

(19)



(11)

**EP 2 392 891 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.12.2011 Patentblatt 2011/49**

(51) Int Cl.:  
**F42B 12/06<sup>(2006.01)</sup> F42B 12/74<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11004441.9**

(22) Anmeldetag: **31.05.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **Kennametal, Inc.**  
**Latrobe, PA 15650-0231 (US)**

(72) Erfinder: **Richter, Daniel**  
**95326 Kulmbach (DE)**

(30) Priorität: **07.06.2010 DE 102010022888**

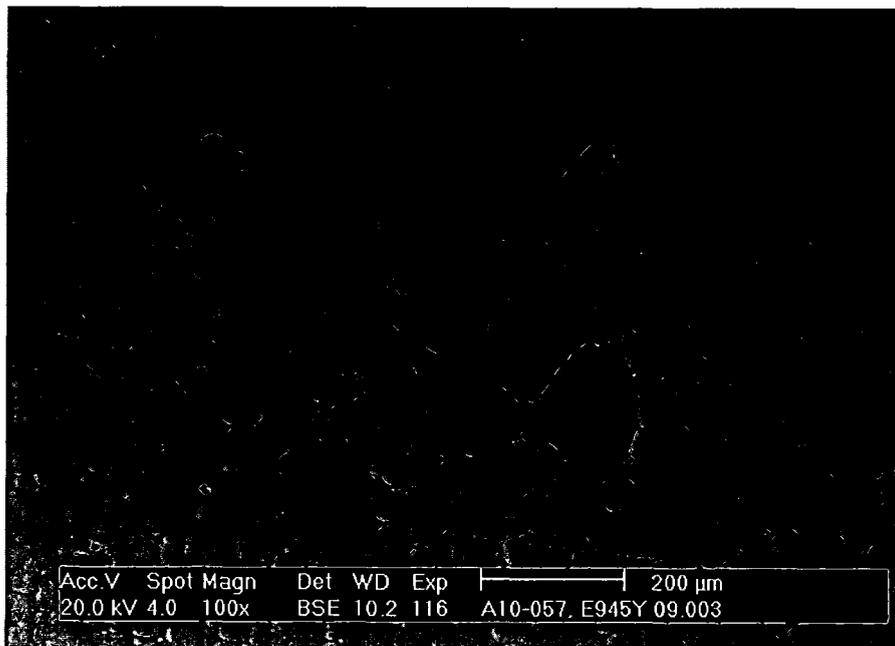
(74) Vertreter: **Prinz & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Rundfunkplatz 2**  
**80335 München (DE)**

(54) **Legierung für einen Penetrator sowie Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer solchen Legierung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Legierung, insbesondere für einen Penetrator, enthaltend 90 Gew.-% bis 99 Gew.-% Wolfram, 0,02 Gew.-% bis 0,2 Gew.-% Yttrium sowie Nickel und Eisen. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer

solchen Legierung, bei dem die Legierungsbestandteile in einem Sinterverfahren miteinander verbunden werden und das vier Schritte enthält, nämlich einen ersten Halteschritt, einen zweiten Halteschritt, eine Flüssigphase und eine Vakuum-Glühphase.

Figur 1



**EP 2 392 891 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Legierung, wie sie insbesondere für einen Penetrator verwendet werden kann. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators.

**[0002]** Es ist bekannt, als Material für einen Penetrator, also ein Wuchtgeschoss, hauptsächlich Wolfram-Legierungen zu verwenden, so dass sich aufgrund des hohen spezifischen Gewichts eine gute Durchschlagskraft ergibt. Ein weiterer wichtiger Bestandteil solcher Schwermetall-Legierungen ist Cobalt, das die mechanischen Eigenschaften verbessert. Allerdings gilt Cobalt evtl. als Krebszerregend.

**[0003]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Legierung vorzuschlagen, die für Penetratoren geeignet ist, jedoch auch ohne den Zusatz von Cobalt gute mechanische Eigenschaften hat, insbesondere hinsichtlich der Verformbarkeit.

**[0004]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß eine Legierung vorgesehen, die 90 Gew.-% bis 99 Gew.-% Wolfram, 0,02 Gew.-% bis 0,2 Gew.-% Yttrium sowie Nickel und Eisen enthält. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass Yttrium als Gettermaterial für mögliche Verunreinigungen wie C, O, S oder P wirkt und zu einer geringeren Kontiguität der Wolframkörner führt, wodurch sich die Verformbarkeit der Legierung erhöht. Somit werden die für eine Verwendung als Penetrator notwendigen Eigenschaften erhalten, ohne dass Cobalt verwendet werden muss.

**[0005]** Vorzugsweise ist vorgesehen, dass Nickel und Eisen im Verhältnis von 6:4 bis 9:1 stehen. Dieser Wert hat sich als besonders vorteilhaft für die mechanischen Eigenschaften herausgestellt.

**[0006]** Vorzugsweise ist weiterhin vorgesehen, dass abgesehen von unvermeidbaren Verunreinigungen keine sonstigen Bestandteile außer Wolfram, Yttrium, Eisen und Nickel vorhanden sind.

**[0007]** Erfindungsgemäß ist auch ein Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus solchen Legierung vorgesehen, bei dem die Legierungsbestandteile in einem Sinterverfahren miteinander verbunden werden, das vier Schritte enthält, nämlich einen ersten Halteschritt, einen zweiten Halteschritt, eine Flüssigphase und eine Vakuum-Glühphase. Dies ermöglicht, die Legierung mittels eines bewährten Verfahrens herzustellen.

**[0008]** Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Legierung nach dem Sintern mechanisch umgeformt wird, wodurch eine Kaltverfestigung hervorgerufen wird. Dies führt zu einer höheren mechanischen Festigkeit.

**[0009]** Weiterhin ist vorgesehen, dass die Legierung nach dem Kaltverfestigen angelassen wird. Dies erhöht die Verformbarkeit des Penetrators.

**[0010]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Yttrium in der Form von Y-Ni-Pulver zugeführt wird.

**[0011]** Vorzugsweise dauert die erste Haltephase bei Temperaturen von 750°C bis 800°C zwischen 30 min.

und 60 min. Diese Haltezeit wird zur Sauerstoffreduktion durch den Wasserstoff benötigt, da die Y-Ni-Legierung ein starkes Eutiktikum zeigt und bei etwa 800°C in die Flüssigphase übergeht.

**[0012]** Für die zweite Haltephase hat sich herausgestellt, dass sie vorzugsweise bei Temperaturen von 1150°C bis 1400°C zwischen 30 min. und 60 min. dauert.

**[0013]** Die Flüssigphase dauert vorzugsweise bei Temperaturen von 1450°C bis 1600°C zwischen 30 min. und 120 min..

**[0014]** Das Vakuum-Glügen dauert vorzugsweise bei Temperaturen von 1100°C bis 1300°C zwischen 120 min. und 240 min.

**[0015]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen zeigen:

- Figur 1 ein erstes Schlibbild einer erfindungsgemäßen Legierung; und
- Figur 2 ein zweites Schlibbild einer erfindungsgemäßen Legierung.

**[0016]** Eine Legierung, die insbesondere zur Herstellung eines Penetrators geeignet ist, enthält als Legierungsbestandteile Wolfram, Yttrium, Nickel und Eisen. Der Anteil des Wolfram beträgt bei einer bevorzugten Ausführungsform 94,9 Gew.-%. Nickel ist mit einem Anteil an 3,5 Gew.-% vorhanden, Eisen mit einem Anteil von 1,5 Gew.-%, und Yttrium mit einem Anteil von 0,1 Gew.-%. Alle Bestandteile liegen in Pulverform vor, wobei Yttrium in Form von Y-Ni-Pulver zugegeben wird. Die Partikelgrößen des Pulvers betragen jeweils rund 4,5 µm. Die verschiedenen Bestandteile werden miteinander gemischt, wobei der Mischvorgang maximal eine Stunde dauert. Da die Partikelgröße etwa der Wolframkorngröße entspricht, ist eine homogene Vermischung der Pulver gewährleistet. Nach dem Mischen wird die Legierung in die Form von Rundkörpern gebracht und anschließend gesintert.

**[0017]** Das Sintern erfolgt in vier Schritten. Der erste Schritt ist eine Haltephase, die bei etwa 800°C rund 30 min dauert.. An die erste Haltephase schließt sich eine zweite Haltephase an, die bei etwa 1350°C rund 30 min dauert. Darauf folgt das Flüssigphasensintern, das bei rund 1530°C etwa 30 min dauert und in einer trockenen Wasserstoffatmosphäre stattfindet. Als letzter Schritt schließt sich ein Vakuum-Glügen an, das bei etwa 1250°C rund 2 h dauert. Die Wirkung des Yttriums besteht darin, dass es beim Sintern den Sauerstoff aus der Legierung zieht, wodurch eine geringere Kontiguität der Wolframkörner erreicht wird, was wiederum eine erhöhte Dehnung der Legierung nach sich zieht.

**[0018]** An das Sintern schließt sich eine mechanische Umformung der Legierung an, die in einem Rundhämern besteht. Dadurch wird eine Kaltverfestigung der Legierung bewirkt. Nach dem Kaltverfestigen wird die Legierung bei Temperaturen von 750°C bis 950°C für eine Dauer von rund 30 min. angelassen.

**[0019]** Die Dichte der auf diese Weise erhaltenen Legierung beträgt  $18,0 \text{ g/cm}^3$ . Bei Raumtemperatur und einer Belastungsgeschwindigkeit von  $5 \text{ mm/min}$  ergab sich eine Zugfestigkeit ( $R_m$ ) der Legierung von mindestens  $1380 \text{ MPa}$  und die Dehngrenze ( $R_{p0,2}$ ) von mindestens  $1320 \text{ MPa}$ . Die Bruchdehnung betrug mindestens  $4 \%$ .

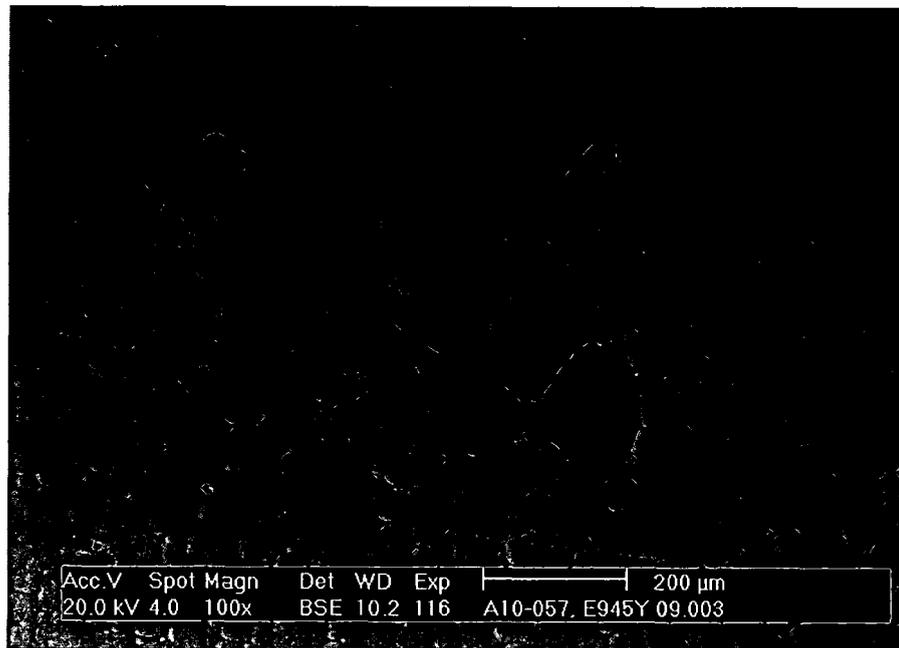
**[0020]** In den beigefügten Schlibbildern sind in weiß die Wolframkörner zu sehen, die in die Legierung aus Nickel, Eisen und Yttrium eingebettet sind. Weiterhin sind ausgeschiedene Verunreinigungen (in dunkler Farbe) zu erkennen. Diese bestehen größtenteils aus Sauerstoff, der unter der Wirkung des Yttriums aus der Legierung gezogen wurde.

**[0021]** Die genannte Zusammensetzung ist ein Beispiel, das sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen hat. Von diesen Werten kann innerhalb der folgenden Grenzen abgewichen werden: Der Anteil des Yttriums sollte nicht unterhalb von  $0,02 \text{ Gew.-%}$  liegen, da ansonsten die Wirksamkeit als Gettermaterial nicht ausreichend gewährleistet ist. Nickel und Eisen sollten in einem Verhältnis zueinander vorhanden sein, das zwischen  $6:4$  und  $9:1$  liegt. Im Hinblick auf ein hohes spezifisches Gewicht sollte der Wolfram-Anteil nicht unter  $90 \text{ Gew.-%}$  liegen.

#### Patentansprüche

1. Legierung, insbesondere für einen Penetrator, enthaltend  $90 \text{ Gew.-%}$  bis  $99 \text{ Gew.-%}$  Wolfram,  $0,02 \text{ Gew.-%}$  bis  $0,2 \text{ Gew.-%}$  Yttrium sowie Nickel und Eisen.
2. Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Nickel und Eisen im Verhältnis von  $6:4$  bis  $9:1$  stehen.
3. Legierung nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** abgesehen von unvermeidbaren Verunreinigungen keine sonstigen Bestandteile vorhanden sind.
4. Penetrator, **dadurch gekennzeichnet, dass** er aus einer Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche besteht.
5. Verfahren zur Herstellung eines Penetrators aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierungsbestandteile in einem Sinterverfahren miteinander verbunden werden, das vier Schritte enthält, nämlich einen ersten Halteschritt, einen zweiten Halteschritt, eine Flüssigphase und eine Vakuum-Glühphase.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung nach dem Sintern mechanisch umgeformt wird, wodurch eine Kaltverfestigung hervorgerufen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung nach dem Kaltverfestigen angelassen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter einer trockenen Wasserstoffatmosphäre gesintert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Haltephase bei Temperaturen von  $750^\circ\text{C}$  bis  $800^\circ\text{C}$  zwischen  $30 \text{ min.}$  und  $60 \text{ min.}$  dauert.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Haltephase bei Temperaturen von  $1150^\circ\text{C}$  bis  $1400^\circ\text{C}$  zwischen  $30 \text{ min.}$  und  $60 \text{ min.}$  dauert.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigphase bei Temperaturen von  $1450^\circ\text{C}$  bis  $1600^\circ\text{C}$  zwischen  $30 \text{ min.}$  und  $120 \text{ min.}$  dauert.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vakuum-Glühlen bei Temperaturen von  $1100^\circ\text{C}$  bis  $1300^\circ\text{C}$  zwischen  $120 \text{ min.}$  und  $240 \text{ min.}$  dauert.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Yttrium in der Form von Y-Ni-Pulver zugeführt wird.

Figur 1



Figur 2

