

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **88118297.6**

51 Int. Cl.4: **F42B 1/02**

22 Anmeldetag: **03.11.88**

30 Priorität: **18.03.88 DE 3809051**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.89 Patentblatt 89/38

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **Rheinmetall GmbH**
Ulmenstrasse 125 Postfach 6609
D-4000 Düsseldorf(DE)

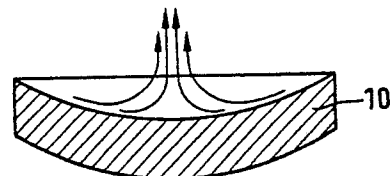
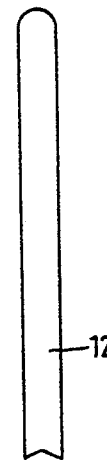
72 Erfinder: **Peters, Jörg, Dr.**
Kartäuser Strasse 11
D-4000 Düsseldorf 30(DE)
Erfinder: **Weisshaupt, Herberg**
Kupferstrasse 12
D-5100 Aachen(DE)

54 **Verfahren zur Herstellung einer Einlage zum Belegen einer Sprengstoffladung.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf einen kohlenstoffarmen Eisenwerkstoff zum Belegen einer Sprengladung.

Das bisher dafür verwendete Armco-Eisen liefert jedoch keine zufriedenstellenden und nicht reproduzierbaren Ergebnisse, da eine gezielte Korneinstellung nicht möglich ist und Anisotropien bei der Umformung durch Gefügetexturen bzw. Grobkörnigkeiten auftreten.

Mit dem erfindungsgemäßen Eisenwerkstoff werden derartige Nachteile beseitigt, d. h. bei z. B. sprenggeformten Projektilen wird eine hohe Reproduzierbarkeit mit einer Abweichung von der Sollvorgabe von kleiner 1 % dadurch erreicht, daß der gelöste Kohlenstoffgehalt des Eisenwerkstoffes kleiner als 0,01 Gewichtsprozent beträgt, der Eisenwerkstoff beruhigt vergossen ist, und das durch Hochtemperatur-Umformung eingestellte homogene Gefüge eine Korngröße von kleiner als 100 µm aufweist.



EP 0 332 745 A1

Verfahren zur Herstellung einer Einlage zum Belegen einer Sprengstoffladung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Einlage aus einem kohlenstoffarmen Eisenwerkstoff zum Belegen einer Sprengstoffladung.

Einlagen zum Belegen von Sprengladungen bestehen im allgemeinen aus Eisen oder Kupfer; Kupfer wird üblicherweise für Einlagen von Spitzkegelhohlchargen benutzt. Der Einlagenwerkstoff soll eine hohe Duktilität aufweisen und einen hohen Reinheitsgrad besitzen, um eine mögliche Verformungsverfestigung zu vermeiden.

Zur Herstellung von Einlagen zum Belegen von Sprengstoffladungen sind bereits zahlreiche verschiedene Materialien verwendet worden.

Aus der DE-A-29 13 103 ist es z. B. bekannt, daß die Einlage einer Flachkegelladung aus einer Legierung besteht, die einen genügend hohen Tantalgehalt aufweist, um eine Dichte zu erreichen, die größer als diejenige des Kupfers ist. Die Legierung kann weitere Metalle wie Wolfram, Molybdän oder Niob enthalten. Hierbei ist jedoch die erforderliche hohe Duktilität nicht mehr gewährleistet.

Aus der DE-A-29 01 500 ist weiterhin ein Einlagenmaterial aus einer superplastischen Legierung bekannt, die eine große Dehnung ohne Einschnürung bis zum Bruch aushält. Die Legierung soll aus Blei und Zinn oder Zink und Aluminium bestehen.

Diese Legierungen besitzen zwar eine hohe Duktilität aber nur eine nicht zufriedenstellende Leistungsumsetzung im Ziel, bzw. eine geringe Eindringtiefe in beispielsweise eine Panzerplatte.

Bei Einlagen aus Eisenwerkstoffen wird üblicherweise ein kohlenstoffarmes Weicheisen von technischer Reinheit mit der Handelsbezeichnung Armco-Eisen (american rolling and mining company) verwendet. Eine typische Analyse von Armco-Eisen zeigen folgende in Gewichtsprozent angegebene Werte: 0,015 % C; 0,02 % Si; 0,002 % Mn; 0,05 % P; 0,022 % S; 0,01 % N; die Gesamtverunreinigung beträgt etwa 0,1 %.

Beim Frischen von Roheisen wird der Schmelze zum Verschlacken der Begleitelemente reiner Sauerstoff zugeführt. Dabei geht auch Sauerstoff als FeO in der Schmelze in Lösung. Hier gilt ein wichtiges Abhängigkeitsverhältnis: $C \times O = \text{konstant}$. Ein Stahl mit geringem C-Gehalt enthält daher nach dem Frischen relativ viel Sauerstoff, so daß er wegen seiner Rotbruch Empfindlichkeit durch Zugabe von Ferromangan desoxidiert werden muß. Da dies bei Armco-Eisen nicht möglich ist, wird die Schmelze einer Vakuumentgasung unterzogen, wodurch der Sauerstoffgehalt vermindert und die Gefügehomoogenität verbessert werden soll.

Dennoch erfüllt Armco-Eisen die Anforderun-

gen, die an ein Einlagenmaterial zur Belegung von Sprengstoffladungen gestellt werden, nicht zufriedenstellend. Aus verschiedenen Chargen von zu verschiedenen Zeiten erschmolzenem Armco-Eisen lassen sich keine Einlagen mit reproduzierbar gleichem Verhalten herstellen, da beim Herunterwalzen des Material Anisotropien, bzw. Grobkörnigkeiten in der Walztextur auftreten, die beispielsweise schon dadurch zum Ausdruck kommen, daß bei der Endformgebung einer flachen Scheibe zu einer Flachkegeleinlage oder einer kugelkalottenförmigen Einlagenschale sich unebene Oberflächenstrukturen (Orangenhaut und Zugrilligkeit) ausbilden. Bei der Sprengumformung zu langgestreckten Projektilen tritt eine extrem hohe Umformgeschwindigkeit auf, bei der sich auch geringste Einschlüsse erheblich mehr auswirken als bei üblicher Prüf-Umformung, so daß Projektile aus Armco-Eisen vielfach ein ungleichmäßiges asymmetrisches Aussehen aufweisen, krumme Geschosse ausbilden, bei der Projekttilbildung zum Abreißen neigen und nicht zufriedenstellende Leistungen im Ziel zur Folge haben.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Einlage aus einem kohlenstoffarmen Eisenwerkstoff zum Belegen einer Sprengstoffladung anzugeben, das es in vorgebar reproduzierbarer Weise ermöglicht, daß die daraus gefertigten Einlagen in wiederholbarer Weise bei der Sprengumformung ein völlig isotropes Verhalten zeigen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Mit der Erfindung kann in reproduzierbarer Weise ein Eisenwerkstoff für Einlagen zum Belegen von Sprengladungen erzeugt werden, bei dem die daraus hergestellten Einlagen ein völlig isotropes Verhalten zeigen.

Untersuchungen hierzu mit der Zielsetzung, die Bildung von sprenggeformten Projektilen zu optimieren, haben zu hervorragenden Ergebnissen geführt.

Dabei wurden stabförmige Geschosse von hohem Schlankheitsgrad mit einer Länge von etwa 1 bezogen auf das Einlagenkaliber sprenggeformt, wobei die Streuung unter 1 % lag. Die Projektile 12 (siehe Zeichnung) wiesen ausnahmslos eine isotrope Verformung ohne Einschnürung auch bei hoher Streckung auf. Die langgestreckten Projektile, die auf weit über 150 m hinaus eine hohe Flugstabilität und Treffgenauigkeit besitzen, konnten völlig reproduzierbar aus den erfindungsgemäßen Einlagen 10 dargestellt werden.

Durch das beruhigte Vergießen des schmelz-

flüssigen, auf unter 0,01 Gew. % Kohlenstoffgehalt gefrischten Eisenwerkstoffes unter dosierter Zugabe von Aluminiumpulver zur Desoxydation der Schmelze ergibt sich ein rein ferritisch erstarrter Eisenwerkstoff ohne jegliche Schlackenbestandteile oder Anteile einer zweiten Phase, jedoch mit mikrofeinverteilten Aluminiumnitriden (AlN). Die stark entkohlte Stahlschmelze kann ggf. auch noch einer Vakuumgasung unterzogen werden.

Üblicherweise wird heutzutage eine Charge von z. B. ca. 60 bis 100 Tonnen Stahlguß im Stranggußverfahren (hier beruhigt) vergossen. Die Stranggußkokille hat eine Querschnittsfläche von etwa 2 m x 0,2 m. Der erstarrte Stahlgußstrang wird auf Längen von etwa 10 m geschnitten und abgekühlt.

Zur Blechherstellung wird das Stranggußteil auf die gewünschte Umformtemperatur aufgeheizt. Der erfindungsgemäße Eisenwerkstoff wird zur Austenitisierung, d. h. zur Auflösung und Feinverteilung der Aluminiumnitride bei ca. 1250 °C, z. B. in einem Stoßofen geglüht, bevor er auf einer Warmbreitband-Walzstraße zur temperatur- und verformungsabhängigen vorgebbaren, insbesondere homogenen Gefügeeinstellung mit einer Korngröße von kleiner als 100 µm warmgewalzt wird. Die Umformtemperatur bei der Warmwalzung muß größer als 880 °C betragen.

Die Umformung soll oberhalb von 900 °C, d. h. dicht oberhalb der A₃-Linie im Zustandsbereich des kubisch flächenzentrierten Gamma-Eisens (KFZ-Gitter; γ -Fe; A₃ für Reinst Eisen = 911 °C) erfolgen, da sonst eine Grobkornbildung durch Rekristallisation auftreten könnte. Eine Warmwalzung ist jedoch auch bei Temperaturen bis zu 1200 °C möglich, da die grobkornbildende Rekristallisation bei dem erfindungsgemäßen Eisenwerkstoff zusätzlich durch die fein dispers verteilten Al-Nitride gehemmt, bzw. verhindert wird. Der Walzvorgang wird mit einem möglichst großen Umformgrad von größer als 0,35, vorzugsweise etwa 0,45, durchgeführt, so daß mit möglichst geringen Stützahlen (Walzgerüstdurchläufen) das Feinkorngefüge mit Korngrößen von 15 bis 80 µm, vorzugsweise zwischen 20 und 30 µm durch ein kontrolliertes Endwalzen eingestellt werden kann. Der erfindungsgemäße Eisenwerkstoff (SSR) zeichnet sich durch ein sehr auffälliges Beieinanderliegen von Streckgrenze mit ca. 290 N/mm² und Zugfestigkeit mit ca. 300 N/mm² aus.

Diese Warmbreitbandwalzung mit den erwähnten Umformparametern ist mit Armco-Eisen nicht durchführbar, da jede Warmverformung wie etwa Walzen, Schmieden, Biegen oder Pressen wegen der bekannten Rotbruchgefahr nicht im Temperaturbereich zwischen 850 ° bis 1050 °C erfolgen darf. Eine Umformung kann daher nur in kubisch raumzentrierten Zustandsbereich des Alpha-Eisens (KRZ-Gitter; α -Fe) erfolgen. Demzufolge ist die

Korngröße hierbei nicht gezielt einstellbar, sondern mehr oder weniger ein Zufallsprodukt. Eine gezielte vorgebbare Reproduzierbarkeit mit homogenem Gefügebautbau und isotropem Umformverhalten ist nicht gegeben. Aufgrund von Texturen und Zeiligkeiten im Gefüge wird bei hohen Umformgeschwindigkeiten vielmehr Anisotropien der Umformigenschaften die Folge.

Im Gegensatz dazu hat der erfindungsgemäße Eisenwerkstoff eine äußerst hohe Tiefziehqualität und zeigt aufgrund seiner Homogenität bei einer Umformung keinerlei Vorzugsorientierungen. Er eignet sich daher vorzüglich für Einlagen aller Art (Hohlspitz-; Fachkegel-; kalottenförmige Einlagen), die projektil- oder strahlbildend sind sowie auch für Schneidladungen.

Insbesondere für sprenggeformte Projektilen, bei denen hiermit eine Projektillänge von größer 1 bezogen auf das Einlagenkaliber problemlos erreichbar ist, ist der erfindungsgemäße Eisenwerkstoff (SSR) aufgrund seiner Reproduzierbarkeit, Homogenität und seinem isotropen Verformungsverhalten mit gleichmäßiger Heckausbildung des stabförmigen Geschosßkörpers ohne Einschnürungen bestens geeignet, da hierbei keine Risse, Faltenbildungen oder Asymmetrien auftreten.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Einlage aus einem kohlenstoffarmen Eisenwerkstoff zum Belegen einer Sprengstoffladung,

gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- der gelöste Kohlenstoffgehalt des Eisenwerkstoffes wird auf kleiner als 0,01 Gew. % Kohlenstoff (C) eingestellt,

- der schmelzflüssige Eisenwerkstoff wird beruhigt vergossen,

- der erstarrte Eisenwerkstoff wird zur temperatur- und verformungsabhängigen, vorgebbaren Gefügeeinstellung bei einer Temperatur oberhalb von 850 °C umgeformt und

- die Korngröße des Eisenwerkstoffes wird dabei reproduzierbar auf kleiner als 100 µm eingestellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Korngröße auf 15 bis 80 µm, vorzugsweise auf 20 bis 30 µm, eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umformung als Warmwalzung mit einem Umformgrad ϕ von größer als 0,35 durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Umformgrad etwa 0,45 beträgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umformtemperatur bei der Warmwalzung zur Gefügeeinstellung größer als 880 °C beträgt.

6. Kohlenstoffarmer Eisenwerkstoff zur Herstellung einer Einlage zum Belegen von Sprengstoffladungen gemäß dem Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eisenwerkstoff

- ein Feinstkorngefüge mit einer Korngröße von kleiner als 100 µm aufweist, 10
- einen gelösten Kohlenstoffgehalt von kleiner als 0,01 Gew. % (C) aufweist und
- die Brucheinschnürung (Z) größer als 80 % beträgt. 15

7. Eisenwerkstoff nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brucheinschnürung (Z) zwischen 85 % und 92 % beträgt.

8. Eisenwerkstoff nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Korngröße kleiner als 50 µm, vorzugsweise etwa 20 bis 30 µm beträgt. 20

9. Eisenwerkstoff nach Anspruch 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Umformgrad des Eisenwerkstoffes bei der Warmwalzung größer als 0,35, vorzugsweise etwa 0,45, beträgt. 25

30

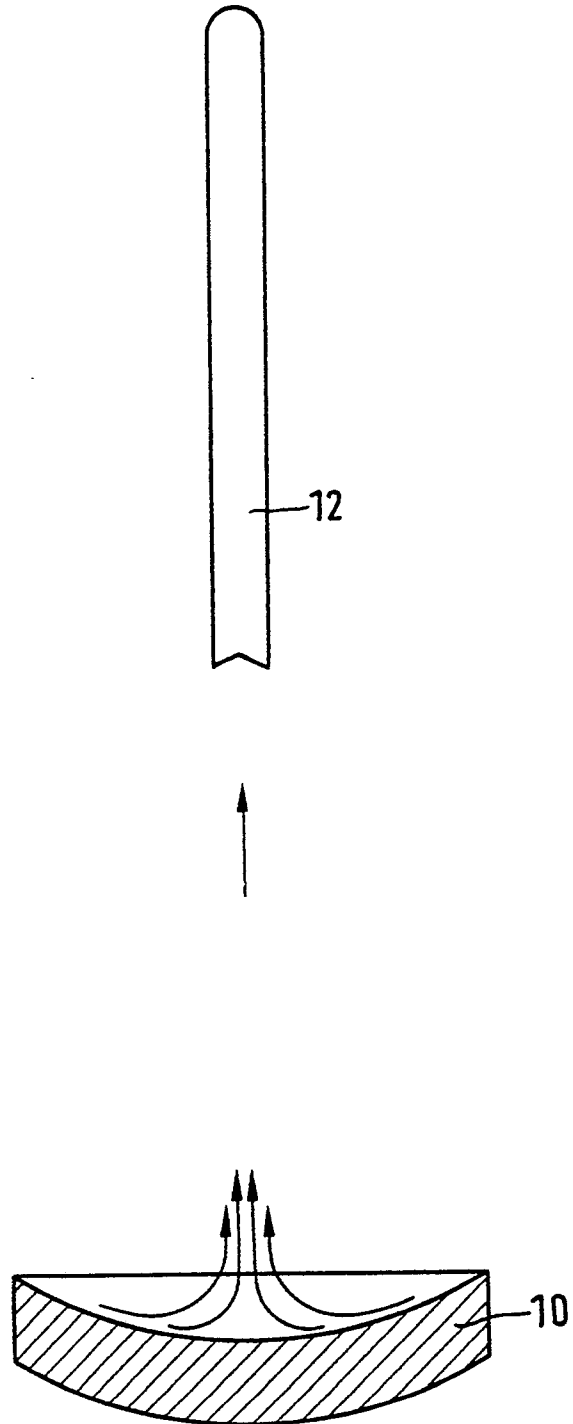
35

40

45

50

55





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	FR-A-1 057 293 (PRECOUL) * Seite 1, linke Spalte, Absätze 5,6; Seite 1, rechte Spalte, Absatz 3; Seite 2, linke Spalte, Absätze 3,4 * ---	1	F 42 B 1/02
A	BE-A- 671 317 (SOC. TECHN. DE RECHERCHES) * Seite 1, letzter Absatz; Seite 2, Absätze 1-4 * -----	1,2,8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			F 42 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	22-06-1989	VAN DER PLAS J.M.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			