la gaine comportera aussi le nickel et le cobalt (avec ou sans Fer) comme métaux additionnels.

[0053] Les figures 5a et 5b montrent qu'après mise en forme du pénétrateur 3, les matrices 10 et 11 du cœur 8 et de la gaine 7 (matrices formées par les phases gamma du cœur et de la gaine) sont reliées l'une à l'autre

de façon continue sans zone de transition. On pourra en particulier se référer aux zones repérées par les flèches Z1 et Z2 (la figure 5b est à un grossissement double de celui de la figure 5a). Il est clair sur les figures 5a et 5b que les phases gamma du cœur et de la gaine s'inter pénètrent et qu'il n'y a donc pas avec l'invention de zone de transition comme décrite par le brevet EP-1940574.

[0054] Il en résulte une liaison intime de la gaine 7 sur le cœur 8 et une résistance extrêmement forte de cette liaison.

[0055] Pour réaliser un tel pénétrateur 3 on met en oeuvre un procédé décrit de la façon suivante :

Au cours d'une étape A, pour fabriquer un alliage comprenant de 85% à 97% en masse de tungstène, les poudres de Tungstène, Nickel, Cobalt et éventuellement de Fer sont mélangées de façon homogène et pré comprimées sous forme d'un barreau qui constituera le cœur.

[0056] Au cours d'une étape B, on élabore une gaine 8 d'un alliage comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels comprenant le Nickel, le Cobalt et éventuellement du Fer.

[0057] Les matériaux sont mélangés de façon homogène puis comprimés dans un outillage qui comporte un noyau cylindrique ayant un diamètre égal ou supérieur au diamètre interne souhaité pour la gaine. Le reste de l'outillage de compression est classique.

[0058] Au cours d'une étape C on assemble par frittage la gaine et le cœur.

[0059] Le frittage a lieu en présence de phase liquide. On pourra mettre en oeuvre le procédé de frittage à haute puissance décrit dans la demande de brevet WO03/027340 et qui met en oeuvre un chauffage par induction.

[0060] Les alliages sont consolidés à des températures comprises entre 1400°C et 1600°C.

[0061] Le frittage permet d'assurer la continuité des phases gamma entre la gaine et le cœur.

[0062] Ces étapes A à C conduisent ainsi à la réalisation d'un ébauché du pénétrateur.

[0063] On procède ensuite aux différents usinages de l'ébauché permettant de réaliser le pénétrateur 3 souhaité. On réalisera en particulier le filetage externe porté par la gaine et permettant l'assemblage du pénétrateur 3 et de son sabot de lancement 2.

[0064] On pourra réaliser des gaines dont le diamètre est compris entre 1,4 et 2,0 fois le diamètre du cœur. L'épaisseur de la gaine 8 pourra ainsi varier entre 5 mm et 9mm pour un pénétrateur de 35 mm de diamètre externe.

[0065] A titre d'exemple, on a ainsi fabriqué les pénétrateurs suivants :

Exemple 1

[0066] Diamètre du cœur égal à 0,5-0,7 fois le diamètre de la gaine.

[0067] Le cœur est formé de 85% en masse de tungstène, et ayant une densité de 16,5 g/cm³, une limite élas-

tique de 1 800 MPa, une ductilité de 10% et une résilience Charpy non entaillé de 150 J/cm².

[0068] L'alliage du coeur comprend 85% en masse de Tungstène, 15% en masse de Nickel et 5% en masse de Cobalt.

[0069] La gaine a une densité de 11,2 g/cm², une limite élastique de 1 400 MPa, une ductilité de 18% et une résilience Charpy non entaillée de 400 J/cm². L'alliage de la gaine comprend (proportions en masse) : 38,0% de Tungstène, 40% de Nickel et 22% de Cobalt.

[0070] Ce pénétrateur (et son ébauché) a été fabriqué en mettant en oeuvre le procédé précédemment décrit.

Exemple 2

[0071] Diamètre du coeur égal à 0,5-0,7 fois le diamètre de la gaine.

[0072] Le coeur est formé de 89% en masse de tungstène, et ayant une densité de 17,1 g/cm³, une limite élastique de 1 500 MPa, une ductilité de 9% et une résilience Charpy non entaillé de 300 J/cm². L'alliage du coeur comprend 89% en masse de Tungstène, 7,5% en masse de Nickel et 3,5% en masse de Cobalt.

[0073] La gaine est formée de 68% en masse de tungstène et ayant une densité de 14,1 g/cm², une limite élastique de 2 000 MPa, une ductilité de 11% et une résilience Charpy non entaillée de 400 J/cm². L'alliage de la gaine comprend (proportions en masse) : 68% de Tungstène, 22% de Nickel et 10% de Cobalt.

[0074] Ce pénétrateur (et son ébauché) a été fabriqué en mettant en oeuvre le procédé précédemment décrit.

Exemple 3

[0075] Diamètre du coeur égal à 0,5-0,7 fois le diamètre de la gaine.

[0076] Le coeur est formé de 95% en masse de tungstène, et ayant une densité de 18,3 g/cm³, une limite élastique de 1 300 MPa, une ductilité de 7% et une résilience Charpy non entaillée de 50 J/cm². L'alliage du coeur comprend 95% en masse de Tungstène, 2% en masse de nickel, 1,5% en masse de cobalt et 2% en masse de fer.

[0077] La gaine est formée de 70,0% en masse de tungstène et ayant une densité de 14,0 g/cm², une limite élastique de 2000 MPa, une ductilité de 9% et une résilience Charpy non entaillé de 300 J/cm². L'alliage de la gaine comprend (proportions en masse) : 70,0% en masse de Tungstène, 18% en masse de Nickel, 10% en masse de Cobalt et 2% en masse de Fe.

[0078] Ce pénétrateur (et son ébauché) a été fabriqué en mettant en oeuvre le procédé précédemment décrit.

Revendications

1. Pénétrateur (3) en métal lourd à haute teneur en tungstène comportant une partie centrale ou coeur (7) formé d'un alliage comprenant de 85 à 97% en

masse de tungstène associé à des métaux additionnels et qui est entouré d'une gaine périphérique (8) d'un alliage de tungstène plus ductile que le matériau du coeur (7), pénétrateur **caractérisé en ce que** la gaine (8) est réalisée en un alliage comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène, le coeur (7) comprenant des nodules (9) de tungstène liés par une matrice (10) d'une phase gamma γ_C associant le tungstène aux métaux additionnels, les phases gamma du coeur (7) et de la gaine (8) étant reliées l'une à l'autre de façon continue sans zone de transition.

2. Pénétrateur en métal lourd selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ont une composition associant le tungstène, le nickel, le cobalt et éventuellement le fer.

3. Pénétrateur en métal lourd selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le coeur (7) comprend 85% en masse de tungstène et la gaine (8) 38% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des compositions associant Tungstène, Nickel et Cobalt.

4. Pénétrateur en métal lourd selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le coeur (7) comprend 89% en masse de tungstène et la gaine (8) 68% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des composition associant Tungstène, Nickel et Cobalt.

5. Pénétrateur en métal lourd selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'alliage du coeur (7) comprend 95% en masse de Tungstène, 2% en masse de Nickel, 1,5% en masse de Cobalt et 2% en masse de Fe et la gaine (8) 70% en masse de tungstène, les phases gamma du coeur γ_C et de la gaine γ_G ayant des compositions associant Tungstène, Nickel, Cobalt et Fer.

6. Procédé de fabrication d'un pénétrateur en métal lourd à haute teneur en tungstène selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :

- fabrication d'un coeur (7) composé de poudres compactées comprenant de 85% à 97% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels comprenant le nickel, le cobalt avec ou sans Fer,
- fabrication d'une gaine (8) composée de poudres compactées comprenant de 30% à 72% en masse de tungstène associé à des métaux additionnels comprenant le nickel, le cobalt avec ou sans Fer,
- assemblage par frittage de la gaine (8) et du

coeur (7).

Patentansprüche

1. Penetrator (3) aus Schwermetall mit hohem Wolframgehalt, aufweisend einen zentralen Teil oder Kern (7), gebildet aus einer Legierung, die 85 bis 97 Ma% Wolfram umfasst, kombiniert mit zusätzlichen Metallen, und der von einer peripheren Hülle (8) aus einer Legierung aus duktilerem Wolfram als das Kernmaterial (7) umgeben ist, wobei der Penetrator **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hülle (8) aus einer Legierung hergestellt ist, die 30 bis 72 Ma% Wolfram umfasst, wobei der Kern (7) Wolframknollen (9) umfasst, die durch eine Matrix (10) einer Gammaphase γ_C gebunden sind, die das Wolfram mit den zusätzlichen Metallen kombiniert, wobei die Gammaphasen des Kerns (7) und der Hülle (8) kontinuierlich ohne Übergangszone miteinander verbunden sind.
2. Penetrator aus Schwermetall nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gammaphasen des Kerns γ_C und der Hülle γ_G eine Zusammensetzung haben, die Wolfram, Nickel, Kobalt und gegebenenfalls Eisen kombiniert.
3. Penetrator aus Schwermetall nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kern (7) 85 Ma% Wolfram und die Hülle (8) 38 Ma% Wolfram umfasst, wobei die Gammaphasen des Kerns γ_C und der Hülle γ_G Zusammensetzungen haben, die Wolfram, Nickel und Kobalt kombinieren.
4. Penetrator aus Schwermetall nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kern (7) 89 Ma% Wolfram und die Hülle (8) 68 Ma% Wolfram umfasst, wobei die Gammaphasen des Kerns γ_C und der Hülle γ_G Zusammensetzungen haben, die Wolfram, Nickel und Kobalt kombinieren.
5. Penetrator aus Schwermetall nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung des Kerns (7) 95 Ma% Wolfram, 2 Ma% Nickel, 1,5 Ma% Kobalt und 2 Ma% Eisen und die Hülle (8) 70 Ma% Wolfram umfasst, wobei die Gammaphasen des Kerns γ_C und der Hülle γ_G Zusammensetzungen haben, die Wolfram, Nickel, Kobalt und Eisen kombinieren.
6. Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus Schwermetall mit hohem Wolframgehalt nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden Schritte umfasst:
 - Herstellen eines Kerns (7), der aus kompaktierten Pulvern zusammengesetzt ist, umfas-

send 85 bis 97 Ma% Wolfram, kombiniert mit zusätzlichen Metallen, die Nickel, Kobalt mit oder ohne Eisen umfassen,
 - Herstellen einer Hülle (8), die aus kompaktierten Pulvern zusammengesetzt ist, umfassend 30 bis 72 Ma% Wolfram, kombiniert mit zusätzlichen Metallen, die Nickel, Kobalt mit oder ohne Eisen umfassen,
 - Verbinden der Hülle (8) und des Kerns (7) durch Sintern.

Claims

1. A heavy metal penetrator (3) with a high tungsten content incorporating a central part or core (7) formed of an alloy comprising from 85% to 97% by mass of tungsten associated with additional metals and which is surrounded by a peripheral sheath (8) made of a more ductile tungsten alloy than that of the core (7), penetrator **characterized in that** the sheath (8) is made of an alloy comprising 30% to 72% by mass of tungsten, the core (7) comprising nodules (9) of tungsten bound in a matrix (10) of a gamma phase γ_C associating tungsten with additional metals, the two gamma phases being continuously joined to one another with no transition zone.
2. A heavy metal penetrator according to Claim 1, **characterized in that** the gamma phases of the core γ_C and of the sheath γ_G have a composition associating tungsten, nickel, cobalt and possibly iron.
3. A heavy metal penetrator according to Claim 2, **characterized in that** the core (7) comprises 85% by mass of tungsten and the sheath (8) 38% by mass of tungsten, the gamma phases of the core γ_C and the sheath γ_G being of compositions associating tungsten, nickel and cobalt.
4. A heavy metal penetrator according to Claim 2, **characterized in that** the core (7) comprises 89% by mass of tungsten and the sheath (8) 68% by mass of tungsten, the gamma phases of the core γ_C and the sheath γ_G having compositions associating tungsten, nickel and cobalt.
5. A heavy metal penetrator according to Claim 2, **characterized in that** the alloy making up the core (7) comprises 95% by mass of tungsten, 2% by mass of nickel, 1.5% by mass of cobalt and 2% by mass of iron and the sheath (8) 70% by mass of tungsten, the gamma phases of the core γ_C and the sheath γ_G having compositions associating tungsten, nickel, cobalt and iron.
6. A process to manufacture a heavy metal penetrator with a high tungsten content according to one of

Claims 1 to 5, **characterized in that** it comprises the following steps:

- production of a core (7) composed of compacted powders comprising from 85% to 97% by mass of tungsten associated with additional material comprising nickel, cobalt with or without iron, 5
- production of a sheath (8) composed of compacted powders comprising from 30% to 72% by mass of tungsten associated with additional metals comprising nickel, cobalt with or without iron, 10
- assembly by sintering of the sheath (8) and core (7). 15

20

25

30

35

40

45

50

55

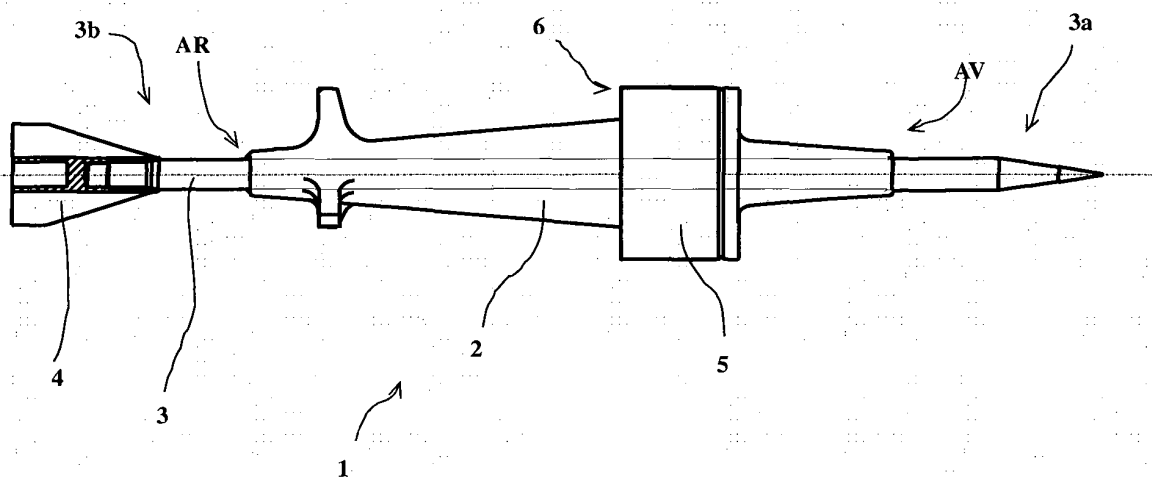


Fig. 1

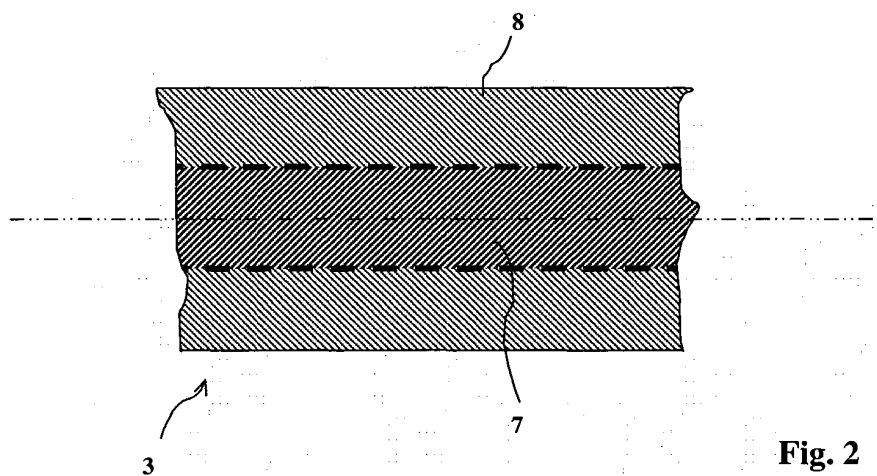
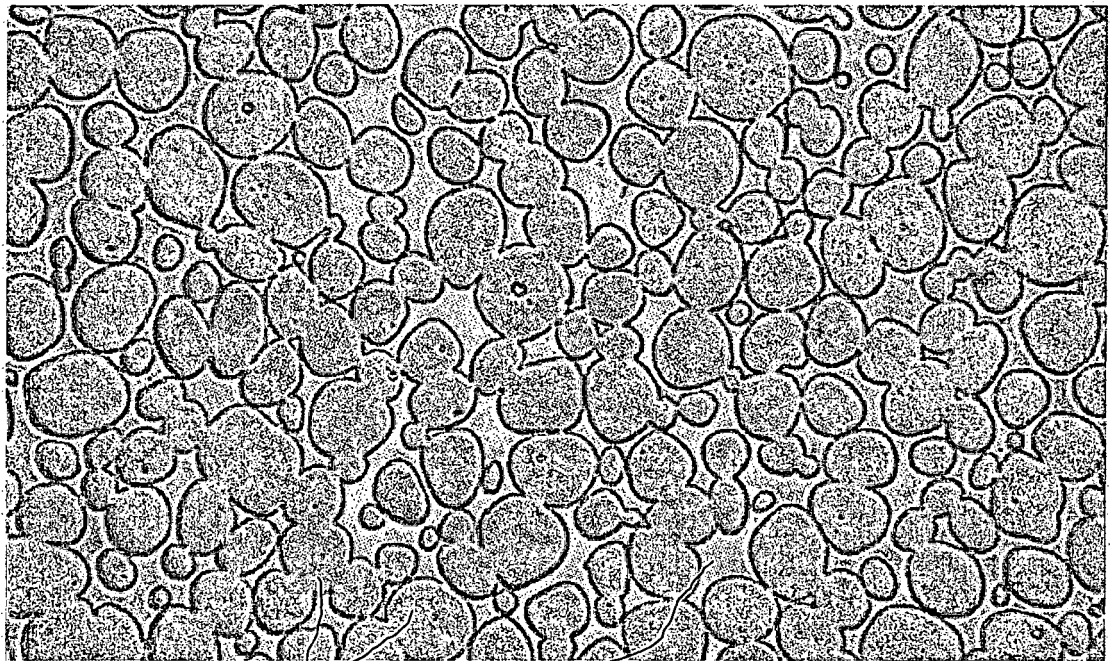


Fig. 2

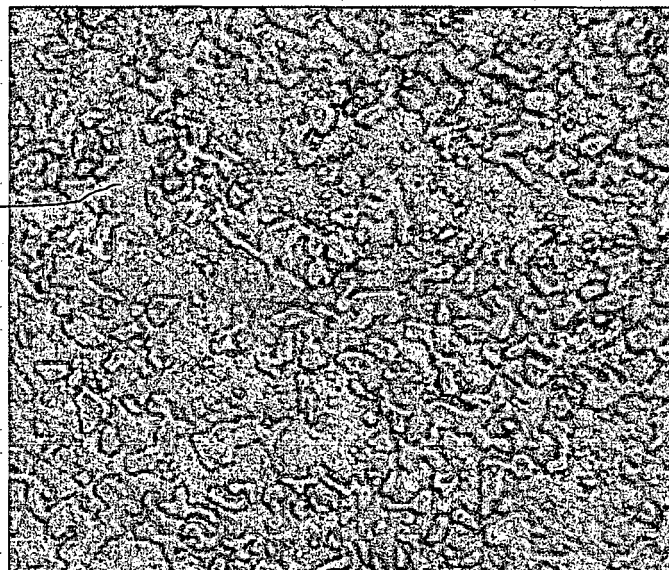


7

9

10

Fig. 3



11

8

Fig. 4

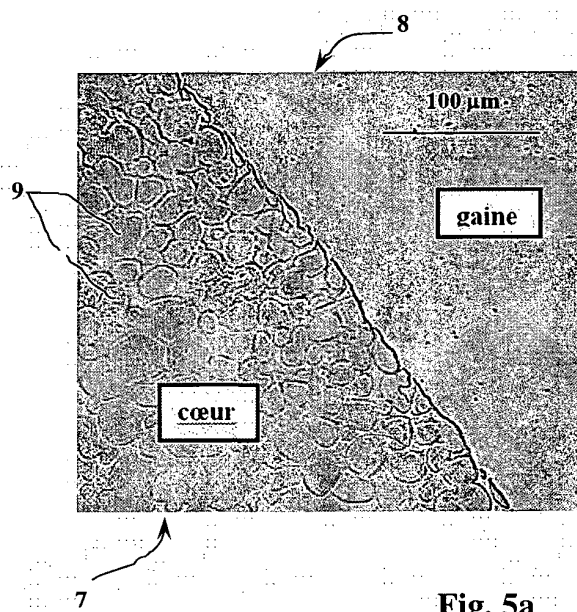


Fig. 5a

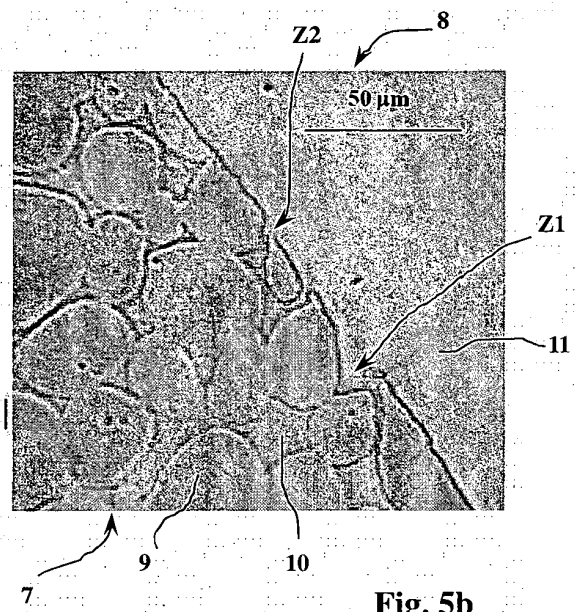


Fig. 5b

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 8580188 B2 [0004]
- FR 2521717 [0004] [0035]
- FR 2661739 [0004] [0035]
- EP 1940574 A [0008] [0014] [0019] [0053]
- WO 03027340 A [0059]