



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 239 257 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.09.2002 Patentblatt 2002/37

(51) Int Cl.7: **F41A 21/20**, B21C 37/15,
C21D 9/12, C22C 38/44,
C22C 38/46

(21) Anmeldenummer: **02002665.4**

(22) Anmeldetag: **06.02.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Grimm, Walter**
35606 Solms (DE)
• **Arrenbrecht, Wolfgang**
41366 Schwalmtal (DE)

(30) Priorität: **09.03.2001 DE 10111304**

(74) Vertreter: **Jochem, Bernd , Dipl.-Wirtsch.-Ing et al**
Patentanwälte Beyer & Jochem,
Klettenbergstrasse 13
60322 Frankfurt/Main (DE)

(71) Anmelder:
• **EDELSTAHLWERKE BUDERUS AG**
D-35576 Wetzlar (DE)
• **Rheinmetall W & M GmbH**
29345 Unterlüss (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung von Rohren für schwere Geschütze**

(57) Der Verfahren zur Herstellung von Rohren für schwere Geschütze benutzt einen Vergütungsstahl, bestehend aus 0,20 - 0,50 Gew.% Kohlenstoff, max. 1,0 Gew.% Silizium, max. 1,0 Gew.% Mangan, max. 0,03 % Phosphor, max. 0,03 % Schwefel, max. 0,1 % Aluminium, max. 2 % Chrom, max. 4 % Nickel, max. 1 % Molybdän, max. 0,5 % Vanadin und zum Rest aus Eisen

und üblichen Verunreinigungen. Es werden Schmiedestücke aus offen erschmolzenem Blockguss außen vorgedreht. Die dadurch erhaltenen Rohlinge werden zunächst gehärtet und angelassen, anschließend gebohrt und dann fertig bearbeitet.

EP 1 239 257 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Kanonen- und Geschützrohren der Kaliber 105 - 120 mm.

Standardwerkstoff für diese Produkte ist der Stahl 35NiCrMoV 12-5, Werkstoff-Nr. 1.6959, beschrieben in der Stahl-Eisen-Liste des Verlags Stahleisen, Düsseldorf und in dem Werkstoff-Leistungsblatt "Rohr Stahl für schwere Geschütze" des BWB.

Der Herstellprozess für Kanonenrohr-Rohlinge umfasst dabei die Arbeitsschritte offene Erschmelzung, Abgießen von Rohblöcken in geeigneten Kokillenformaten, Schmieden der Kanonenrohr-Rohlinge auf äußere Grobkontur, Glühen der Schmiedestücke, Vordrehen und Vorbohren der Teile, Hohlvergüten (Härten und Anlassen auf Bestellfestigkeit), Messen des Härteverzugs bzw. Schlags (maximale Geradheitsabweichung von der Längsachse bezogen auf die Lagerstellen an den Rohrenden), mechanisches Richten auf Schlagfreiheit und anschließendes Entspannen ca. 30 °C unterhalb der Anlasstemperatur, Durchführung von Qualitätsprüfungen und Fertigbearbeitung auf Liefermaß der Kanonenrohr-Rohlinge.

[0002] Als qualitatives Problem stellt sich beim herkömmlichen Fertigungsverfahren der Arbeitsschritt Richten auf Schlagfreiheit im Anschluss an die Vergütungsbehandlung dar, weil durch das Richten die Geradheit der Bohrung nicht erreicht wird und plastische Eigenspannungen induziert werden. Zum Einen gelingt es technisch nicht mehr, eine nach dem Richten verkrümmte Bohrung beim nachfolgenden Aufbohren auf Bestellmaß wieder zu begradigen und zum Anderen verbleiben trotz Entspannungsglühung nach dem Richten noch Resteigenspannungen im Material. In der Praxis hat sich gezeigt, dass a) ungerade Bohrungen und Eigenspannungen zum Verzug bei der Fertigbearbeitung der Rohre führen, der nur durch weitere Richtoperationen ausgeglichen werden kann, b) durch Maßfehler infolge des Verzugs während der Bearbeitung Ausschuss entstehen kann und c) die Schussgenauigkeit (Systemfehler) wegen Geradheitsabweichungen in der Bohrung und freiwerdender Eigenspannungen beim Beschuss verschlechtert werden kann.

[0003] Als Ursache für den Härteverzug sind, wie die Untersuchungen im Rahmen der Erfindungstätigkeit gezeigt haben, drei Hauptmechanismen verantwortlich:

1. Asymmetrische Temperaturverteilungen im Rohrrohling können entstehen durch ungleichmäßige Erwärmung, ungleichmäßige Ofentemperaturen oder ungleichmäßige Durchwärmung. Sie können beseitigt werden durch homogene Erwärmung und präzise Temperaturverteilung im Ofenraum - eine Kontrolle kann durch Thermoelemente am Stück erfolgen. Hierzu trägt ggf. auch das Drehen des Rohres während der gesamten Wärmebehandlung bei.

2. Mechanisches Verziehen während der Erwärmung und Austenitisierung auf Härtetemperatur entsteht beim Durchbiegen im Fall horizontaler Erwärmung und bei starrer Aufhängung bei vertikaler Härtung infolge Biegemomentbildung durch Eigengewicht oder Horizontalbewegung beim Härten. Dieser Verzug kann vermieden werden durch hängendes (vertikales) Vergüten der Rohre mit kardanischer Aufhängung, so dass kein Biegemoment in den Rohren am Aufhängende im Fall von horizontaler Bewegung entstehen kann.

3. Asymmetrische Umwandlungsspannungen

Beim Härten der vorgebohrten Rohrrohlinge wird durch Wasser-Beaufschlagung sowohl die äußere Oberfläche wie auch die Bohrung möglichst gleichmäßig abgekühlt. Bei Erreichen der Martensit-Start-Temperatur von ca. 350 °C im Werkstoff beginnt das austenitische Gefüge sich in das martensitische Härtingsgefüge umzuwandeln. Bei verzugsarmer Härtung erfolgt die Umwandlung über den gesamten Umfang gleichmäßig von außen (Oberfläche) nach innen und von innen (Bohrung) nach außen bis sich die Umwandlungsfronten treffen und der gesamte Rohrquerschnitt gehärtet ist. Liegen im Bauteil herstellungsbedingt die Kernseigerungen asymmetrisch vor, so beginnen die von der Bohrung ausgehenden Umwandlungsvorgänge entsprechend den unterschiedlichen lokalen Analysenlagen zwangsläufig zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dies führt zu einer asymmetrischen Verteilung der Umwandlungsspannungen über den Rohrquerschnitt und damit zum Härteverzug.

[0004] In der Praxis der Herstellung von Kanonenrohren hat sich gezeigt, dass zwar der Umwandlungsbeginn an der äußeren Oberfläche in Umfangsrichtung symmetrisch erfolgt, nicht aber im Bereich der Bohrung. Die Ursache dafür liegt primär in der Asymmetrie der Bohrung bezogen auf die Achse des Rohblockes, bzw. bezogen auf die Erstarrungssymmetrie des Blockes (Bild 1).

Durch nicht vollständig zu vermeidenden ungleichmäßigen Materialfluss sowie Abmessungstoleranzen (Versatz) beim Schmieden ist eine Exzentrizität der Bohrung, bezogen auf die ehemalige Blockachse, nicht immer zu vermeiden. Damit entstehen auch seigerungsbedingt asymmetrische Analysenkonzentrationen an der Bohrungsoberfläche als Ursache für ungleichmäßige Umwandlungsspannungen im RohrInnenen und damit Verzug.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die genannten Ungenauigkeiten und damit verbundenen Fertigungsschwierigkeiten zu vermeiden, und zur Lösung dieser Aufgabe wird das im Patentanspruch angegebene Verfahren vorgeschlagen. Die Besonderheit ist dabei das Vergüten der Rohr-Rohlinge ohne Bohrung (Vergütetes Vollrohr). Der maximale Verzug der außen vorge-

drehten Rohlinge blieb bei diesem Verfahren konstant unter 10 mm. Das vorhandene Aufmaß der vergüteten Rohlinge erlaubt es, anschließend die Bohrung so einzubringen, dass am Ende eine exakte Zentrität mit Bezug auf die Lagerstellen erreicht wird. Das Einbringen der Bohrung erfolgt auf modernen Tieflochbohrmaschinen und erfordert bei üblichen Festigkeiten von < 1300 N/mm² keinen wesentlich höheren Aufwand gegenüber den herkömmlichen Arbeitsschritten Vorbohren in geglühtem Zustand (Festigkeit < 1000 N/mm²) und Fertigbohren nach dem Vergüten. Das bisher nach dem Vergüten notwendige mechanische Richten entfällt.

Zur Sicherstellung einer einwandfreien Durchvergütung und ausreichender mechanischer Gütewerte sollte eine sogenannte "fette" Analysenlage entsprechend dem jeweiligen Vergütungsquerschnitt eingestellt werden und durch temperatur- und verformungskontrolliertes Schmieden ein feinkörniges, gleichmäßiges Gefüge eingestellt werden. Die dabei zu erzielenden mechanischen Gütewerte sind gleichwertig zu den Werten einer Hohlvergütung.

[0005] Die Herstellung von Panzerkanonen aus vollvergüteten, ungerichteten Rohren hat gezeigt, dass bei der weiteren Verwendung ein Maximum an Geradheit erreicht wird und die so gefertigten Rohre herkömmlich gerichteten Teilen qualitativ überlegen sind.

[0006] Dies ist in Bild 2 veranschaulicht, wo der Mittelwert des Schlags, d.h. der Abweichung von einer geraden Linie, der im erfindungsgemäßen Verfahren vorge drehten und vorgebohrten Rohlinge neben den Mittelwerten von nach zwei herkömmlichen Verfahren hergestellten Rohlingen gezeigt ist.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von Rohren für schwere Geschütze im Kaliberbereich 105 mm und größer aus Vergütungsstahl, bestehend aus 0,20 - 0,50 Gew.% Kohlenstoff, max. 1,0 Gew.% Silizium, max. 1,0 Gew.% Mangan, max. 0,03 % Phosphor max. 0,03 % Schwefel max. 0,1 % Aluminium max. 2 % Chrom max. 4 % Nickel max. 1 % Molybdän, max. 0,5 % Vanadin, und Rest aus Eisen und üblichen Verunreinigungen, wobei Schmiedestücke aus offen erschmolzenem Blockguss außen vorge dreht werden und die dadurch erhaltenen Rohlinge zunächst gehärtet und angelassen und anschließend gebohrt und dann fertig bearbeitet werden.

- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vergütungsstahl der Zusam-

mensetzung:

0,30 - 0,40 % Kohlenstoff,
0,15 - 0,35 % Silizium,
0,40 - 0,70 % Mangan,
max. 0,015 % Phosphor,
max. 0,010 % Schwefel,
max. 0,015 % Aluminium,
1,0 - 1,40 % Chrom,
0,35 - 0,60 % Molybdän,
2,50 - 3,50 % Nickel,
0,08 - 0,20 % Vanadin,

und Rest aus Eisen und üblichen Verunreinigungen verwendet wird.

- Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vergütungsstahl der Zusammensetzung:

0,30 - 0,35 % Kohlenstoff,
0,15 - 0,20 % Silizium,
0,60 - 0,70 % Mangan,
max. 0,010 % Phosphor,
max. 0,005 % Schwefel
max. 0,015 % Aluminium
1,20 - 1,35 % Chrom,
3,30 - 3,50 % Nickel,
0,45 - 0,55 % Molybdän,
0,15 - 0,20 % Vanadin,
max. 0,12 % Kupfer,
max. 0,015 % Zinn,

und Rest aus Eisen und üblichen Verunreinigungen verwendet wird.

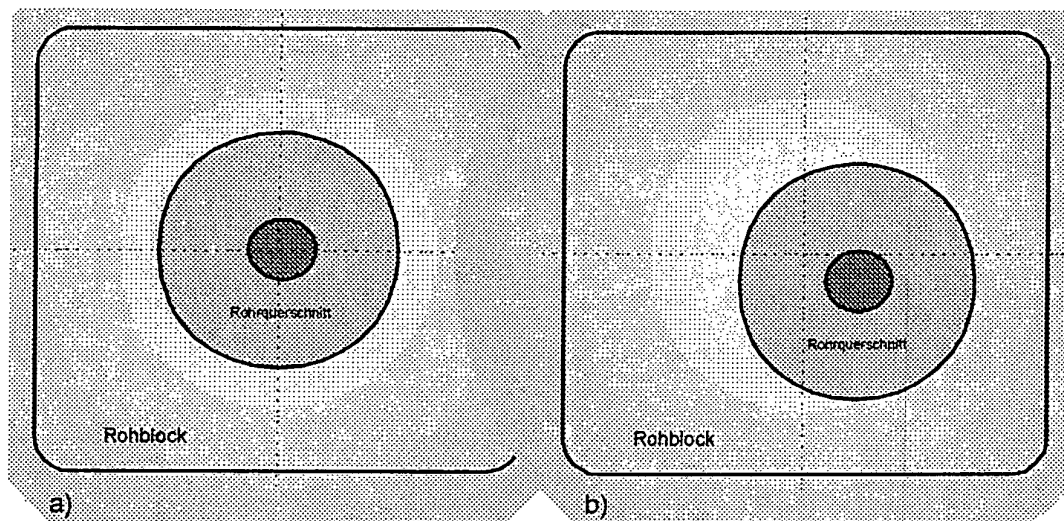


Bild 1: Lage des Rohres in Bezug auf den Rohblockquerschnitt und dessen Seigungssymmetrie

- a) zentrische Lage mit geringem Verzug beim Hohlvergüten
- b) exzentrische Lage mit größerem Verzug beim Hohlvergüten

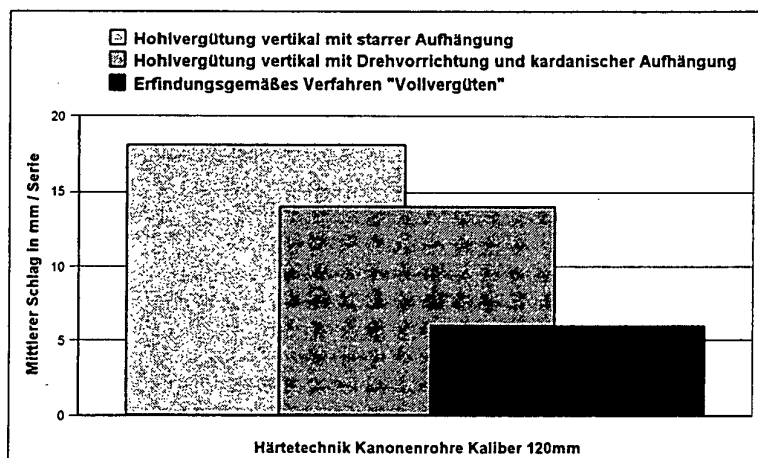


Bild 2: Härteverzug beim hängenden Vergüten von Panzer-Kanonenrohren



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 02 00 2665

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	WO 00 58043 A (BILLGREN PER ; DAMASTEEL AKTIEBOLAG (SE)) 5. Oktober 2000 (2000-10-05) * Ansprüche 1-10 * * Seite 2, Zeile 15 - Seite 7, Zeile 5 *	1-3	F41A21/20 B21C37/15 C21D9/12 C22C38/44 C22C38/46
A	DE 19 27 822 A (HECKLER & KOCH GMBH) 2. März 1972 (1972-03-02) * Ansprüche 1-5 * * Seite 2, Absatz 1 - Seite 6, Absatz 1 *	1-4	
A	US 3 780 465 A (POLCHA R) 25. Dezember 1973 (1973-12-25) * Ansprüche 1-8 * * Spalte 2, Zeile 20 - Spalte 3, Zeile 33 *	1-4	
A	US 4 622 080 A (WEGWERTH WOLFGANG) 11. November 1986 (1986-11-11) * Ansprüche 1-24 * * Beispiele 1-6 *	1-4	
A	US 4 756 677 A (GSTETTNER MANFRED ET AL) 12. Juli 1988 (1988-07-12) * Ansprüche 1-22 * * Beispiele 1-4 *	1-4	F41A B21C C21D C22C
A	DE 195 31 260 A (BUDERUS EDELSTAHLWERKE AG) 27. Februar 1997 (1997-02-27) * Ansprüche 1-8 * * Tabellen 1,2 *	1-4	
A	US 5 458 704 A (BOBBERT JOCHEN ET AL) 17. Oktober 1995 (1995-10-17) * Ansprüche 1-13 *	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG		12. April 2002	Vlassi, E
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			

EPO FORM 1503 03/82 (P04003)

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

EP 02 00 2665

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

12-04-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0058043 A	05-10-2000	SE 516130 C2	19-11-2001
		AU 2838500 A	16-10-2000
		CN 1343151 T	03-04-2002
		EP 1183121 A1	06-03-2002
		WO 0058043 A1	05-10-2000
		SE 9900905 A	16-09-2000
DE 1927822 A	02-03-1972	DE 1927822 A1	02-03-1972
US 3780465 A	25-12-1973	KEINE	
US 4622080 A	11-11-1986	DE 3300175 A1	05-07-1984
US 4756677 A	12-07-1988	AT 33218 T	15-04-1988
		AT 33219 T	15-04-1988
		DE 3376100 D1	05-05-1988
		DE 3376101 D1	05-05-1988
		EP 0114591 A1	01-08-1984
		EP 0114592 A1	01-08-1984
		EP 0114593 A1	01-08-1984
		ES 528315 D0	01-12-1984
		ES 8501657 A1	01-03-1985
		ES 528317 D0	01-12-1984
		ES 8501658 A1	01-03-1985
		GR 79748 A1	31-10-1984
		GR 81355 A1	11-12-1984
		US 4747225 A	31-05-1988
DE 19531260 A	27-02-1997	DE 19531260 A1	27-02-1997
US 5458704 A	17-10-1995	DE 4223895 C1	17-03-1994
		EP 0580062 A1	26-01-1994
		DE 59307913 D1	12-02-1998

EPO FORM P0461

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