

Description

Cette invention est relative à un procédé de mise en forme directe et d'optimisation des caractéristiques mécaniques de projectiles perforants en alliage de tungstène à haute densité, notamment pour munitions militaires.

Les projectiles perforants utilisés dans les armes militaires ont subi une évolution importante durant ces dernières années.

L'utilisation d'alliages de plus en plus denses sur lesquels a été recherchée une optimisation des caractéristiques mécaniques combinée à une augmentation de la vitesse de tir, a permis d'obtenir des projectiles de plus en plus efficaces.

Parmi les alliages, on peut citer :

- les alliages à base d'uranium appauvri avec lesquels on peut obtenir une masse volumique voisine de 19000 kg/m^3 et une bonne ductilité et dont l'utilisation est rendue attractive par la nécessité de trouver des débouchés aux stocks d'uranium appauvri générés par l'industrie nucléaire;

- le carbure de tungstène avec un ajout d'environ 13% à 15% de Cobalt qui a cependant l'inconvénient d'avoir une masse volumique de 14000 kg/m^3 insuffisante pour certaines applications. Par ailleurs, sa faible ductilité peut représenter un handicap pour traverser des cibles multiples;

- les alliages à base de tungstène élaborés par métallurgie des poudres, c'est-à-dire le tungstène avec ses impuretés habituelles dont la faible ductilité et l'usinage toujours très délicat constituent un handicap pour sa mise en oeuvre, mais aussi le tungstène avec des ajouts volontaires par exemple de nickel, cuivre, fer, conduisant aux alliages de type W-Ni-Cu et W-Ni-Fe dont les propriétés peuvent être relativement bien réglées en fonction de leur utilisation. C'est le cas pour les alliages W-Ni-Cu de masse volumique comprise entre 17500 et 18500 kg/m^3 environ qui ont une ductilité moyenne intéressante lorsqu'une fragmentation du projectile est recherchée mais aussi et surtout pour les alliages W-Ni-Fe dont la masse volumique peut être ajustée également entre 17500 et 18500 kg/m^3 en agissant sur la teneur en tungstène (93% à 97% en poids) et la ductilité modifiée en fonction du rapport Fe/Ni.

L'obtention d'alliages W-Ni-Cu et W-Ni-Fe dénommés aussi "métaux lourds" fait appel à la métallurgie des poudres. Les matières premières utilisées sont constituées par des poudres de chacun des métaux de granulométrie comprise entre 2 et $10 \mu\text{m}$ environ. Celles-ci sont mélangées dans des appareils rotatifs, notamment, de manière à obtenir un produit homogène dont l'analyse répond à la composition visée.

Ce mélange est ensuite mis sous forme d'ébauches de profil convenable à l'application recherchée par une opération soit de compression dans une matrice de forme en acier, soit de compression isostatique au cours de laquelle la poudre placée dans un moule en caoutchouc est soumise à l'action d'un fluide de compression dans une enceinte à haute pression.

Ces ébauches sont poreuses, de faible densité et fragiles et il est nécessaire de les soumettre à une densification qui s'effectue par frittage entre 1400 et 1600°C environ dans des fours sous atmosphère d'hydrogène. Au cours de cette opération une phase ternaire constituée par les trois métaux en présence se forme par diffusion et devient liquide. Ce liquide enrobe les grains de tungstène et permet une densification complète de l'alliage par un retrait dimensionnel notable de l'ébauche.

Les alliages à base de tungstène métal dont on vient de décrire le procédé d'obtention sont susceptibles de présenter une bonne ductilité : grâce à cette propriété, il est possible d'améliorer par corroyage leur limite élastique et leur charge de rupture.

C'est ainsi par exemple qu'une ébauche réalisée en un alliage contenant en poids 93% W, 4,5% Ni et 2,5% Fe qui possède après frittage à 1450°C les caractéristiques suivantes :

- masse volumique : $17\,500 \text{ kg/m}^3$
- résistance à 0,2% d'allongement R_p 0,2 : 750 MPa
- résistance à la rupture R_m : 950 MPa
- allongement en % : 25

présente, après un corroyage homogène sous un taux de réduction de la section de 18% environ, les valeurs de résistance suivantes :

R_p 0,2 : 1100 MPa
 R_m : 1250 MPa

Un tel matériau écroui est utilisé pour réaliser des projectiles sous calibrés destinés à la perforation des blindages, car il possède une haute limite élastique capable de résister aux contraintes dues à l'accélération dans le canon où les vitesses de sortie peuvent atteindre 1400 à 1600 m/sec .

Dans ce type d'application, l'ébauche est généralement de forme cylindrique et le corroyage obtenu par martelage au défilé. Pour donner à l'ébauche le profil définitif du projectile, on lui fait alors subir un usinage convenable.

Un tel procédé a été décrit dans l'US 3 979 234. Il y est dit que les projectiles en W-Ni-Fe de composition en poids : 85-90% W et telle que Ni/Fe est compris entre 5,5 et 8,2, sont obtenus par compression de poudre, frittage, corroyage avec un taux de réduction de 20% puis usinage final de l'ébauche corroyée. L'invention indique qu'il est ainsi possible d'obtenir une dureté Rockwell^C de 42 uniforme à plus ou moins une unité près.

Il faut cependant faire remarquer qu'un tel procédé présente deux inconvénients majeurs :

- d'une part, les opérations d'usinage de l'ébauche après frittage et après corroyage conduisent à une perte relativement importante de matière chère ce qui grève fortement le prix de revient des projectiles sans parler du coût de la main-d'oeuvre qu'elle nécessite;
- d'autre part, l'homogénéité des propriétés des projectiles n'est pas toujours souhaitable. En effet, ces derniers sont soumis au cours de leur utilisation à des sollicitations différentes qui sont :
 - . des contraintes mécaniques par choc lors du chargement à cadence rapide dans la culasse du canon
 - . des contraintes élastiques très élevées pendant la phase d'accélération dans le canon
 - . des contraintes diverses lors de l'impact sur la cible qui peut être composée de couches de matériaux différents et qui provoquent des phénomènes de compression, d'écroûissage et d'élévation de températures.

Par ailleurs, il est souhaitable que dans la phase finale de perforation, les projectiles puissent se fragmenter afin d'accroître leur capacité de destruction.

Il est donc intéressant de disposer de projectiles présentant des zones aux caractéristiques métallurgiques différentes et optimisées de façon à répondre au mieux aux sollicitations spécifiques auxquelles ils seront soumis localement.

Le brevet EP-A-143775 apporte une solution satisfaisante à ce dernier problème en réalisant par forgeage à froid d'une ébauche en alliage de tungstène de forme appropriée, un projectile dont les caractéristiques mécaniques varient localement selon le taux de réduction de section qui peut varier entre 0 et 30% selon une direction parallèle à l'axe de l'ébauche. Toutefois ce document n'apporte pas de solution au problème de la mise en forme directe du projectile à sa forme définitive lors du forgeage pour s'affranchir de tout usinage ultérieur voire même de tout usinage de l'ébauche de forme avant forgeage.

C'est pourquoi la demanderesse a cherché et mis au point un procédé permettant de résoudre simultanément ces 2 problèmes.

Ce procédé a donc pour but la mise en forme de projectiles perforants, notamment pour munitions militaires, par écroûissage, à une température comprise entre l'ambiante et 500°C, d'une ébauche comprimée et frittée d'un alliage de tungstène comportant des ajouts d'éléments métalliques tels que Fe, Ni, Cu présentant un axe de révolution et de masse volumique au moins égale à 17000 kg/m³ ledit écroûissage s'effectuant suivant un taux variable de réduction de section dans une direction parallèle à l'axe de l'ébauche de forme appropriée, caractérisé en ce que dans le but d'obtenir simultanément le projectile à sa forme définitive ainsi que des caractéristiques variables et adaptées localement aux contraintes d'utilisation on soumet ladite ébauche de forme appropriée à un traitement d'écroûissage, avec un taux de réduction de section pouvant varier de 5% à 60%, par un outillage de mise en forme comportant des marteaux dont le profil est déterminé par la forme du projectile fini.

A cet effet la course des marteaux peut être réglée avec une tolérance de $\pm 0,05$ mm par rapport au diamètre dudit projectile.

Ainsi, selon l'invention, on met en oeuvre un alliage de tungstène de préférence choisi parmi les alliages tels que les W-Ni-Cu et les W-Ni-Fe. Ces métaux sont mis sous forme d'ébauches présentant un axe de révolution, c'est-à-dire qu'elles sont le plus souvent cylindriques ou cylindro-coniques.

Ces ébauches ont une masse volumique au moins égale à 17000 kg/cm³ et sont obtenues par métallurgie des poudres à partir de poudres de tungstène, de nickel, de fer, de cuivre qui ont été mélangées, compactées sous forme d'ébauches et frittées sous atmosphère d'hydrogène entre 1400 et 1600°C, c'est-à-dire dans des conditions qui jointes à la nature de l'alliage permettent d'obtenir des produits ductiles qui ne risquent pas de se dégrader lors de l'écroûissage.

Un autre objet de l'invention est que les ébauches de forme appropriée obtenues brutes d'élaboration après frittage, sans aucun usinage préalable destiné à leur donner le profil définitif du projectile, sont soumises à un traitement d'écroûissage.

Ce traitement s'opère sur des ébauches soit à froid, soit après réchauffage préalable modéré et ne dépassant pas 500°C. Ce réchauffage dépend de la nature de l'alliage et permet de réduire pour certains d'entre eux l'effort à appliquer pour obtenir le taux d'écroûissage souhaité.

Dans ces conditions, le matériau qui les constitue étant relativement ductile se prête bien à la déformation et on peut ainsi donner le profil définitif au projectile sans avoir recours initialement à un usinage et lui conférer en même temps une résistance mécanique beaucoup plus élevée.

Toutefois, à la différence de l'art antérieur, cet écroûissage est réglé dans les différentes sections de l'ébau-

che perpendiculaires à son axe de révolution suivant un taux particulier dépendant de la forme de l'ébauche de manière à obtenir tout au long du projectile des caractéristiques mécaniques adaptées c'est-à-dire optimisées aux contraintes hétérogènes subies par le projectile au cours de ses phases actives. Ainsi, le taux de réduction de la section initiale S à la section finale s de l'ébauche défini par le rapport $(S-s)/S \times 100$ peut varier de 5% à 60%.

Si un objet de l'invention est de soumettre directement à un traitement d'écroissage l'ébauche brute d'élaboration et de forme appropriée pour obtenir le profil définitif du projectile, le procédé selon l'invention s'applique de la même façon à une ébauche de forme appropriée obtenue par usinage d'une ébauche brute d'élaboration, généralement de forme géométrique simple, cylindre, parallélépipède... selon l'art antérieur. Dans ce cas, une partie de l'intérêt économique du procédé que constitue la suppression de l'usinage de l'ébauche frittée avant corroyage est perdue mais sans remettre en cause pour autant l'objet essentiel du procédé et les avantages, notamment technologiques, qui en découlent.

Quant au fait de ne pas usiner après écroissage, outre l'intérêt qu'il présente d'éviter des frais de main-d'oeuvre et d'entretien de matériel et des pertes en matériau relativement cher, il permet de maintenir à la surface du projectile des couches superficielles en compression ce qui améliore fortement sa résistance aux différentes sollicitations élastiques.

L'opération d'écroissage est obtenue par tout procédé approprié de préférence par un martelage rotatif de l'ébauche de façon à développer des caractéristiques mécaniques présentant une symétrie axiale. Ce martelage peut être réalisé au moyen de différents dispositifs tels que par exemple une machine de martelage rotatif et alternatif équipée d'un outillage de mise en forme comportant au moins deux marteaux.

Ainsi, on peut utiliser, par exemple, un outillage à 4 marteaux dont le profil est défini par la forme du projectile souhaité.

La cadence de frappe des marteaux est d'environ de 2000 à 2500 coups par minute.

Les marteaux sont réalisés en acier rapide mais pour des séries importantes, leur élaboration en carbure de tungstène s'avère plus judicieuse pour maîtriser les phénomènes d'usure et les tolérances dimensionnelles visées sur le projectile.

Pour limiter l'effort de la machine, les ébauches sont préchauffées avant martelage à une température comprise entre 250°C et 500°C suivant les matériaux concernés et les taux d'écroissage exercés.

L'ébauche est introduite dans l'outillage par un système de poussoir permettant de la maintenir entre pointes et assurant, à l'aide d'un vérin, la translation du projectile dans l'axe de l'outillage avec une vitesse variable compatible avec les contraintes de rétreint exercées.

La course des marteaux peut être réglée avec précision afin d'obtenir les taux d'écroissage visés et les tolérances dimensionnelles exigées sur les différentes parties du projectile. Les cotes sur le diamètre peuvent être maîtrisées sans difficulté avec une tolérance de $\pm 0,05\text{mm}$.

Afin d'apprécier les variations obtenues dans les caractéristiques mécaniques en fonction du taux d'écroissage, on donne ci-dessous dans le Tableau I les résultats, obtenus sur des éprouvettes de 15mm de diamètre correspondant à 3 types d'alliages de tungstène, de mesure de dureté Vickers HV30 en fonction des points de mesure par rapport à l'axe du barreau.

TABLEAU I

5	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	All.W-Ni-Fe(93% W)	:	All.W-Ni-Fe(95% W)	:	All.W-Ni-Fe(97% W)	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	Taux de corroyage	:	Taux de corroyage	:	Taux de corroyage	:	:	:
	:	:	6 % : 10% : 15%	:	6% : 10% : 15%	:	6% : 10% : 15%	:	:	:
10	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	Distance à	:	Dureté:Dureté:Dureté	:	Dureté:Dureté:Dureté:Dureté:Dureté:Dureté:	:	:	:
	:	:	l'axe en mm	:	HV30 : HV30 : HV30	:	HV30 : HV30 : HV30 : HV30 : HV30 : HV30 :	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
15	:	:	0	:	400 : 435 : 476	:	422 : 457 : 487	:	436 : 476 : 527	:
	:	:	2	:	412 : 442 : 481	:	429 : 464 : 492	:	441 : 482 : 532	:
	:	:	5	:	422 : 454 : 486	:	438 : 471 : 498	:	467 : 494 : 538	:
	:	:	7	:	438 : 476 : 499	:	459 : 484 : 519	:	489 : 508 : 550	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

On constate que :

- l'évolution de la dureté est une fonction directe de la concentration en tungstène de l'alliage d'une part, et du taux d'écrouissage appliqué, d'autre part.

- à l'intérieur du matériau, la dureté respecte une fonction croissante allant du centre de l'éprouvette aux couches extérieures superficielles.

- cette évolution du centre vers le bord n'est pas linéaire mais devient plus rapide en périphérie et ceci d'autant plus que le taux de corroyage appliqué est élevé. Pour les trois types d'alliages considérés, on constate que :

. Pour un taux de corroyage de 6%, l'écart moyen HV30 de 0 à 5 mm est supérieur à celui de 5 à 7 mm,

. alors qu'il lui est équivalent pour un taux de corroyage de 10%,

. et qu'il lui est inférieur pour un taux de corroyage de 15%

ce que confirme l'intérêt de ne pas éliminer ou détériorer, par usinage, les couches superficielles du matériau obtenues après écrouissage.

L'invention peut être illustrée à l'aide des 3 exemples d'application suivants qui seront mieux compris à l'aide des 9 figures ci-jointes.

Ces figures représentent des coupes axiales des ébauches avant et après martelage sur lesquelles sont indiquées les valeurs de dureté mesurée en différents points ainsi que le profil de l'outillage utilisé pour le martelage.

Les figures 1-2-3 correspondent à l'Exemple 1, les figures 4-5-6 à l'Exemple 2 et les figures 7-8-9 à l'Exemple 3.

EXEMPLE 1 : Alliage de tungstène-nickel-fer à 93% de Tungstène

On réalise un mélange de poudres contenant en poids :

- 93 % de tungstène pur

- 4,5 % de nickel pur

- 2,5 % de fer pur.

Les ébauches sont obtenues par compression isostatique à 2000 bars du mélange de poudre dans des moules de forme homothétique à celle représentée fig.2. Elles sont ensuite placées sur des plateaux en alumine et frittées dans un four de passage sous atmosphère d'hydrogène à 1460°C.

Après un traitement des ébauches sous vide à 1100°C, on note sur des éprouvettes les caractéristiques suivantes :

- Rp 0,2 = 750 MPa environ

- Rm = 950 MPa environ

- A % = 25 environ

- masse volumique = 17600 kg/m³ environ.

On procède ensuite à la mise en forme dans une machine à marteler à 4 marteaux dont le profil est représenté sur la fig.1.

Dans cet exemple, on a cherché à obtenir une dureté élevée à l'avant du projectile (pointe), une bonne ductilité dans la partie médiane du projectile et une aptitude à la fragmentation dans la partie arrière du projectile.

Les marteaux de frappe ont été réalisés en acier rapide.

Les ébauches ont été préchauffées à environ 350°C avant martelage.

Pour limiter les contraintes d'écrouissage, l'opération a été exécutée en deux passages successifs entre les marteaux.

Les outillages ont été réglés, lors du premier passage, à un taux de réduction d'environ 25% sur les sections les plus écrouis.

Après le deuxième passage, on a procédé à un traitement thermique, sous argon, à environ 550°C.

L'évolution des formes du projectile et de la dureté HV30 avant et après martelage, est donnée sur les fig. 2 et 3.

EXEMPLE 2 : Alliage de tungstène-nickel-fer à 95% de W

On réalise un mélange de poudres contenant en poids :

- 95% de tungstène pur
- 3,2 % de nickel pur
- 1,8 % de fer pur.

Les ébauches sont comprimées dans une enceinte isostatique à 2000 bars dans des moules de forme en caoutchouc homothétique de la forme de l'ébauche représentée fig.4.

Elles sont ensuite frittées dans un four à passage sous hydrogène à 1510°C. Après traitement des ébauches sous vide à 1100°C, on obtient sur éprouvettes les caractéristiques suivantes :

- $R_p 0,2 = 720$ MPa environ
- $R_m = 940$ MPa environ
- $A \% = 25$ % environ
- masse volumique = 18000 kg/m³ environ.

On procède ensuite à l'opération du martelage en utilisant la machine citée dans l'Exemple 1. Le profil des marteaux adapté à ce type de projectile est défini par la fig.4.

Dans cet exemple, on a recherché une dureté élevée dans la pointe du projectile, une élasticité élevée dans sa partie médiane et une ductilité élevée à l'arrière.

Les marteaux de frappe ont été réalisés en acier rapide.

Les ébauches ont été préchauffées à environ 400°C avant martelage.

L'opération de martelage a été exécutée en un seul passage.

On a procédé ensuite à un traitement thermique, sous argon, à environ 860°C.

L'évolution des formes du projectile et de la dureté HV30, avant et après martelage, est donnée sur les fig. 5 et 6.

EXEMPLE 3 : Alliage de tungstène-nickel-fer à 98% de W

On réalise un mélange de poudres contenant en poids :

- 96,85% de tungstène pur
- 2,15% de nickel pur
- 1,00 % de fer pur.

Les ébauches sont comprimées dans une enceinte isostatique à 2000 bars dans des moules de forme en caoutchouc dont la forme est homothétique de l'ébauche représentée fig.7.

Elles sont ensuite frittées dans un four à passage sous hydrogène à 1600°C. Après un traitement sous vide à 1100°C, on obtient sur éprouvettes les caractéristiques suivantes :

- $R_p 0,2 = 740$ MPa environ
- $R_m = 960$ MPa environ
- $A \% = 17$ environ
- masse volumique = 18500 kg/m³ environ.

On procède ensuite à l'opération de martelage en utilisant la machine citée dans l'Exemple 1. Le profil des marteaux adapté à ce type de noyau est défini par la fig.7.

Dans cet exemple, on a recherché une dureté maximum dans la pointe du projectile, une dureté élevée combinée avec une ductilité importante dans sa partie médiane, une ductilité maximum à l'arrière.

Les marteaux de frappe ont été réalisés en carbure de tungstène.

Les ébauches ont été préchauffées à environ 450°C.

L'opération de martelage a été exécutée en deux passes successives.

On a procédé ensuite à un traitement thermique sous argon à environ 450°C. L'évolution des formes du projectile et de la dureté HV30, avant et après martelage, est donnée sur les fig. 8 et 9.

On peut constater que l'opération de martelage a permis d'augmenter les valeurs des duretés et de les rendre hétérogènes notamment le long du projectile.

10 Revendications

1. Procédé de mise en forme de projectiles perforants, notamment pour munitions militaires, par écrouissage, à une température comprise entre l'ambiante et 500°C, d'une ébauche comprimée et frittée d'un alliage de tungstène comportant des ajouts d'éléments métalliques tels que Fe, Ni, Cu présentant un axe de révolution et de masse volumique au moins égale à 17000 kg/m³ ledit écrouissage s'effectuant suivant un taux variable de réduction de section dans une direction parallèle à l'axe de l'ébauche de forme appropriée, caractérisé en ce que dans le but d'obtenir simultanément le projectile à sa forme définitive ainsi que des caractéristiques variables et adaptées localement aux contraintes d'utilisation, on soumet ladite ébauche de forme appropriée à un traitement d'écrouissage, avec un taux de réduction de section pouvant varier de 5% à 60%, par un outillage de mise en forme comportant des marteaux dont le profil est déterminé par la forme du projectile fini.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la course des marteaux dont le profil est déterminé par la forme du projectile fini peut être réglée avec tolérance de $\pm 0,05$ mm par rapport au diamètre dudit projectile.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ébauche de forme appropriée est une ébauche brute d'élaboration obtenue à partir d'un mélange de poudres appartenant au groupe constitué par les poudres de W-Ni-Fe et W-Ni-Cu, qui a été comprimée dans un moule de forme puis frittée sous hydrogène entre 1400°C et 1600°C.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'ébauche de forme appropriée est une ébauche obtenue à partir d'un mélange de poudres, appartenant au groupe constitué par les poudres de W-Ni-Fe et W-Ni-CU, qui a été comprimée dans un moule suivant une forme géométrique simple telle que cylindrique ou parallélépipédique puis usinée.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Formgebung von Durchschlaggeschossen, insbesondere für militärische Munitionen, durch Nachverformen eines komprimierten und gesinterten Rohlings aus einer Zussätze von metallischen Elementen wie Fe, Ni, Cu enthaltenden Wolframlegierung mit einer Drehachse und einer Volumenmasse von wenigstens 17000 kg/m³ bei einer Temperatur zwischen der umgebenden und 500 °C, welches Nachverformen gemäß einem in einer zur Achse des Rohlings geeigneter Form parallelen Richtung variablen Querschnittsreduktionsgrad erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß man zwecks gleichzeitigen Erhaltens des Geschosses in seiner endgültigen Form und von variablen sowie den Verwendungsbeanspruchungen angepaßten Eigenschaften den Rohling geeigneter Form einer Nachverformungsbehandlung mit einem von 5 % bis 60 % variieren könnenden Querschnittsreduktionsgrad durch ein Formgebungswerkzeug unterwirft, das Hämmer aufweist, deren Profil durch die Form des fertigen Geschosses bestimmt wird.
2. Verfahren nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubweg der Hämmer, deren Profil durch die Form des fertigen Geschosses bestimmt wird, mit einer Toleranz von $\pm 0,05$ mm bezüglich des Durchmessers des Geschosses reguliert werden kann.
3. Verfahren nach dem Anspruch 1 oder 2.

Les marteaux de frappe ont été réalisés en carbure de tungstène.

Les ébauches ont été préchauffées à environ 450°C.

L'opération de martelage a été exécutée en deux passes successives.

On a procédé ensuite à un traitement thermique sous argon à environ 450°C. L'évolution des formes du projectile et de la dureté HV30, avant et après martelage, est donnée sur les fig. 8 et 9.

On peut constater que l'opération de martelage a permis d'augmenter les valeurs des duretés et de les rendre hétérogènes notamment le long du projectile.

10 Revendications

1. Procédé de mise en forme de projectiles perforants, notamment pour munitions militaires, par écrouissage, à une température comprise entre l'ambiante et 500°C, d'une ébauche comprimée et frittée d'un alliage de tungstène comportant des ajouts d'éléments métalliques tels que Fe, Ni, Cu présentant un axe de révolution et de masse volumique au moins égale à 17000 kg/m³ ledit écrouissage s'effectuant suivant un taux variable de réduction de section dans une direction parallèle à l'axe de l'ébauche de forme appropriée, caractérisé en ce que dans le but d'obtenir simultanément le projectile à sa forme définitive ainsi que des caractéristiques variables et adaptées localement aux contraintes d'utilisation, on soumet ladite ébauche de forme appropriée à un traitement d'écrouissage, avec un taux de réduction de section pouvant varier de 5% à 60%, par un outillage de mise en forme comportant des marteaux dont le profil est déterminé par la forme du projectile fini.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la course des marteaux dont le profil est déterminé par la forme du projectile fini peut être réglée avec tolérance de $\pm 0,05$ mm par rapport au diamètre dudit projectile.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'ébauche de forme appropriée est une ébauche brute d'élaboration obtenue à partir d'un mélange de poudres appartenant au groupe constitué par les poudres de W-Ni-Fe et W-Ni-Cu, qui a été comprimée dans un moule de forme puis frittée sous hydrogène entre 1400°C et 1600°C.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'ébauche de forme appropriée est une ébauche obtenue à partir d'un mélange de poudres, appartenant au groupe constitué par les poudres de W-Ni-Fe et W-Ni-CU, qui a été comprimée dans un moule suivant une forme géométrique simple telle que cylindrique ou parallélépipédique puis usinée.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Formgebung von Durchschlagschossen, insbesondere für militärische Munitionen, durch Nachverformen eines komprimierten und gesinterten Rohlings aus einer Mischung von metallischen Elementen wie Fe, Ni, Cu enthaltenden Wolframlegierung mit einer Drehachse und einer Volumenmasse von wenigstens 17000 kg/m³ bei einer Temperatur zwischen der umgebenden und 500 °C, welches Nachverformen gemäß einem in einer zur Achse des Rohlings geeigneter Form parallelen Richtung variablen Querschnittsreduktionsgrad erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß man zwecks gleichzeitigen Erhaltens des Geschosses in seiner endgültigen Form und von variablen sowie den Verwendungsbeanspruchungen angepaßten Eigenschaften den Rohling geeigneter Form einer Nachverformungsbehandlung mit einem von 5 % bis 60 % variieren könnenden Querschnittsreduktionsgrad durch ein Formgebungswerkzeug unterwirft, das Hämmer aufweist, deren Profil durch die Form des fertigen Geschosses bestimmt wird.
2. Verfahren nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hubweg der Hämmer, deren Profil durch die Form des fertigen Geschosses bestimmt wird, mit einer Toleranz von $\pm 0,05$ mm bezüglich des Durchmessers des Geschosses reguliert werden kann.
3. Verfahren nach dem Anspruch 1 oder 2,



dadurch gekennzeichnet,

daß der Rohling geeigneter Form ein Grobherstellungsrohling ist, der aus einem zu der aus den Pulvern von W-Ni-Fe und W-Ni-Cu gebildeten Gruppe gehörenden Pulvergemisch erhalten wird, das in einer Formgebungsform komprimiert und danach unter Wasserstoff zwischen 1400 °C und 1600 °C gesintert wurde.

4. Verfahren nach dem Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Rohling geeigneter Form ein Rohling ist, der aus einem zu der aus den Pulvern von W-Ni-Fe und W-Ni-Cu gebildeten Gruppe gehörenden Pulvergemisch erhalten wird, das in einer Form entsprechend einer einfachen geometrischen, wie z.B. zylindrischen oder parallelellächigen Form komprimiert und danach bearbeitet wurde.

Claims

1. A process for shaping penetrating projectiles, in particular for military ammunition, by work-hardening at a temperature between ambient temperature and 500°C of a compressed and sintered blank of an alloy of tungsten comprising additions of metallic elements such as Fe, Ni and Cu, having an axis of revolution, of a density which is at least equal to 17,000 kg/m³, the work-hardening operation being effected in accordance with a variable degree of reduction in section in a direction parallel to the axis of the blank of suitable shape, characterised in that in order simultaneously to produce the projectile in its definitive shape and characteristics which are variable and adapted locally to the stresses involved in use, said blank of suitable shape is subjected to a work-hardening treatment with a degree of reduction in section which can vary from 5% to 60%, with a shaping tool means comprising hammers whose profile is determined by the shape of the finished projectile.
2. A process according to claim 1 characterised in that the travel of the hammers whose profile is determined by the shape of the finished projectile can be regulated with a tolerance of ± 0.05 mm with respect to the diameter of said projectile.
3. A process according to claim 1 or claim 2 characterised in that the blank of suitable shape is a rough-produced blank obtained from a mixture of powders belonging to the group formed by powders of W-Ni-Fe and W-Ni-Cu, which was compressed in a shaping mould and then sintered in hydrogen at between 1400°C and 1600°C.
4. A process according to claim 1 or claim 2 characterised in that the blank of suitable shape is a blank which is obtained from a mixture of powders belonging to the group formed by powders of W-Ni-Fe and W-Ni-Cu which was compressed in a mould in accordance with a simple geometrical shape such as a cylindrical or parallelepipedic shape and then machined.

