

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 908 264 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.11.2001 Patentblatt 2001/47

(51) Int Cl.7: **B23K 26/10, F41A 21/22**

(21) Anmeldenummer: **98116447.8**

(22) Anmeldetag: **31.08.1998**

(54) **Vorrichtung zum Härten der Innenkontur eines Waffenrohres mit Laserstrahlung**

Apparatus for hardening the internal contour of a gun barrel with laser beam

Appareil de recuit du contour interne d'un tube de canon pour arme avec un faisceau laser

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI SE

(30) Priorität: **18.09.1997 DE 19741028**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.04.1999 Patentblatt 1999/15

(73) Patentinhaber: **Rheinmetall W & M GmbH**
29345 Unterlüss (DE)

(72) Erfinder:
• **Manz, Herbert**
51381 Leverkusen (DE)

- **Tuncer, Haluk**
40470 Düsseldorf (DE)
- **Zaeper, Manfred**
29345 Unterlüss (DE)
- **Weismüller, Harald**
29320 Hermannsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 364 366 EP-A- 0 406 043
EP-A- 0 408 405 DE-A- 19 544 824
DE-C- 4 241 592

EP 0 908 264 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Härten der Innenkontur eines Waffenrohres mit Laserstrahlung.

[0002] Um die durch die heißen Treibladungsgase verursachte Erosion des jeweiligen Waffenrohres bzw. den durch die Reibung zwischen der Geschosse und dem Waffenrohr verursachten abrasiven Verschleiß gering zu halten und damit deren Lebensdauer zu erhöhen, ist es bekannt, die innere Oberfläche des in der Regel aus Stahl bestehenden Waffenrohres mit einer Hartmetallschicht, z.B. einer Chromschicht oder einer Chrom enthaltenden Legierungsschicht (z.B. einer Kobalt-Chrom-Wolfram-Legierung), zu versehen.

[0003] Nachteilig ist bei derartigen Waffenrohren, daß die Aufbringung der Auftragsschicht prozeßtechnisch relativ aufwendig ist und häufig Abplatzungen und Auswaschungen dieser Schicht auftreten, welche die Lebensdauer der Waffenrohre vermindern.

[0004] Aus der DE 195 44 824 A1 ist es ferner bekannt, die innere Oberfläche des jeweiligen Waffenrohres durch eine thermische Oberflächenbehandlung mittels Laserstrahlen zu härten (Umwandlungshärten). Dabei wird die Laserstrahlung eines CO₂-Lasers mündungsseitig axial in das Waffenrohr eingekoppelt und mit Hilfe eines in dem Waffenrohr verschiebbar angeordneten, eine Strahlenumlenkoptik enthaltenden Laserkopfes senkrecht auf die zu härtende Innenfläche des Waffenrohres geleitet.

[0005] Nachteilig ist bei dieser bekannten Laseranordnung, daß die Verwendung des CO₂-Lasers ein relativ starres Strahlführungssystem erforderlich macht, so daß der Bearbeitungsraum eingegrenzt ist. Außerdem läßt sich dieser Schrift nicht entnehmen, auf welche Weise die zwischen Waffenrohr und Laserkopf erforderliche Relativbewegung realisiert werden könnte.

[0006] Aus der EP 0 406 043 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, mit Hilfe derer defekte Rohre eines Druckwasser-Reaktors repariert werden können. Hierzu wird in den defekten Rohrbereich des jeweiligen Rohres eine Hülse eingebracht und mit der Innenwand mittels Laserlichtes verschweißt. Die bekannte Vorrichtung umfaßt einen Nd:YAG-Laser und einen entlang der Rohrachse verschiebbar anordbaren und eine Strahlumlenkoptik enthaltenden Laserkopf, welcher mit dem Laser über eine Lichtleitfaser verbunden ist. Der Laserkopf ist an einer im Rohr zentrierbaren und in Richtung der Rohrachse verschiebbaren Ziehstange befestigt.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Umwandlungshärten der Innenkontur eines Waffenrohres anzugeben, mit der das Waffenrohr sehr genau und homogen gehärtet werden kann und mit deren bestimmungsgemäßen Verwendung eine Vergrößerung des Bearbeitungsraumes verbunden ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen

gen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

[0009] Im wesentlichen liegt der Erfindung der Gedanke zugrunde, einerseits als Laser einen ND:YAG-Laser zu verwenden, da durch die gegenüber CO₂-Lasern geringere Wellenlänge von 1,06 µm Glasfasern für die Übertragung des Laserstrahles eingesetzt werden können. Andererseits wird durch die Befestigung des Laserkopfes an einer in dem Waffenrohr zentrierbaren (und damit an den Rohrwänden abstützbaren) und in Richtung der Seelenachse des Waffenrohres verschiebbaren Ziehstange einer programmgesteuerten Nutzenziehmaschine die Fokusslage des Laserstrahles bei dem Härtungsvorgang sehr genau eingehalten. Mit Hilfe der programmgesteuerten Nutzenziehmaschine kann die Ziehstange sehr genau auf einer definierten Bahn über einen Maschinenschlitten programmgesteuert durch das Waffenrohr gezogen werden. Die relative Fokusslage des Laserstrahles bleibt durch die mitgeführten Buchsen im Rohr immer konstant.

[0010] Da der Absorptionsgrad der Laserstrahlen eines ND:YAG-Laser etwa 30 - 35% höher ist als derjenige eines CO₂-Lasers, sind bei Verwendung eines ND:YAG-Lasers keine absorptionserhöhenden Coatingmittel erforderlich, so daß sich gegenüber einem CO₂-Laser homogenere Härteschichten ergeben.

[0011] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem folgenden anhand einer Figur erläuterten Ausführungsbeispiel. Dabei zeigt die Figur die Seitenansicht eines zu härtenden Waffenrohres in Verbindung mit einer Laseranlage und einer programmgesteuerten Nutzenziehmaschine.

[0012] In der Fig. ist mit 1 das Waffenrohr bezeichnet, welches auf der Nutzenziehmaschine 2 ausgerichtet und fixiert ist. Die Ziehstange 3 der Nutzenziehmaschine erstreckt sich innerhalb des Waffenrohres 1 entlang deren Seelenachse 4 und stützt sich an der inneren Oberfläche 5 des Waffenrohres 1 über zwei Führungsbuchsen 6 und 7 ab.

[0013] An dem dem mündungsseitigen Ende 8 des Waffenrohres 1 zugewandten Ende 9 der Ziehstange 3 ist ein Laserkopf 10 angeordnet, welcher über eine Lichtleitfaser 11 mit einem Nd:YAG-Laser 12 (z.B. mit 2 kW Ausgangsleistung) verbunden ist. Außerdem ist der Laserkopf 10 über eine erste Schlauchleitung 13 mit einer Kühlvorrichtung 14 und über eine zweite Schlauchleitung 15 mit einer Schutzgasquelle 16 (z.B. mit Argon gefüllte Gasflasche) verbunden.

[0014] Der Laserkopf 10 umfaßt im wesentlichen einen Facettenspiegel 17, der den von der Lichtleitfaser 11 kommenden Laserstrahl auf die zu härtende innere Oberfläche 5 des Waffenrohres 1 fokussiert, und der aufgrund der im Betrieb auftretenden enormen Wärmeentwicklung durch ein Kühlmittel, welches über die Schlauchleitung 13 zugeführt wird, gekühlt werden kann. Der Laserkopf 10 ist ferner mit einer zweiten Rohr- oder Schlauchleitung 15 verbunden, über die ein Schutzgas beim Umwandlungshärten auf die erhitzte Oberfläche des Waffenrohres strömt und eine die Ober-

flächenqualität verschlechternde Oxidschichtbildung verhindert.

[0015] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich sowohl gezogene Waffenrohre als auch Waffenrohre mit einem Glattrohrprofil umwandlungshärten. Dabei haben Versuche ergeben, daß sich Stahlrohre bis in eine Tiefe von 0,4 bis 0,8 mm umwandlungshärten lassen, wobei die gehärteten Oberflächenbereiche zwischen 600 und 750 HV aufwiesen.

[0016] Wie der Fig. zu entnehmen ist, umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung eine elektronische Steuervorrichtung 18, mit der die Laserleistung geregelt wird und welche auf eine dem Laser 12 ausgangsseitig nachgeschaltete Verschlusseinheit 19 wirkt und den ordnungsgemäßen Betrieb der Lasieranlage ständig überwacht, derart, daß im Falle eines Defektes, z.B. bei einem Faserbruch der Lichtleitfaser oder einer unterbrochenen oder zu geringen Kühlung des Facettenspiegels etc., den Härtungsvorgang des Waffenrohres unterbricht.

[0017] Wie in der Fig. durch die gestrichelte Linie 20 angedeutet ist, wird die elektronische Steuervorrichtung 18 vorzugsweise mit der Steuervorrichtung 21 für die Nutzenziehmaschine verbunden. Dadurch wird einerseits die flexible Gestaltung von Bearbeitungszyklen und andererseits die Überwachung von sicherheitstechnischen Verriegelungen gewährleistet.

[0018] Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann beispielsweise zusätzlich zu den Rohr- oder Schlauchleitungen 13 und 15 eine dritte Rohr- oder Schlauchleitung vorgesehen sein, durch die Druckluft oder Stickstoff quer zur Strahlaustrittsöffnung des Laserkopfes geführt wird, um durch diesen gerichteten Gasstrom die Spiegeloptik und den Innenraum des Laserkopfes vor Verschmutzungen zu schützen.

Bezugszeichenliste

[0019]

- | | | |
|-----|------------------------------------|--|
| 1 | Waffenrohr | |
| 2 | Nutzenziehmaschine | |
| 3 | Ziehstange | |
| 4 | Seelenachse | |
| 5 | Oberfläche | |
| 6,7 | Führungsbuchsen | |
| 8 | mündungsseitige Ende | |
| 9 | Ende (Ziehstange) | |
| 10 | Laserkopf | |
| 11 | Lichtleitfaser | |
| 12 | Laser | |
| 13 | erste Schlauchleitung | |
| 14 | Kühlvorrichtung | |
| 15 | zweite Schlauchleitung | |
| 16 | Schutzgasquelle | |
| 17 | Facettenspiegel, Strahlumlenkoptik | |
| 18 | elektronische Steuervorrichtung | |

- | | |
|----|---------------------------------------|
| 19 | Verschlusseinheit |
| 20 | gestrichelte Linie |
| 21 | Steuervorrichtung (Nutenziehmaschine) |

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Härten der Innenkontur eines Waffenrohres (1) mit Laserstrahlung, mit den Merkmalen:

a) die Vorrichtung umfaßt einen Laser (12) und einen entlang der Seelenachse (4) des Waffenrohres (1) verschiebbar anordbaren und eine Strahlumlenkoptik (17) enthaltenden Laserkopf (10), so daß die Laserstrahlung mündungsseitig in das Waffenrohr (1) einkoppelbar und mittels der Strahlumlenkoptik (17) senkrecht auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) führbar ist,

b) bei dem Laser (12) handelt es sich um einen Nd:YAG-Laser;

c) der Laser (12) ist mit dem Laserkopf (10) über eine Lichtleitfaser (11) verbunden;

d) der Laserkopf (10) ist an dem mündungsseitigen Ende (8) einer im Waffenrohr (1) zentrierbaren und in Richtung der Seelenachse (4) des Waffenrohres (1) verschiebbaren Ziehstange (3) befestigt.

e) bei der Ziehstange (3) handelt es sich um die Ziehstange einer programmgesteuerten Nutzenziehmaschine (2).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** es sich bei der Strahlumlenkoptik (17) des Laserkopfes (10) um einen Facettenspiegel handelt, der die Laserstrahlung auf die innere Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) fokussiert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Laserkopf (10) zur Kühlung der Strahlumlenkoptik (17) über eine mündungsseitig aus dem Waffenrohr (1) führende Rohr- oder Schlauchleitung (13) mit einer Kühlvorrichtung (14) verbunden ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Laserkopf (10) über eine mündungsseitig aus dem Waffenrohr (1) führende Rohr- oder Schlauchleitung (15) mit einer Schutzgasquelle (16) verbunden ist, und daß der Laserkopf (10) derart ausgebildet ist, daß das Schutzgas bei der Laserbestrahlung der inneren Oberfläche (5) des Waffenrohres (1) auf diese

Oberfläche (5) strömt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine dritte Rohr- oder Schlauchleitung vorgesehen ist, durch die Druckluft oder Stickstoff führbar ist und deren Austrittsöffnung derart gewählt ist, daß das Gas quer zur Strahlaustrittsöffnung des Laserkopfes (10) austritt, um die Strahlumenoptik (17) und den Innenraum des Laserkopfes (10) vor Verschmutzungen zu schützen.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine elektronische Steuervorrichtung (18) vorgesehen ist, die die Laserleistung regelt und auf eine dem Laser (12) nachgeschaltete Verschußeinheit (19) wirkt, derart, daß im Falle eines Defektes der Vorrichtung (Faserbruch, keine Kühlung etc) der Härtungsvorgang des Waffenrohres (1) unterbrochen wird.

Claims

1. Device for hardening the internal contour of a gun barrel (1) with laser radiation, with the features:
- a) the device comprises a laser (12) and a laser head (10) which can be arranged in movable manner along the axis of the bore (4) of the gun barrel (1) and contains a beam deviating optics (17), so that the laser radiation can be introduced into the gun barrel (1) on the muzzle side and can be guided vertically onto the internal surface (5) of the gun barrel (1) by means of the beam deviating optics (17),
 - b) the laser (12) is an Nd:YAG laser;
 - c) the laser (12) is connected to the laser head (10) via a fibre optic waveguide (11);
 - d) the laser head (10) is fixed to the muzzle-side end (8) of a pull rod (3) which can be centred in the gun barrel (1) and can be moved in the direction of the axis of the bore (4) of the gun barrel (1).
 - e) the pull rod (3) is the pull rod of a program-controlled pull-type keyseating machine (2).
2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the beam deviating optics (17) of the laser head (10) is a bevelled mirror which focuses the laser radiation onto the internal surface (5) of the gun barrel (1).
3. Device according to Claim 1 or 2, **characterized in**

that in order to cool the beam deviating optics (17) the laser head (10) is connected to a cooling device (14) via a pipe or hose (13) which can be guided out of the gun barrel (1) on the muzzle side.

4. Device according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the laser head (10) is connected to a protective gas source (16) via a pipe or hose (15) which can be guided out of the gun barrel (1) on the muzzle side, and **in that** the laser head (10) is formed in such a way that when the laser radiation is applied to the internal surface (5) of the gun barrel (1) the protective gas flows onto that surface (5).
5. Device according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a third pipe or hose is provided through which compressed air or nitrogen can be guided and the outlet opening of which is selected in such a way that the gas emerges transversely to the beam aperture of the laser head (10), in order to protect the beam deviating optics (17) and the internal chamber of the laser head (10) from contamination.
6. Device according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** an electronic control device (18) is provided, which regulates the laser power and acts on a closure unit (19) series-connected to the laser (12) in such a way that in the event of a defect in the device (broken fibre, no cooling etc.) the hardening process of the gun barrel (1) is discontinued.

Revendications

1. Dispositif destiné à la trempe du contour intérieur d'un tube d'arme (1) au moyen d'un rayonnement laser, qui présente les caractéristiques suivantes :
- a) le dispositif comprend un laser (12) et une tête laser (10) qui est disposée de manière à pouvoir coulisser le long de la ligne de tir (4) du tube (1) et qui contient une optique de déviation des rayons, ce qui fait que le rayonnement laser peut être introduit dans le tube d'arme (1) côté bouche et peut être guidé, au moyen de l'optique de déviation de rayon (17), perpendiculairement à la surface intérieure (5) du tube (1),
 - b) le laser (12) est un laser YAG au néodyme,
 - c) le laser (12) est relié à la tête laser (10) par une fibre optique (11),
 - d) la tête laser (10) est fixée à l'extrémité (8) côté bouche d'une barre de traction (3) qui peut être centrée dans le tube (1) et qui peut coulisser en direction de la ligne de tir (4) du tube (1) ;

e) la barre de traction (3) est la barre de traction d'une machine à rainurer (2) à commande programmée.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'optique de déviation de rayon (17) de la tête laser (10) est un miroir à facettes qui focalise le rayonnement laser sur la surface intérieure (5) du tube (1). 5
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** pour refroidir l'optique de déviation de rayon (17), la tête laser (10) est reliée à un dispositif de refroidissement (14), par une conduite tubulaire ou à tuyau (13) qui sort côté bouche du tube (1). 10
15
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la tête laser (10) est reliée à une source de gaz de protection (16), par une conduite tubulaire ou à tuyau (13) qui sort côté bouche du tube (1), et **en ce que** la tête laser (10) est conçue de manière que le gaz de protection s'écoule sur la surface intérieure (5) du tube (1), lorsque le rayonnement laser tombe sur cette surface (5). 20
25
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'il** est prévu une troisième conduite tubulaire ou à tuyau, à travers laquelle on peut acheminer de l'air comprimé ou de l'azote et dont l'orifice de sortie est choisi de manière que le gaz sorte transversalement à l'orifice de sortie des rayons de la tête laser (10), afin de protéger l'optique de déviation de rayon (17) et le volume intérieur de la tête laser (10) contre les impuretés. 30
35
6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un dispositif de commande électronique (18) qui règle la puissance du laser et qui agit sur une unité de fermeture (19), montée derrière le laser (12), de manière qu'en cas de défaut du dispositif (rupture de fibre, pas de refroidissement, etc.) le processus de trempe du tube (1) soit interrompu. 40
45
50
55

