



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 186 847 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2002 Patentblatt 2002/11

(51) Int Cl.7: **F41A 21/22**

(21) Anmeldenummer: **01116287.2**

(22) Anmeldetag: **05.07.2001**

(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

(71) Anmelder: **Rheinmetall W & M GmbH**
29345 Unterlüss (DE)

(72) Erfinder:
• **Warnecke, Christian**
29225 Celle (DE)
• **Baumann, Berthold**
29348 Eschede (DE)

(30) Priorität: **22.08.2000 DE 10041114**

(54) Verfahren zur Beseitigung von Beschichtungs- und/oder Erosionsschäden

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beseitigung von an der inneren Oberfläche eines Waffenrohres (1) befindlichen Beschichtungs- und/oder Erosionsschäden.

Um zu erreichen, daß derartige Schäden auf einfache und kostengünstige Weise repariert werden können, ohne daß dabei eine nennenswerte Reduzierung des tragenden Rohrquerschnittes des jeweiligen Waffenrohres (1) eintritt, schlägt die Erfindung vor, die schadhaften Rohrbereiche (3) durch einen entspre-

chenden Beschichtungswerkstoff (11) auszufüllen, so daß eine geschlossene Rohroberfläche entsteht. Das Beschichtungsverfahren und der Beschichtungswerkstoff sind dabei derart aufeinander abgestimmt, daß die Rohinnenoberfläche lokal repariert wird, ohne daß sich die mechanischen, metallographischen und metallurgischen Werkstoffeigenschaften des Werkstoffes des Waffenrohres (1) verändern. Nach Durchführung der Beschichtung wird dann die innere Oberfläche des Waffenrohres (1) mittels Drehen, Schleifen oder Honen mechanisch nachbearbeitet.

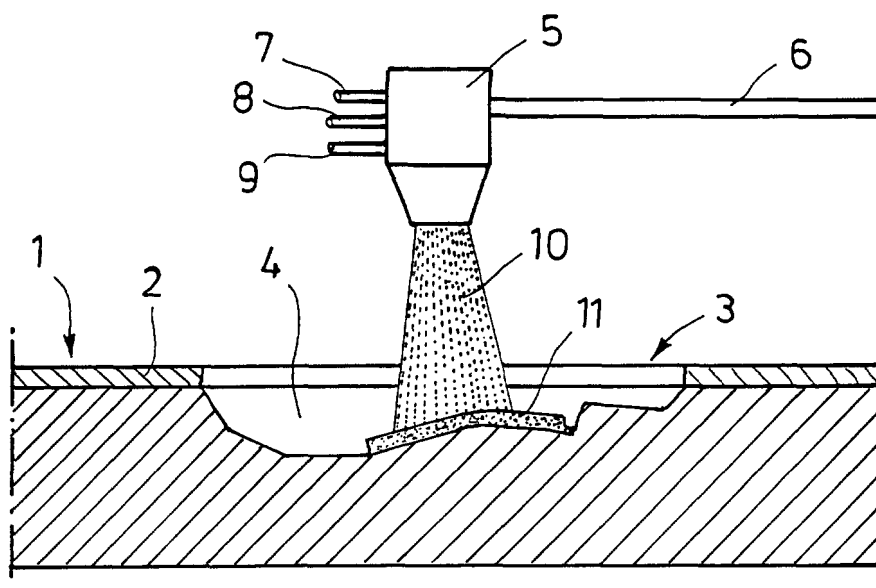


FIG.1

EP 1 186 847 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beseitigung von an der inneren Oberfläche eines Waffenrohres befindlichen Beschichtungs- und/oder Erosionsschäden.

[0002] Insbesondere aus Stahl bestehende Waffenrohre großkalibriger Rohrmaschinen zeigen beim Verschleiß leistungsgesteigerter Munitionsarten aufgrund ihrer beim Abschluß entstehenden hohen Gastemperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten starke Erosionen, die das jeweilige Waffenrohr bereits vor Erreichen seiner Ermüdungslebensdauer verschleifen.

[0003] Es ist bereits bekannt, die innere Oberfläche von Waffenrohren zwecks Vermeidung von Erosionen mit einer Hartchromschicht zu versehen. Allerdings kommt es bei derartigen verchromten Waffenrohren immer wieder zu einer partiellen Ablösung der Chromschicht. An diesen Chromausbrüchen entstehen dann nach und nach starke Erosionsschäden, so daß auch diese Rohre bereits vor Erreichen ihrer Ermüdungslebensdauer ausgetauscht werden müssen.

[0004] Es ist bereits vorgeschlagen worden, das jeweilige Waffenrohr bis in den Bereich, in dem die Chrom- und Erosionsschäden auftreten, aufzubohren und anschließend eine Buchse in den aufgetriebenen Bereich zu montieren. Nachteilig bei einem derartigen Verfahren ist allerdings, daß es einerseits zeit- und kostenintensiv ist und daß andererseits hierdurch der tragende Rohrquerschnitt des Waffenrohres verkleinert wird, was zu einer Reduzierung des zulässigen Maximalgasdruckes bzw. der Ermüdungslebensdauer führt. Außerdem wird das Schwingungsverhalten des jeweiligen Waffenrohres beeinflusst, was sich negativ auf das Treffverhalten der entsprechenden Waffe auswirken kann.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem Beschichtungs- und Erosionsschäden aufweisende Waffenrohre auf einfache und kostengünstige Weise repariert werden können, ohne daß damit eine nennenswerte Reduzierung des tragenden Rohrquerschnittes verbunden ist.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

[0007] Die Erfindung beruht im wesentlichen auf dem Gedanken, daß die schadhaften Rohrbereiche durch ein entsprechendes Beschichtungsmaterial ausgefüllt werden, so daß eine geschlossene Rohroberfläche entsteht. Das Beschichtungsverfahren und der Beschichtungswerkstoff sind dabei derart aufeinander abgestimmt, daß die Rohrinnenoberfläche lokal repariert werden kann, ohne daß sich die mechanischen, metallographischen und metallurgischen Werkstoffeigenschaften (Autofrettagenspannungen, Werkstoffzusammensetzung, Gefüge) des Werkstoffes des Waffenrohres verändern. Nach dem Aufbringen des Beschich-

tungsmaterials kann die innere Oberfläche des Waffenrohres dann mittels Drehen, Schleifen oder Honen mechanisch nachbearbeitet werden, um die Oberfläche der reparierten Bereiche zu glätten.

[0008] Der Beschichtungswerkstoff kann als Pulver, Band oder Draht zugeführt und mittels Flamme, Detonation, Lichtbogen oder Plasmaentladung aufgeschmolzen und auf die zu beschichtende Rohroberfläche beschleunigt werden, wo er zu einer festen Schicht erstarrt. Im Gegensatz zur früheren Druckschrift DE 199 19 687.7 wird die zu beschichtende / zu reparierende Oberfläche des Waffenrohres nicht aufgeschmolzen. Die Plasmaentladung bzw. der Lichtbogen wird nicht auf das Bauteil übertragen. Er dient nur dazu, den Zusatzwerkstoff aufzuschmelzen. Es findet keine Legierungsbildung statt. Sie soll sogar vermieden werden. Der Beschichtungswerkstoff ist dabei derart zu wählen, daß er eine hohe Haftfestigkeit auf dem Rohrwerkstoff besitzt, nicht durch die Treibladungsgase abgetragen wird und aufgrund der Rohrdehnung und der abrasiven Belastung durch das Geschloß nicht mechanisch zerstört wird.

[0009] Als Beschichtungswerkstoffe haben sich insbesondere Werkstoffe wie SiO_2 oder ZrSiO_4 , Mg_2SiO_4 oder SiO_2 50 / ZrSiO_4 40 / Al_2O_3 10 bewährt. Derartige Werkstoffe zeichnen sich durch sehr hohe Thermoschockbeständigkeit und eine geringe Wärmeausdehnung aus. Außerdem werden Risse, die in der Reparaturstelle entstehen, durch kurzzeitiges Anschmelzen der oberflächennahen Bereiche während des Schusses ausgeheilt. Es können aber auch andere keramische oder metallische Beschichtungswerkstoffe wie Fe 64 / Ni 36 und deren Gemenge wie WC 90 / Co 10 verwendet werden.

[0010] Zur Verbesserung der Haftung des Beschichtungswerkstoffes an dem Waffenrohr kann zusätzlich ein Haftvermittler bei der Aufbringung des Beschichtungswerkstoffes mit auf die zu beschichtende Werkstückoberfläche aufgebracht werden. Als derartige Haftvermittler kommen unter anderem Molybdän- oder Nickel-Legierungen in Betracht.

[0011] Als vorteilhaft hat es sich ferner erwiesen, wenn das Waffenrohr insgesamt oder in den zu beschichtenden Bereichen auf 200 bis 300°C vorgewärmt wird, da dann bei der Erstarrung und anschließenden Abkühlung Druckeigenspannungen in der jeweiligen Reparaturstelle entstehen. Diese sind auf die geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten der keramischen Schichtwerkstoffe zurückzuführen (z. B. SiO_2 0,54 x 10⁻⁶ K⁻¹). Das vorgewärmte Rohr dehnt sich stärker als der Schichtwerkstoff. D. h. daß er sich beim Erkalten stärker zusammenzieht, schrumpft und so Druckeigenspannungen im Schichtwerkstoff erzeugt.

[0012] Zweckmäßig kann es sein, mehrere Schichten gleicher oder unterschiedlicher Schichtwerkstoffe nacheinander auf die schadhaften Rohrbereiche aufzutragen.

[0013] Sofern erforderlich, können die Reparaturar-

beiten an dem gleichen Waffenrohr mehrmals wiederholt werden.

[0014] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den folgenden anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig.1 den Querschnitt eines zu beschichtenden Waffenrohrabschnittes während der Durchführung der Beschichtung;

Fig.2 den in Fig.1 dargestellten Waffenrohrabschnitt nach Durchführung der Beschichtung und

Fig.3 den in Fig.2 dargestellten Rohrabschnitt nach einer mechanischen Nachbearbeitung.

[0015] In Fig.1 ist mit 1 ein Abschnitt eines Waffenrohres bezeichnet, dessen innere Oberfläche mit einer Hartchromschicht 2 beschichtet ist. In dem mit 3 bezeichneten Bereich ist die Chromschicht 2 abgeplatzt und das Waffenrohr 1 durch Erosion beschädigt, so daß eine Vertiefung 4 entstanden ist.

[0016] Zur Beseitigung der Vertiefung 4 wird das Waffenrohr 1 zunächst, z.B. mittels Sandstrahlen, in dem zu reparierenden Bereich 3 gereinigt. Anschließend wird ein Beschichtungskopf 5 in das Innere des Waffenrohres 1 eingeführt. Der Beschichtungskopf 5 ist hierzu über eine Vorrichtung 6 mit einer aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellten Manipulatoreinrichtung zur translatorischen und rotatorischen Bewegung verbunden.

[0017] Bei dem Beschichtungskopf 5 kann es sich beispielsweise um einen Gas-, Plasma- oder Schweißbrenner, aber auch um eine Detonationskanone handeln. Mit dem Beschichtungskopf 5 sind sowohl eine Leitung 7 zur Energiezufuhr als auch eine Rohrleitung 8 zur Zufuhr eines Schutzgases verbunden. Außerdem wird der pulver-, draht- oder bandförmige Beschichtungswerkstoff über eine entsprechende Zuführeinrichtung 9 dem Beschichtungskopf 5 zugeführt.

[0018] Zur Reparatur des Waffenrohres 1 wird der Beschichtungskopf 5 über der Vertiefung 4 positioniert und der z.B. aus einem Werkstoff aus SiO_2 oder ZrSiO_4 , Mg_2SiO_4 oder SiO_2 50 / ZrSiO_4 40 / Al_2O_3 10 bestehende Beschichtungswerkstoff wird aufgeschmolzen und auf die zu beschichtende Rohroberfläche beschleunigt. Der schmelzflüssige Beschichtungswerkstoff 10 trifft auf die zu reparierende Werkstückoberfläche und bildet dort eine erstarrte geschlossene Schicht 11. Hierbei findet kein Aufschmelzen des Rohrwerkstoffes statt, so daß sich keine Gefügeumwandlungszone im Rohrwerkstoff ausbildet und die mechanischen, metallurgischen und metallographischen Eigenschaften des Waffenrohres 1 nicht beeinflußt werden.

[0019] Das Verfahren wird unter Schutzgasatmosphäre oder auch im Vakuum durchgeführt, um eine Reaktion des schmelzflüssigen Beschichtungswerkstoffes 10 mit der Umgebungsatmosphäre zu verhindern.

[0020] Nach dem Auffüllen der Vertiefung 4 (Fig.2) fährt der Beschichtungskopf 5 mit Hilfe der nicht dargestellten Manipulatoreinrichtung den nächsten schadhaften Rohrbereich an und füllt die entsprechende Vertiefung ebenfalls mit dem Beschichtungswerkstoff auf.

[0021] Nach Abschluß der Beschichtung aller schadhaften Rohrbereiche wird der Beschichtungskopf 5 aus dem Waffenrohr 1 entfernt und die mit Beschichtungswerkstoff 11 aufgefüllten Bereiche werden mittels eines spanabhebenden Verfahrens (z.B. Drehen) nachbearbeitet.

[0022] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann die Beschleunigung der Partikel des Beschichtungswerkstoffes durch die Zufuhr von Gas unterstützt werden. In diesem Fall weist der Beschichtungskopf noch einen Anschluß für eine entsprechende Gasleitung auf. Ferner kann dem Beschichtungskopf auch ein Haftvermittler zusätzlich zugeführt werden, der dann geschmolzen und zusammen mit dem Beschichtungswerkstoff auf die zu beschichtende Oberfläche des Waffenrohres auftrifft.

Bezugszeichenliste

[0023]

- | | |
|----|---------------------------------|
| 1 | Waffenrohr, Abschnitt |
| 2 | Hartchromschicht, Chromschicht |
| 3 | Bereich, Rohrbereich |
| 4 | Vertiefung |
| 5 | Beschichtungskopf, Vorrichtung |
| 6 | Vorrichtung |
| 7 | Leitung |
| 8 | Rohrleitung |
| 9 | Zuführeinrichtung |
| 10 | Beschichtungswerkstoff |
| 11 | Beschichtungswerkstoff, Schicht |

Patentansprüche

- Verfahren zur Beseitigung von an der inneren Oberfläche eines Waffenrohres (1) befindlichen Beschichtungs- und/oder Erosionsschäden, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach der Reinigung der inneren Oberfläche des Waffenrohres (1) die schadhaften Rohrbereiche (3) durch einen geeigneten Beschichtungswerkstoff (11) ausgefüllt werden und daß anschließend die innere Oberfläche des Waffenrohres (1) mittels Drehen, Schleifen oder Honen mechanisch nachbearbeitet wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Beschichtungswerkstoff in einer entsprechenden Vorrichtung (5) durch eine Flamme, eine Detonation, einen Lichtbogen oder eine Plasmaentladung aufgeschmolzen und auf die zu

beschichtende Werkstückoberfläche beschleunigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Beschichtungsmaterial der Vorrichtung in pulver-, band- oder drahtförmiger Form zugeführt wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Beschichtungswerkstoff ein Werkstoff wie SiO_2 oder ZrSiO_4 , Mg_2SiO_4 oder SiO_2 50 / Zr Si O_4 40 / Al_2O_3 10 verwendet wird. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Schichten gleicher oder unterschiedlicher Schichtwerkstoffe nacheinander auf die schadhaften Rohrbereiche (3) aufgebracht werden. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

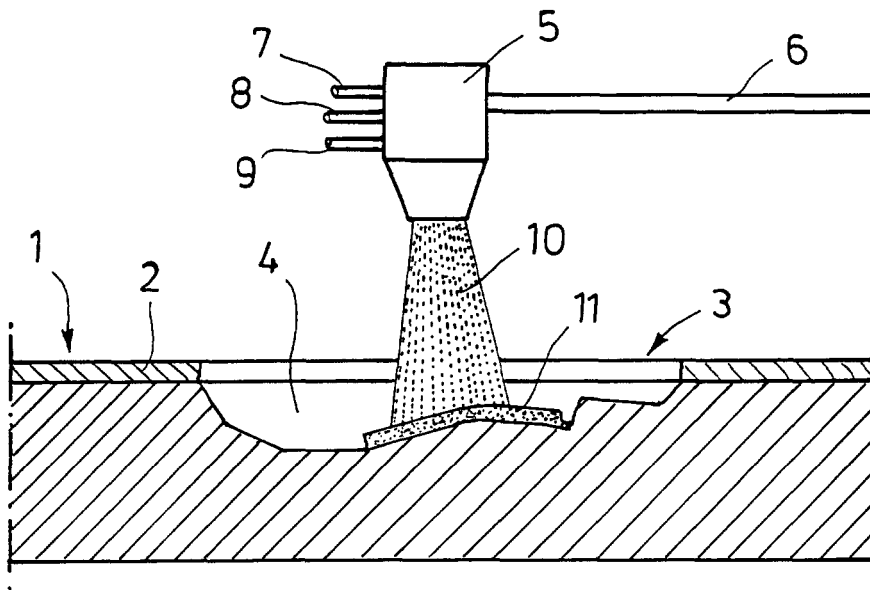


FIG.1

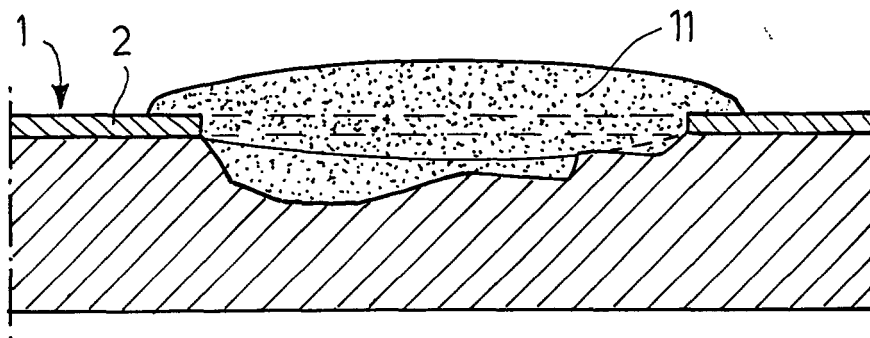


FIG.2

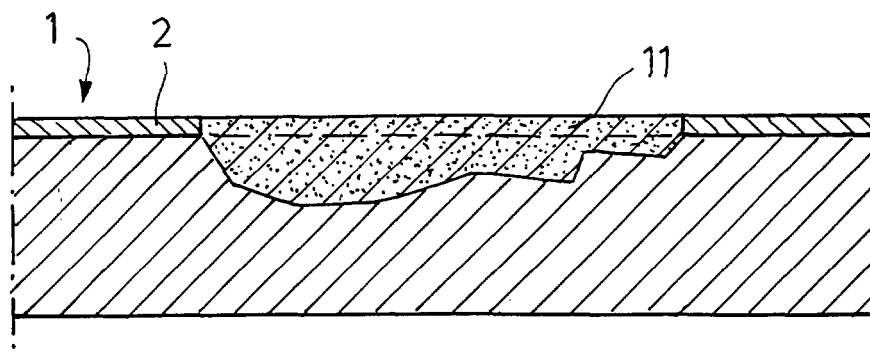


FIG.3