

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 144 817**A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 84113675.7

(51) Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/14**
C 21 D 1/09
//F16J10/04

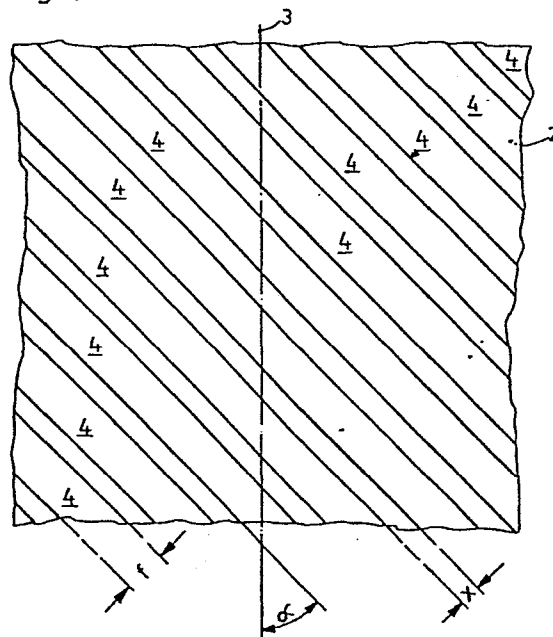
(22) Anmeldetag: 13.11.84

(30) Priorität: 03.12.83 DE 3343783

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.06.85 Patentblatt 85/25(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL SE(71) Anmelder: **M.A.N. MASCHINENFABRIK**
AUGSBURG-NÜRNBERG Aktiengesellschaft
Stadtbachstrasse 1
D-8900 Augsburg(DE)(72) Erfinder: **Amende, Welf, Dr.**
Salzburger Strasse 1
D-8000 München 60(DE)(72) Erfinder: **Lausch, Wolfram, Dr.**
Grainauer Weg 9f
D-8900 Augsburg(DE)(72) Erfinder: **Zechmeister, Hartwin, Dr.**
St. Johann Strasse 18
D-8000 München 50(DE)(54) **Verfahren zur Herstellung verschleißfester Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschinen.**

(57) Im Rahmen eines Verfahrens zur Herstellung verschleißfester Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschinen durch Laserhärten wird vorgeschlagen, durch entsprechende Führung der Laserstrahlen relative zur Zylinderbohrungswand schräg zur Zylinderachse verlaufende und einen spitzen Winkel mit letzterer einschließende Härtespuren zu erzeugen. Zwischen zwei benachbarten Härtespuren muß außerdem ein Randabstand X gegeben sein, der je nach Werkstoff der Zylinderbohrungswand und Einhärtetiefe verschieden, aber immer so groß ist, daß die zwischen zwei benachbarten Härtespuren und in einem Abstand k vom Härtespur-Rand liegenden Maxima der im Maschinenbetrieb auftretenden Zugspannungen nicht zusammenfallen können. Der Randabstand x gehorcht also der Bedingung X ist größer als $2 \cdot k$ und liegt im Bereich bis zu einigen Millimetern.

Fig. 4

**EP 0 144 817 A2**

Verfahren zur Herstellung verschleißfester Zylinder-
laufflächen von Brennkraftmaschinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung verschleißfester Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschinen, die an aus legiertem, insbesondere auch phosphorarmem, Gußeisen gegossenen Zylindern bzw. Zylinderbuchsen durch jene im Oberbegriff des Hauptanspruchs angegebenen Verfahrensschritte geschaffen werden.

Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der US-PS 4 093 842 bekannt. Allgemeine Auskünfte über die Einsatzmöglichkeiten von Kohlendioxyd-Hochleistungslasern für eine Gußeisenhärtung sind auch aus der Zeitschrift "Maschinenmarkt", Würzburg 86 (1980) 96, Seiten 1915 - 1918, bekannt.

Bei Zylindern bzw. Zylinderbuchsen, die nach der bekannten Methode gehärtet wurden, lagen die Härtespuren entweder zu eng beieinander oder haben sich sogar teilweise überlappt. Dabei ergaben sich zwischen zwei Härtespuren bzw. bei aneinander angrenzenden oder sich überlappenden Härtespuren im angelassenen Bereich derselben Zug-eigenspannungen, die so groß waren, daß während des Betriebes der Brennkraftmaschine durch die sich dann überlagernden Betriebsspannungen in den Zylinderbohrungswänden Risse mit einer Länge bis zu mehreren Zentimetern auftraten. Diese Risse waren zunächst nach dem Härten und anschließenden Honen nicht vorhanden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, das bekannte Verfahren in seiner Anwendung so zu verbessern, daß sich in den Zylinderbohrungswänden während des Brennkraftmaschinenbetriebes keine Risse ergeben.

Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren mit den eingangs angegebenen Verfahrensschritten erfindungsgemäß durch eine spezielle Ausführung bestimmter Verfahrensschritte gelöst, nämlich dadurch, daß durch entsprechende Führung der Laserstrahlen relativ zu einer Zylinderbohrungswand schräg zur Zylinderachse verlaufende und einen spitzen Winkel mit letzterer einschließende Härtespuren erzeugt werden, mit einem Randabstand X zwischen zwei benachbarten derselben, der so groß ist, daß die dazwischen und in einem Abstand K vom Härtespur-Rand liegenden Maxima der im Maschinenbetrieb auftretenden Zugspannungen nicht zusammenfallen können, und damit der Bedingung X ist größer als $z \cdot K$ gehorcht.

Nachstehend ist das erfindungsgemäße Verfahren detailliert anhand der Zeichnung erläutert:

In der Zeichnung zeigen:

Fig.1, 2 und 3 je ein Beispiel einer bekannten Anordnung von Härtespuren, die nach ebenfalls bekannter Art und Weise an Zylinderbohrungswänden durch Laserhärten erzeugt wurden,

Fig.4 ein Beispiel für eine Anordnung und Ausbildung der Härtespuren nach Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig.5 ein Zug-Druck-Diagramm, das den Spannungsverlauf in und zwischen zwei Härtespuren aufzeigt.

Die Zylinderlaufflächen von aus legiertem, und insbesondere auch phosphorarmen Gußeisen gegossenen Zylindern bzw. Zylinderbuchsen von Brennkraftmaschinen können durch nachfolgend beschriebene Verfahrensschritte verschleißfest gemacht werden.

- a) Jede Zylinderbohrung wird zunächst durch spanabhebende Bearbeitung für das spätere Härten vorbereitet, wobei zumindest die letzte Spanabnahme vorzugsweise durch Honen erfolgt. Anschließend besitzt die Zylinderbohrung im zu härtenden Bereich einen Durchmesser, der vorzugsweise um etwa 2/100 bis 5/100 mm kleiner als der gewünschte Enddurchmesser ist. Die Oberfläche der Zylinderbohrungswand besitzt dann vorzugsweise eine Rauigkeit $RZ\ 15\ \mu \pm 3\ \mu$.
- b) Im zweiten Verfahrensschritt wird auf die Wandfläche der Zylinderbohrung ein Absorptionsmittel aufgebracht, das die Reflexion von Laserlicht auf wenige Prozent zu senken vermag.
- c) Im dritten Verfahrensschritt erfolgt das Härten der Zylinderbohrungswand im zu härtenden Bereich der Zylinderbohrung mittels Laserstrahlen, derart, daß sich Härtespuren mit in der Randzone des Gußeisens martensitischem Gefüge ergeben.
Gehärtet wird beispielsweise mit einem 5 kW-Kohlendioxyd-Laser. Dabei werden die Laserstrahlen relativ zur Zylinderbohrungswand geführt, derart, daß sich parallel nebeneinander und schraubenförmig verlaufende Härtespuren ergeben. Um dies zu erreichen, wird beispielsweise einerseits eine Zylinderbuchse durch eine Vorrichtung in eine kontinuierliche Drehbewegung versetzt, andererseits die Laserapparatur in Richtung der Längsachse der Zylinderbuchse verschoben, wobei deren Vorschubgeschwindigkeit an die Drehgeschwindigkeit der Zylinderbuchse für die gewünschte Steigung der Härtespuren angepaßt ist.

Verwendet wird für das Härten vorzugsweise ein mit einem Integrator geformter Laserstrahl, der eine Härtespur mit rechteckigem Querschnitt, und ein gleichmäßiges Strahlintensitäts-Verteilungsprofil für die Einhärtung erzeugen kann. Die Einhärtetiefe ist regelbar und liegt vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 1,3 mm.

Die Figuren 1, 2 und 3 zeigen jeweils Härtespuren 1 mit einer Breite a in bekannter Anordnung und Zuordnung zueinander. Alle diese drei bekannten Anordnungen haben sich als nachteilig erwiesen, wie eingangs erläutert. Bei der in Fig.1 dargestellten Anordnung der Härtespuren sind diese zwar voneinander beabstandet, jedoch nicht so weit, daß sich die Zugeigenspannungen nicht gegenseitig beeinflussen, d.h. überlagern könnten. Der Randabstand b zwischen zwei benachbarten Härtespuren 1 ist mithin zu klein gewesen. Bei der anderen bekannten, aus Fig.2 ersichtlichen Anordnung mit unmittelbar aneinander angrenzenden Härtespuren 1 ist die Beeinflussung derselben untereinander noch größer als im Falle der Ausführung gemäß Fig.1, weil sich deren Zugeigenspannungen jeweils in den angelassenen, gestrichelt dargestellten und mit c bezeichneten Randzonen noch stärker überlagert hatten. Als besonders nachteilig erwies sich jedoch jene Anordnung der Härtespuren 1, wie in Fig.3 gezeigt. In diesem Fall überlappten sich die Härtespuren 1 in ihren Randzonen, wobei die jeweiligen Überdeckungsbereiche mit d und die angelassenen Bereiche mit e bezeichnet sind. Durch diese Überlappung zweier benachbarter Härtespuren ergeben sich die stärksten Beeinflussungen der auftretenden Zugeigenspannungen, weil dann meist deren Maxima zusammenfallen und diese sich addieren.

Um solche gegenseitige Einflußnahmen der Zugeigenspannungen der Härtespuren zu vermeiden, werden nun erfindungsgemäß durch entsprechende Führung der Laserstrahlen relativ

zur Zylinderbohrungswand 2 Härtespuren 4 erzeugt, die - wie aus Fig.4 ersichtlich - parallel zueinander und schräg zur Zylinderachse 3 verlaufen sowie mit dieser einen spitzen Winkel α einschließen. Dieser Winkel α wird in der Regel in einem Bereich von etwa 10° bis 60° liegen.

Entsprechend einem weiteren Kriterium der Erfindung sind die Härtespuren 4 so weit voneinander beabstandet, daß jeweils zwischen zwei benachbarten derselben ein Randabstand X gegeben ist, der so groß ist, daß die dazwischen und in einem Abstand K vom Härtespur-Rand liegenden Maxima der im Maschinenbetrieb auftretenden Zugspannungen nicht zusammenfallen können, und damit der Bedingung X ist größer als $2 \cdot K$ gehorchen. Die Breite f der erfindungsgemäß schräg zur Zylinderachse 3 verlaufenden Härtespuren 4 ist frei wählbar und je nach Anwendungsfall den Erfordernissen anzupassen.

- d) Nach dem Härten erfolgt ein Honen der Zylinderbohrungswände 2 auf Enddurchmesser zum Erhalt der Zylinderlaufflächen, wobei jene Materialerhebungen abgetragen werden, die sich beim Härten bei der Gefügeumwandlung in martensitische Struktur ergeben hatten. Die Zylinderbohrungswände besitzen anschließend Härtespuren vorzugsweise mit einer Oberflächenrauigkeit $RZ\ 6\ \mu \pm 3\ \mu$ und $R_{3Z}\ 2\ \mu$ bis $4\ \mu$. Je nach Anwendungsfall kann es zweckmäßig sein, die gehärteten Zylinderbohrungswände 2 anzulassen, um eine Vergleichmäßigung des Eigenspannungsniveaus zu erreichen und eine Restaustenitbildung teilweise vorwegzunehmen. Dieses Anlassen kann beispielsweise bei einer Temperatur von 200°C über eine Zeit von größer / gleich 5 Stunden erfolgen. Dabei werden Spannungsspitzen abgebaut auf ein insgesamt niedrigeres Eigenspannungsniveau.

Durch den erfindungsgemäßen Schrägverlauf der Härtespuren 4 zur Zylinderachse 3 und den Randabstand X

zwischen zwei benachbarten Härtespuren 4, so wie weiter vorn bereits angegeben, ergeben sich im Betrieb der Brennkraftmaschine in der Zylinderbohrungswand 2 Spannungsverläufe, wie aus Fig.5 ersichtlich. Im dort dargestellten Zug-Druck-Diagramm sind senkrecht zur Abszisse die nach der Erfindung angeordneten und beabstandeten Härtespuren 4 aufgetragen. Auf der Ordinate sind in der mit einem Pluszeichen versehenen Richtung die sich in der Zylinderbohrungswand 2 ausbildenden Zugspannungen aufgetragen, während in der mit einem Minuszeichen versehenen Richtung die in der Zylinderbohrungswand 2 wirkenden Druckspannungen aufgetragen sind. Die Spannungsverläufe selbst, die sich während des Betriebes der Brennkraftmaschine mit ständig wechselndem Vorzeichen in einer Zylinderbohrungswand 2 ergeben, sind in Fig.5 durch Spannungsverlaufslinien 5 und 6 aufgetragen. Dabei wird ersichtlich, daß die Druckmaxima 7 bzw. 8 der Spannungsverläufe 5 bzw. 6 innerhalb der jeweiligen Härtespur 4 liegen; die Zugspannungen wirken jedoch nicht nur innerhalb der Härtespuren 4, sondern auch außerhalb zwischen zwei derselben im ungehärteten Bereich der Zylinderbohrungswand 2, in welchem Bereich auch die Zugspannungsmaxima 9 bzw. 10 der beiden Spannungsverläufe 5 bzw. 6 jeweils im Abstand K vom Rand einer Härtespur 4 entfernt liegen. Diese Zugspannungsmaxima 9 bzw. 10 liegen, wie umfangreiche Forschungen erwiesen haben, je nach Zylinderbuchsenwerkstoff und Einhärtetiefe unterschiedlich, aber immer in einem gewissen Abstand K kleiner / gleich 2 mm vom Rand einer Härtespur 4 entfernt. Durch die erfindungsgemäße Festlegung, nämlich daß der Randabstand zweier benachbarter Härtespuren 4 nicht kleiner als $2 \cdot K$ ist, wird sichergestellt, daß sich die Spannungsverläufe 5 und 6 niemals so überlagern können, daß deren Maxima 9 und 10 zusammenfallen und sie sich dann in schädlicher Weise addieren könnten. Der Randabstand X zweier benachbarter

Härtespuren 4 muß daher immer größer als 2 . K sein.
Hierdurch ist gewährleistet, daß sich im Betrieb der
Brennkraftmaschine in einer Zylinderbohrungswand 2
weder Mikrorisse noch Makrorisse ausbilden können.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung verschleißfester Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschinen, die an aus legiertem, insbesondere auch phosphorarmen, Gußeisen gegossenen Zylindern bzw. Zylinderbuchsen durch folgende Verfahrensschritte geschaffen werden:

- a) Spanabhebende Bearbeitung der Zylinderbohrung, im zu härtenden Bereich auf einen Durchmesser, der kleiner als der gewünschte Enddurchmesser ist,
- b) Aufbringung eines Absorptionsmittels auf die Zylinderbohrungsfläche, mit der Eigenschaft, die Reflexion von Laserlicht auf wenige Prozent zu senken,
- c) Härten der Zylinderbohrungswand im zu härtenden Bereich mittels Laserstrahlen, derart, daß sich Härtespuren mit in der Randzone des Gußeisens martensitischem Gefüge ergeben,
- d) Honen der Zylinderbohrungswand auf Enddurchmesser zum Erhalt der Zylinderlauffläche,

dadurch gekennzeichnet,
daß durch entsprechende Führung der Laserstrahlen relativ zur Zylinderbohrungswand (2) parallel zueinander und schräg zur Zylinderachse (3) verlaufende und mit letzterer einen spitzen Winkel (α) einschließende Härtespuren (4) erzeugt werden, mit einem Randabstand (x) zwischen zwei benachbarten derselben, der so groß ist, daß die dazwischen- und in einem Abstand (k) vom Härtespur-Rand liegenden Maxima der im Maschinenbetrieb auftretenden Zugspannungen nicht zusammenfallen können, und damit der Bedingung x ist größer als $2 \cdot k$ gehorchen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Härtespuren (4), eine nach der anderen, parallel zueinander verlaufend erzeugt werden durch einen nach dem Prinzip eines Integrators arbeitenden und in den Härtespuren (4) ein rechteckiges Härtesprofil mit gleichbleibender, einstellbarer Breite und einer Einhärtetiefe bis zu ca. 1,3 Millimeter erzeugenden Laser.

Fig.1

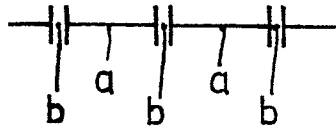
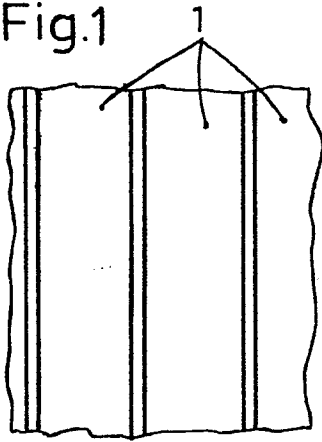


Fig.2

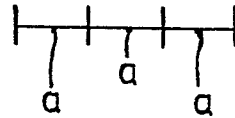
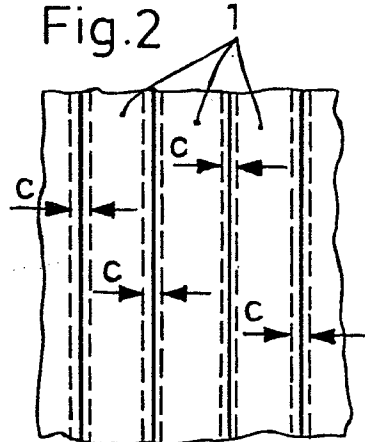


Fig.3

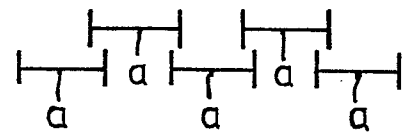
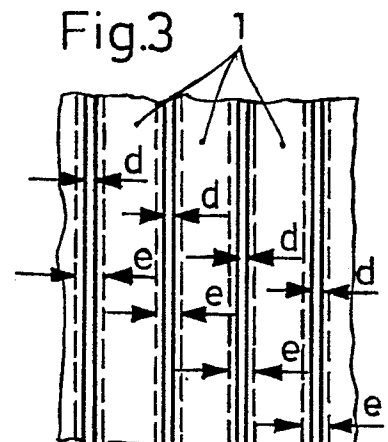


Fig.4

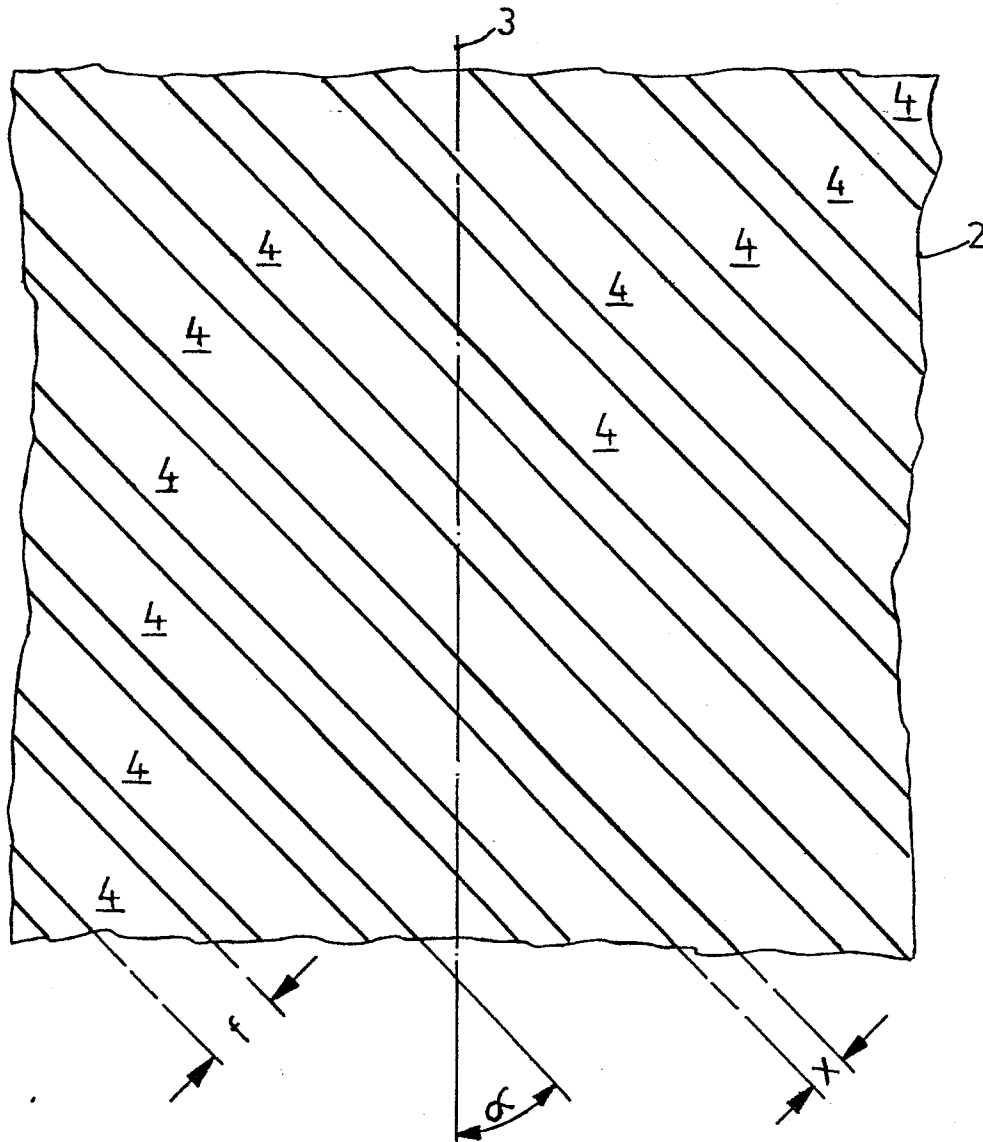


Fig.5

