

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 722 187 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.11.2006 Patentblatt 2006/46

(51) Int Cl.:
F42B 33/00 ^(2006.01) **F42B 12/06** ^(2006.01)
C21D 9/16 ^(2006.01) **B22F 5/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06008936.4**

(22) Anmeldetag: **28.04.2006**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **12.05.2005 DE 102005021982**

(71) Anmelder: **Rheinmetall Waffe Munition GmbH
40880 Ratingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Taal, Cornelis**
29320 Hermannsburg (DE)
• **Oudelhoven, Rene**
6291 BS Vaals (NL)

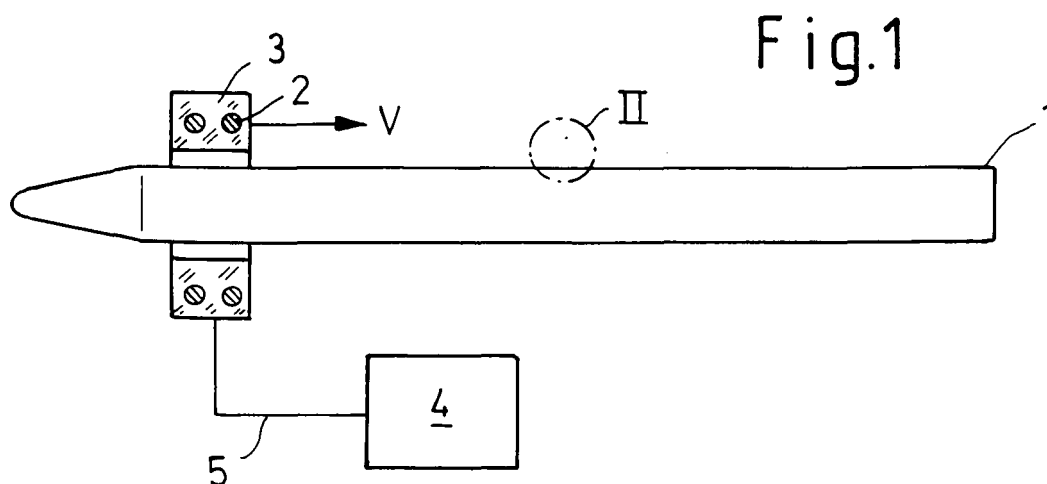
(74) Vertreter: **Dietrich, Barbara**
Thul Patentanwaltsgesellschaft mbH
Rheinmetall Allee 1
40476 Düsseldorf (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung eines Penetrators

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer Wolfram-Schwermetall-Legierung mit hohem Wolframanteil, wobei eine wolframhaltige Pulvermischung gepresst, gesintert und gegebenenfalls einer Wärmebehandlung unterzogen wird und der Penetratorrohling (1) anschließend kalt umgeformt und gegebenenfalls warm ausgelagert wird.

Um zu vermeiden, dass derartige Penetratoren bei

einem Aufprall auf ein geeignetes Ziel zerbrechen, schlägt die Erfindung vor, die oberflächennahe Randschicht (6) des Penetratorrohlings (1) nach der Kaltumformung oder ggf. nach der Warmauslagerung auf eine Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur der Wolframlegierung zu erhitzen, so dass diese Schicht (6) rekristallisiert und sich dadurch eine Erhöhung der Zähigkeit des Penetrators (1) in seinem Randbereich ergibt.



EP 1 722 187 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer Wolfram-Schwermetall-Legierung mit hohem Wolframanteil, wobei eine wolframhaltige Pulvermischung gepresst, gesintert und gegebenenfalls einer Wärmebehandlung unterzogen wird und der Penetratorrohling anschließend kalt umgeformt und gegebenenfalls warm ausgelagert wird.

[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 Penetrators führen können.

[0004] Aus der DE 41 13 177 C2 ist es bekannt, zur Erhöhung der Zähigkeit 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 anwendungs- und umweltunfreundlich sind. Außerdem ist die Herstellung derartiger Penetratoren relativ aufwendig, weil durch den Ätzworgang 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] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber vergleichbaren bekannten Verfahren einfacheres Verfahren zur Herstellung eines Penetrators mit sprödem Penetratorkern und duktilem Mantel anzugeben.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch

die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Ein weiteres, besonders vorteilhaftes Verfahren offenbart der Unteranspruch.

[0009] Der Erfindung liegt im wesentlichen der Gedanke zugrunde, die oberflächennahe Randschicht des Penetratorrohlings nach der Kaltumformung auf eine Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur der Wolframlegierung zu erhitzen, so dass diese Schicht rekristallisiert, zu einer Verfeinerung der Binderkörner führt und sich dadurch eine Erhöhung der Zähigkeit des Penetrators in seinem Randbereich ergibt.

[0010] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein Penetrator mit einem relativ spröden Kern hoher Dichte und einem duktilen und kraftschlüssig mit dem Penetratorkern verbundenen äußeren Mantel (Randbereich) erzeugt, wobei der äußere Mantel ein Brechen bei schrägem Zielaufprall verhindert. In Abhängigkeit der endballistischen Anforderungen sowie der Konstruktionsmerkmale sollte die Tiefe der zähen Randschicht zwischen 10 % und 20 % des Penetratorrohlings betragen. 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.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Rekristallisation der oberflächennahen Randschicht des Penetratorrohlings mittels des Induktionsglühverfahrens.

[0012] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem folgenden anhand von vier Figuren erläuterten Ausführungsbeispiel. Es zeigen:

Fig. 1 die Seitenansicht eines in einer Induktions-Glühanlage befindlichen Penetratorrohlings und

Fig. 2 eine vergrößerte Ansicht des in Fig. 1 mit II bezeichneten Bereiches des Penetratorrohlings im Schnitt nach Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 3 a, b eine Vergrößerung des mit III bezeichneten Bereiches aus Fig. 2.

[0013] In Fig. 1 ist mit 1 ein aus einer Wolfram-Schwermetall (WSM-) Legierung bestehender Penetratorrohling bezeichnet, der einen Wolframanteil von 95 Gew.-% besitzt. Außerdem weist die WSM-Legierung Nickel und Cobalt im Gewichtsverhältnis 9:1 auf. Der Penetratorrohling 1 ist innerhalb einer Spule 2 angeordnet, die in einen hohlzylinderförmigen Stützkörper 3 aus einem elektrisch isolierenden Material eingebettet ist. Die Spule 2 ist mit einem Frequenzgenerator 4 über eine elektrische Leitung 5 verbunden. Die Spule wird z. B. mit 100 Hz und einer elektrischen Leistung von z. B. 10 kW betrieben. Gleichzeitig wird sie mit einer Geschwindigkeit v, z. G. 10 mm/sec, am Penetratorrohling 1 entlang geführt.

[0014] Bei Aktivierung des Frequenzgenerators 4 er-

zeugt die Spule 2 ein starkes elektromagnetisches Wechselfeld, welches in der Randschicht 6 des Penetratorrohrlings 1 (Fig.2) einen elektrischen Strom induziert, so dass sich die Randschicht 6 derart stark erwärmt, dass die Rekristallisationstemperatur, z. B. 800°C, der WSM-Legierung in diesem Bereich erreicht wird.

[0015] Die Fig. 3a, b zeigen das Gefüge des Randbereiches des Penetratorrohrlings vor und nach der Durchführung der induktiven Glühung, d.h., Fig. 3a zeigt das Gefüge der 2-phasigen W-Legierung vor der induktiven Glühung. Neben der reinen W-Phase (10) gibt es eine monokristalline W-Ni-Co-Binderphase (II). Durch die induktive Glühbehandlung rekristallisiert diese monokristalline W-Ni-Co-Binderphase und es entsteht eine Kornverfeinerung (Bild 3b).

[0016] Dieses führt zu einer Zunahme der Zähigkeit der WSM-Legierung in der Randschicht 6, so dass sich ein Penetratorrohrling 1 mit einem unveränderten, relativ spröden Penetratorkern 7 und einer duktilen Randschicht 6 ergibt. Letztere verhindert beim Auftreffen des endbearbeiteten Penetrators auf ein Schräg- und/oder Aktivziel ein Brechen des Penetrators.

[0017] Da mit zunehmender Frequenz die Tiefe 8 der erwärmten Randschicht 6 infolge des Skin-Effektes geringer wird, kann durch Wahl der Frequenz unter Berücksichtigung der Leistung und der Vorschubgeschwindigkeit v der Rekristallisationsbereich sehr genau eingestellt werden.

Bezugszeichenliste

[0018]

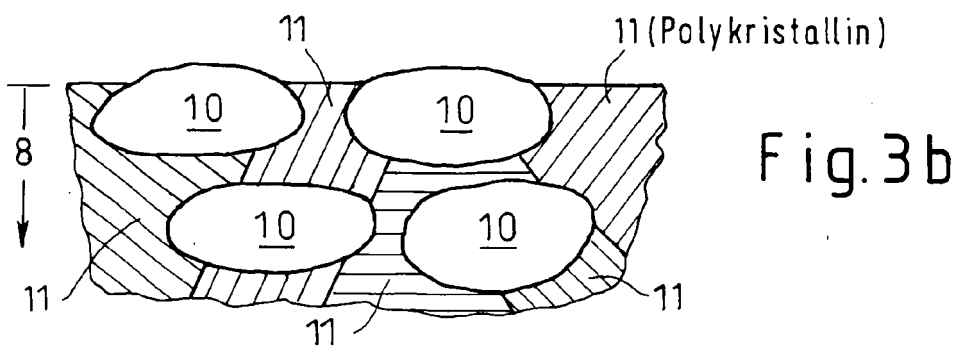
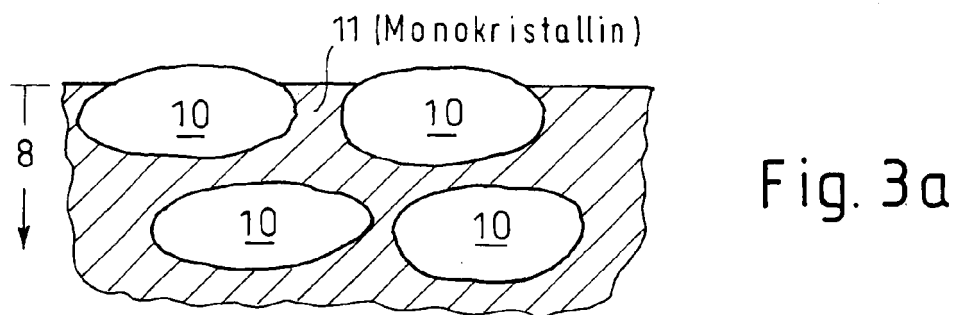
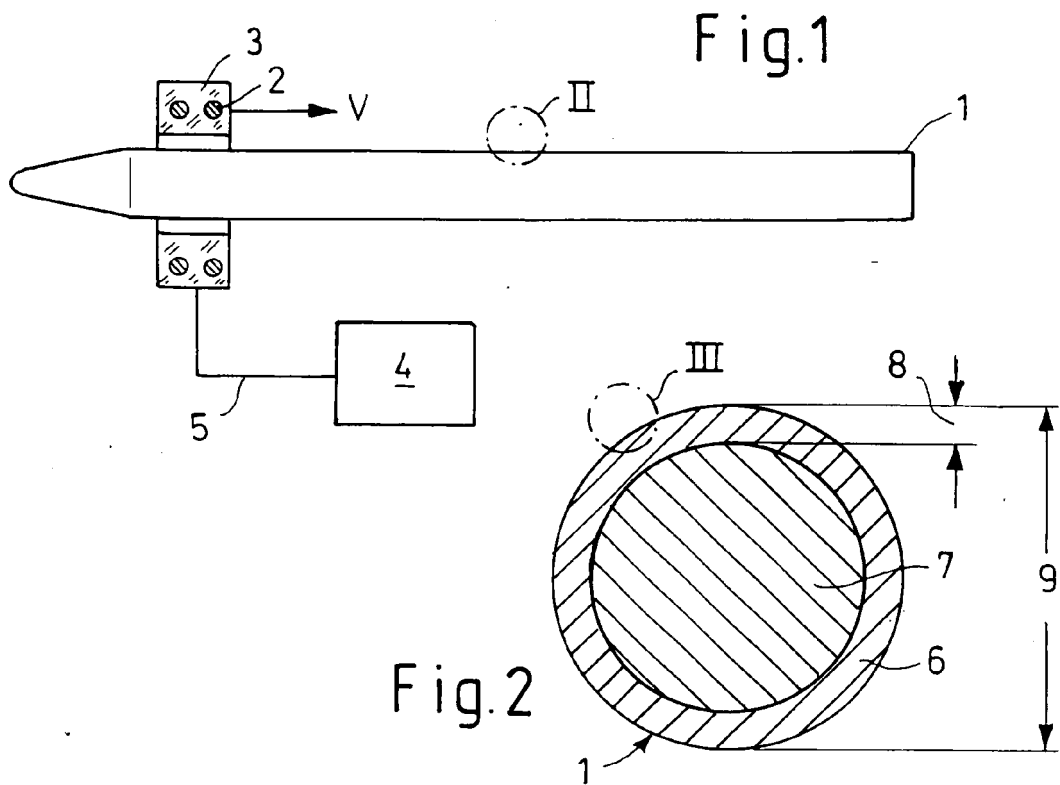
1	Penetratorrohrling	
2	Hochfrequenzspule	35
3	Stützkörper	
4	Hochfrequenzgenerator	
5	elektrische Leitung	
6	Randschicht	
7	Penetratorkern	40
8	Tiefe (Randschicht)	
9	Penetratorrohrling Durchmesser	
10	W-Körner	
11	W-Ni-Co-haltige Binderphase	45

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer Wolfram-Schwermetall-Legierung mit hohem Wolframanteil, wobei eine wolframhaltige Pulvermischung gepresst, gesintert und gegebenenfalls einer Wärmebehandlung unterzogen wird und der Penetratorrohrling (1) anschließend kalt umgeformt und gegebenenfalls warm ausgelagert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oberflächennahe Randschicht (6) des Penetratorrohrlings (1) nach der Kaltumformung auf eine Temperatur oberhalb der Re-

kristallisationstemperatur der Wolframlegierung erhitzt wird, so dass diese Schicht (6) rekristallisiert und sich **dadurch** eine Erhöhung der Zähigkeit des Penetrators (1) in seinem Randbereich ergibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rekristallisation der oberflächennahen Randschicht (6) des Penetratorrohrlings (1) mittels eines Induktionsglühverfahrens erfolgt.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 8936

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2004/158969 A1 (ORTMANN HELMUT ET AL) 19. August 2004 (2004-08-19) * Absatz [0002] - Absatz [0019] *	1	INV. F42B33/00
A	FR 2 821 151 A (MANURHIN DEFENSE) 23. August 2002 (2002-08-23) * das ganze Dokument *	1	ADD. F42B12/06 C21D9/16 B22F5/00
A	US 3 979 234 A (NORTHCUTT, JR. ET AL) 7. September 1976 (1976-09-07) * das ganze Dokument *	1	
A	US 5 069 869 A (NICOLAS ET AL) 3. Dezember 1991 (1991-12-03) * das ganze Dokument *	1	
A	ASM HANDBOOK COMMITTEE: "Metals Handbook, 8th Edition, Heat treating, Cleaning and Finishing" 1964, AMERICAN SOCIETY FOR METALS, METALS PARC, OHIO, XP002384643 * das ganze Dokument *	2	
A	DE 39 32 383 A1 (RHEINMETALL GMBH, 4000 DUESSELDORF, DE; RHEINMETALL GMBH, 40882 RATING) 11. April 1991 (1991-04-11) * das ganze Dokument *	1	F42B C21D B22F
A	DE 28 37 638 A1 (AB BOFORS) 8. März 1979 (1979-03-08) * das ganze Dokument *	1	
A	A. UPADHYAYA: "TUNGSTEN HEAVY ALLOYS FOR ORDNANCE AND THERMAL MANAGEMENT APPLICATIONS" TRANS. INDIAN INST. MET., Bd. 55, Nr. 1-2, 2002, Seiten 51-69, XP009067558 * das ganze Dokument *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Juni 2006	Prüfer Zimmermann, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 00 8936

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-06-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004158969 A1	19-08-2004	DE 10305721 A1 EP 1447642 A1	02-09-2004 18-08-2004
FR 2821151 A	23-08-2002	KEINE	
US 3979234 A	07-09-1976	CA 1065653 A1 DE 2641997 A1 FR 2324748 A1 GB 1529899 A JP 52037503 A	06-11-1979 24-03-1977 15-04-1977 25-10-1978 23-03-1977
US 5069869 A	03-12-1991	AU 615077 B2 AU 3669189 A BR 8903010 A CA 1316017 C DE 68903894 D1 DE 68903894 T2 EG 20301 A EP 0349446 A1 ES 2036365 T3 FR 2633205 A1 GR 3006568 T3 IL 90684 A IN 171550 A1 JP 2049168 C JP 2097652 A JP 7076413 B KR 9409657 B1 SG 12893 G ZA 8904717 A	19-09-1991 04-01-1990 06-02-1990 13-04-1993 28-01-1993 22-04-1993 31-10-1998 03-01-1990 16-05-1993 29-12-1989 30-06-1993 31-01-1993 14-11-1992 25-04-1996 10-04-1990 16-08-1995 15-10-1994 21-05-1993 27-02-1991
DE 3932383 A1	11-04-1991	CH 682750 A5 FR 2652412 A1	15-11-1993 29-03-1991
DE 2837638 A1	08-03-1979	FR 2402003 A1 GB 2013842 A IT 1109363 B NL 7808695 A NO 782955 A SE 407695 B SE 7709768 A	30-03-1979 15-08-1979 16-12-1985 02-03-1979 01-03-1979 09-04-1979 01-03-1979

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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] [0010]