(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 027 298 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**30.01.2013 Patentblatt 2013/05**

(21) Anmeldenummer: **07725351.6**

(22) Anmeldetag: **18.05.2007**

(51) Int Cl.:
***C21D 9/12*** *(2006.01)* ***C22C 38/46*** *(2006.01)*
***C22C 38/44*** *(2006.01)* ***F41A 21/20*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
**PCT/EP2007/004443**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
**WO 2007/137714 (06.12.2007 Gazette 2007/49)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON SCHMIEDESTAHL FÜR HOCH BEANSPRUCHTE WAFFEN, ROHR-ROHLINGE SOWIE EINE DAMIT AUSGERÜSTETE WAFFE**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF FORGED STEEL FOR WEAPONS SUBJECT TO HEAVY STRESSES, BARREL BLANKS AND A THUS-EQUIPPED WEAPON

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'ACIER FORGÉ POUR ARMES HAUTEMENT SOLLICITÉES, ÉBAUCHE TUBULAIRE ET ARME ÉQUIPÉE DE CELLE-CI

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **29.05.2006 DE 102006025241**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**25.02.2009 Patentblatt 2009/09**

(73) Patentinhaber: **Rheinmetall Waffe Munition GmbH**
**29345 Unterlüss (DE)**

(72) Erfinder:
- **ARRENBRECHT, Wolfgang**
  **41366 Schwalmtal (DE)**
- **GRIMM, Walter**
  **35606 Solms (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 577 997**
**EP-A- 0 985 898**
**EP-A1- 1 239 257**
**DE-A1- 1 927 822**
**DE-A1- 19 531 260**
**US-B1- 6 564 689**

- **C. WEGST, M. WEGST: "STAHLSCHLÜSSEL" 2004, STAHLSCHLÜSSEL WEGST GMBH , DE , XP002445853 ISBN: 3-922599-20-6 Seiten 502,558; Beispiel 1.6959 Seiten 575-578**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 027 298 B1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Kanonenrohrrohlinge für Maschinenkanonen insbesondere im Kaliberbereich 25-50mm.

**[0002]** Standartwerkstoffe für derartig hoch belastete Maschinenkanonen sind warmfeste CrMoVlegierte Vergütungsstähle, wie der bisher gebräuchliche Stahl 32 CrMoV 12-10, Werkstoff - Nr. 1.7765 nach Stahl-Eisen-Liste (Verlag Stahleisen, Düsseldorf) für 30 mm Maschinenkanonen. Dieser Werkstoff erfüllt die Anforderungsmerkmale von hoher Streckgrenze (min. 950 N/mm$^2$) bei hoher Warmfestigkeit bis 450° (min. 550 N/mm$^2$) zur Erreichung einer ausreichend hohen Lebensdauer der Rohre.

**[0003]** Im Rahmen der Leistungssteigerung, Qualitätsverbesserung und Erhöhung des Sicherheitsstandards werden auch höhere Anforderungen an den Werkstoff als auch die Güte des Schmiederohlings gestellt. Diese resultieren aus den Entwicklungsmerkmalen wie erhöhte Gasdruckbelastung durch neue Munitionskonzepte, Induzierung von Eigenspannungen durch hydraulisches Aufweiten der Rohrinnenwand zur Verbesserung der Ermüdungslebensdauer, größere Anforderungen an die Zielgenauigkeit infolge erhöhter Mündungsgeschwindigkeiten der neuen Munitionen, gute Verchrombarkeit und Haltbarkeit der Chromschicht beim Beschuss und höheres Sicherheitspotential gegen Sprödbruch im Temperaturbereich - 50 bis + 80°C.

**[0004]** Die eingesetzte Stahl - Güte 32 CrMoV 12-10 hat zwar ein ausreichendes Potential zur Erfüllung der Festigkeitsanforderungen beispielsweise an eine neue 30 mm Maschinenkanone, verfehlen aber die Zielvorgaben bezüglich des geforderten Zähigkeitswertes. Weitere Unzulänglichkeiten des herkömmlichen Werkstoffes sind der geringe Reinheitsgrad bei der offenen Verschmelzung und die ausgeprägte Neigung zur Rohrverkrümmung infolge von Richteinspannung beim Beschuss.

**[0005]** Aus der DE 101 11 304 C2 ist ein Verfahren zur Herstellung von Rohren für schwere Geschütze bekannt. Der in unterschiedlichen Zusammensetzungen hergestellte Vergütungsstahl wird gehärtet und angelassen, anschließend gebohrt und dann fertig bearbeitet. Dadurch wird erreicht, dass ein Maximum an Geradheit erreicht wird und die so gefertigten Rohre gegenüber herkömmlich gerichteten Rohren qualitativ überlegen sind. Bekanntlich werden jedoch an Großkaliberrohlinge andere Anforderungen gestellt, als an Mittelkaliberrohlinge. Mittelkaliberwaffen sind einer höheren Kadenz ausgesetzt, als Großkaliberwaffen.

**[0006]** DE /953/260 A1 offensat ein Umschmelztechik für NiCrMoV- Stähle zum Ausgleich der Kristallseigeung

**[0007]** Auf dieses Verfahren aufbauend stellt sich die Erfindung die Aufgabe, ein Verfahren zur Herstellung für Rohre im Mittelkaliberbereich mit höherer Kadenz sowie ein entsprechendes Rohr aufzuzeigen, das auch den neuen Anforderungen gerecht wird.

**[0008]** Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen aufgezeigt.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, ähnlich der Rohre des Großkaliberbereiches, eine Veränderung des Rohrmaterials als auch deren Anteile sowie ein aus dem Großkaliber bereits bekanntes, jedoch speziell angepasstes Herstellungsverfahren für Mittelkaliberrohre vorzusehen. Obwohl zu berücksichtigen ist, dass ein Rohr für das Mittelkaliber in funktionalem Gebrauch einer höheren Dauerbelastung ausgesetzt ist, als das bei Großkalibern bekannt ist, fließt bei den weiteren Überlegungen auch die Anforderung an diese Mittelkaliberwaffen mit ein, dass der so genannte Erstschuss einer Mittelkaliber- bzw. Schnellfeuerwaffe in der Praxis die notwendige Treffergenauigkeit erbringen soll. Daher ist bei der Wahl des Rohrmaterials auch zu berücksichtigen, dass das Waffenrohr für Einzelschuss als auch für Hochkadenz auszulegen ist. Entsprechend wird vorgeschlagen, dass das neue zum Tragen kommende Werkstoffkonzept auf Basis eines elektro- schlacke- umgeschmolzen und hängend- rotierend vergüteten NiCrMoV- Stahles zu entwickeln, welches damit sogar dem Stahl den für großkalibrige Waffen bekannten Stahl 35NiCrMoV 12-5, Werkstoff-Nr. 1.6959 weitestgehend entspricht. Dieser Stahl wurde bisher für hochkadent arbeitende Maschinenkanonen insbesondere wegen der hohen Warmfestigkeits- Anforderungen an das Rohr nicht verwendet.

**[0010]** Die Praxis hat zudem gezeigt, dass dieser Stahl in modifizierter Form in Verbindung mit erhöhter Vergütungsfestigkeit den geforderten Warmfestigkeitswerten entspricht. Gleichzeitig besitzt dieser neue NiCrMoV-Stahl aufgrund seiner martensitischen Gefügestruktur im Gegensatz zum baintischen CrMoV- Stahl ein deutlich erhöhtes Zähigkeitspotential. Aufgrund der hohen Zähigkeit können die geforderten Sicherheitsanforderungen bis -50°C erfüllt werden.

**[0011]** Das mit dem neuen Verfahren hergestellte Rohr zeichnet sich dadurch aus, dass eine höhere Streckgrenze erreicht wird (ca. 1050 N/mm$^2$). Des Weiteren weist das Rohr eine ausreichend hohe Kerbschlag- und Bruchzähigkeit bis - 50° C auf und besitzt eine ausreichend hohe Warmfestigkeit bis +50° C. Der hohe Reinheitsgrad ($K_o$ -Wert max. ca. 12) ist ein weiterer Vorteil. Die Herstellung des Kanonenrohr-Rohlings erfolgt ohne Richteigenspannungen, d.h., das Vergüten erfolgt ohne nachfolgende Richtoperation.

**[0012]** Ein Verfahren zur Herstellung von Kanonenrohr-Rohlingen für Maschinenkanonen im bevorzugten Kaliberbereich zwischen 25 - 50 mm zeichnet sich durch nachfolgende Zusammensetzung aus:

0,25 -0,50,% Kohlenstoff
max. 0,60 % Silizium
mac.1,00 % Mangan
max. 0,010 % Phosphor
max. 0,010 % Schwefel
1,00- 1,40 % Chrom

2,00 -4,00 % Nickel
0,30 - 0,70 % Molybdän
0,10 - 0,30 Vanadium
max. 0,05 % Aluminium

und Rest aus Eisen und üblichen (unvermeidbaren) Verunreinigungen,
wobei die Rohlinge aus Umschmelzstahl oder aus offen erschmolzenem Stahl mit hohem Reinheitsgrad hergestellt werden.

**[0013]** Als bevorzugt hat sich folgende Zusammensetzung des Vergütungsstahls erwiesen:

0,30 -0,35,% Kohlenstoff
max. 0,40 % Silizium
0,4 - 0,70 % Mangan
max. 0,005 % Phosphor
max. 0,005 % Schwefel
1,00- 1,40 % Chrom
2,50 - 3,3 % Nickel
0,50 -0,60 % Molybdän
0,10 - 0,20 Vanadium
max. 0,03 % Aluminium

und Rest aus Eisen und üblichen Verunreinigungen.

**[0014]** Zur Sicherstellung der hohen Anforderungen an den Reinheitsgrad wird der Stahl bevorzugt im Gusszustand nach dem ESU- Verfahren (Elektro -Schlacke -Umschmelzverfahren) umgeschmolzen. Die damit verbundene hohe Gefüge-Homogenität (durch bessere Seigerung) ist die Basis für das verzugsarme Vergüten, welches mittels Öl- oder Wasserabkühlung in vertikaler Tauchrichtung durchgeführt wird. Die als Stab geschmiedeten Rohlinge werden dabei durch die vertikale Flüssigkeitsvergütung auf Streckgrenzen > 1000 N/mm$^2$ angelassen. Während der Vergütungsbehandlung rotieren die Stäbe permanent um ihre Achse oder werden mechanisch permanent um ihre Achse gedreht. Die mechanische Bearbeitung erfolgt ohne vorherige Richtoperation.

**[0015]** Mit dem neuen Stahl für ein Mittelkaliberrohr ist zudem eine bessere Autofrettage möglich (das Rohr wird warmfester - bis 500°C). Dadurch kann das Rohr selbst besser Eigenspannungen aufnehmen, wodurch das Druckaufnahmevermögen des Rohres erhöht wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Kanononrohr-Rohlingen, bestehend aus NICrMoV - Stahl, für Maschlnenkanonen im Kaliberbereich zwischen 25-50 mm mit nachfolgender Zusammensetzung

   - 0,25 -0,50,% Kohlenstoff
   - max. 0,60 % Sillzlum
   - mac.1,00 % Mangan
   - max. 0,010 % Phosphor
   - max. 0,010 % Schwefel
   - 1,00- 1,40 % Chrom
   - 2,00 - 4,00 % Nickel
   - 0,30 - 0,70 % Molybdän
   - 0,10 - 0,30 Vanadium
   - max. 0,05 % Aluminium
   - und Rest aus Elsen und Üblichen Verunreinigungen, wobei der Stahl bevorzugt im Gusazustand vor dem Schmleden im Elektro- Schlacke-Umschmelzv erfahren umgeschmolzen wird, sodass die Rohlinge aus Umschmelzstahl oder aus offen erschmolzenem Stahl mit hohem Reinheitsgrad hergestellt werden und die damit verbundene hohe Gefügehomogenität die Basis für das verzugsarme Vergüten ist,

   ein verzugsarmes Vergüten, welches mittek Öl- oder Wasserabkühlung in vertikalar Tauchrichtung durchgeführt wird, und
   die Stäbe während der Vergütungsbehandlung permanent um ihre Achse rotieren oder mechanisch gedreht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die bevorzugte Zusammensetzung des stahls aus

   - 0,30 -0,35,% Kohlenstoff
   - max. 0,40 % Sllizium
   - 0,4 - 0,70 % Mangan
   - max. 0.005 % Phosphor
   - max. 0,005 % Schwefel
   - 1,00- 1,40 % Chrom
   - 2,50 - 3,3 % Nickel
   - 0,50 -0,60 % Molybdän
   - 0,10 - 0,20 Vanadium
   - max. 0,03 % Aluminium
   - und Rest aus Eisen und üblichen Verunreinigungen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die als Stab geschmiedeten Rohlinge durch die vertikale Flüssigkeitsbehandlung auf eine Streckgrenze 1000N/mm$^2$ angelassen werden.

4. Rohling für den Lauf der Maschinenkanone Im Kaliberbereich zwischen 25-50 mm, **gekennzeichnet durch** ein Vergütungsstahl hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 3.

5. Rohr aus einem Rohling nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** ein hohes Zahigkeitspotential bedingt **durch** eine martensltische Gefügetruktur des NiCrMoV- Stahls.

6. Rohr nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** eine höhere Streckgrenze - ca. 1050 N/mm$^2$.

**7.** Rohr nach Anspruch 5 oder 6. **gekennzeichnet, durch** eine ausreichend hohe Kerbschlag- und Bruchzählgkeit bis -50°C.

**8.** Rohr nach einem der Ansprüche 5 bis 7 **gekennzeichnet durch** eine ausreichend hohe Warmfeatigkait bis +50°C.

**9.** Rohr nach einem der Ansprüche 5 bis 8, herge stellt durch eine Autofrattage.

**10.** Rohr nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **gekennzeichnet durch** eine Warmfestigkeit bis 500°C.

**Claims**

**1.** Process for the production of gun barrel blanks, consisting of NiCrMoV steel, for machine guns in the caliber range between 25-50 mm having the following composition

- 0.25-0.50% carbon
- max. 0.60% silicon
- max. 1.00% manganese
- max. 0.010% phosphorus
- max. 0.010% sulfur
- 1.00-1.40% chromium
- 2.00-4.00% nickel
- 0.30-0.70% molybdenum
- 0.10-0.30% vanadium
- max. 0.05% aluminum and
- remainder iron and conventional impurities, wherein

the steel is preferably remelted in the cast state using the electroslag remelting process prior to forging, such that the blanks are produced from remelted steel or from steel which is melted in the open and has a high degree of purity, and the high homogeneity of the microstructure which is associated therewith is the basis for the low-distortion heat treatment, a low-distortion heat treatment, which is carried out in the vertical dipping direction by means of oil or water cooling, and,
during the heat treatment, the bars permanently rotate about their axis or are turned mechanically.

**2.** Process according to Claim 1, **characterized by** the preferred composition of the steel from

- 0.30-0.35% carbon
- max. 0.40% silicon
- 0.4-0.70% manganese
- max. 0.005% phosphorus
- max. 0.005% sulfur
- 1.00-1.40% chromium
- 2.50-3.3% nickel
- 0.50-0.60% molybdenum
- 0.10-0.20% vanadium
- max. 0.03% aluminum and
- remainder iron and conventional impurities.

**3.** Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the blanks which are forged as a bar are tempered by means of the vertical liquid treatment process to a yield strength of > 1000 N/mm$^2$.

**4.** Blank for the barrel of the machine gun in the caliber range between 25-50 mm, **characterized by** a heat-treated steel produced according to one of Claims 1 to 3.

**5.** Barrel made from a blank according to Claim 4, **characterized by** a high toughness potential caused by a martensitic microstructure of the NiCrMoV steel.

**6.** Barrel according to Claim 5, **characterized by** a relatively high yield strength of approximately 1050 N/mm$^2$.

**7.** Barrel according to Claim 5 or 6, **characterized by** a sufficiently high notched impact strength and fracture toughness down to -50°C.

**8.** Barrel according to one of Claims 5 to 7, **characterized by** a sufficiently high heat resistance up to +50°C.

**9.** Barrel according to one of Claims 5 to 8, produced by autofrettage.

**10.** Barrel according to one of Claims 5 to 9, **characterized by** a heat resistance up to 500°C.

**Revendications**

**1.** Procédé de fabrication d'ébauches tubulaires de canons, constituées d'acier NiCrMoV, pour canons automatiques dans la plage de calibre comprise entre 25 et 50 mm, ayant la composition suivante :

- 0,25 à 0,50 % de carbone,
- au plus 0,60 % de silicium,
- au plus 1,00 % de manganèse,
- au plus 0,010 % de phosphore,
- au plus 0,010 % de soufre,
- 1,00 à 1,40 % de chrome,
- 2,00 à 4,00 % de nickel,
- 0,30 à 0,70 % de molybdène,
- 0,10 à 0,30 % de vanadium,
- au plus 0,05 % d'aluminium,
- le reste étant du fer et des impuretés usuelles,

l'acier étant de préférence refondu à l'état brut de coulée avant le forgeage par le procédé de

refusion sous laitier électroconducteur, de manière à ce que les ébauches soient fabriquées à partir d'acier refondu ou à partir d'acier fondu librement d'un degré de pureté élevé, et que l'homogénéité de structure élevée associée constitue la base du traitement thermique avec peu de déformation,

un traitement thermique avec peu de déformation étant réalisé au moyen d'un refroidissement à l'huile ou à l'eau dans une direction d'immersion verticale, et
les bâtons tournant autour de leur axe ou étant mis en rotation mécaniquement en permanence pendant le traitement thermique.

**2.** Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** la composition préférée de l'acier :

- 0,30 à 0,35 % de carbone,
- au plus 0,40 % de silicium,
- 0,4 à 0,70 % de manganèse,
- au plus 0,005 % de phosphore,
- au plus 0,005 % de soufre,
- 1,00 à 1,40 % de chrome,
- 2,50 à 3,3 % de nickel,
- 0,50 à 0,60 % de molybdène,
- 0,10 à 0,20 % de vanadium,
- au plus 0,03 % d'aluminium,
- le reste étant du fer et des impuretés usuelles.

**3.** Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les ébauches forgées sous la forme d'un bâton sont recuites par le traitement liquide vertical à une limite d'élasticité > 1 000 N/mm$^2$.

**4.** Ébauche pour le canon d'un canon automatique dans la plage de calibre comprise entre 25 et 50 mm, **caractérisée par** un acier traité thermiquement fabriqué selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

**5.** Tube d'une ébauche selon la revendication 4, **caractérisé par** un potentiel de ténacité élevé dû à une structure martensitique de l'acier NiCrMoV.

**6.** Tube selon la revendication 5, **caractérisé par** une limite d'élasticité élevée d'environ 1 050 N/mm$^2$.

**7.** Tube selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé par** une résilience et une ténacité à la rupture suffisamment élevées jusqu'à -50°C.

**8.** Tube selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé par** une résistance à la chaleur suffisamment élevée jusqu'à +50 °C.

**9.** Tube selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, fabriqué par autofrettage.

**10.** Tube selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, **caractérisé par** une résistance à la chaleur jusqu'à 500 °C.

## 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 10111304 C2 **[0005]**
- DE 953260 A1 **[0006]**