

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Patent beschränkt
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstG

(12) **PATENTSCHRIFT**

(11) **DD 276 121 B5**

(51) Int. Cl.⁵: F02F 1/00

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD F 02 F / 320 446 3	04. 10. 88	14. 02. 90	11. 08. 94

(30) Unionspriorität:

(72) Erfinder: Schmidt, Joachim, Dipl.-Ing., 03185 Peitz, DE; Paul, Heinrich, Dr. sc. techn., 01474 Pappritz, DE; Kusch, Hans-Günter, Dipl.-Phys., 01277 Dresden, DE; Schieske, Joachim, Dipl.-Ing., 03051 Kahren, DE

(73) Patentinhaber: Deutsche Reichsbahn, Waisenstr. 21, 03046 Cottbus, DE;
Zentralinstitut für Festkörperphysik und Werkstofforschung, Helmholtzstr. 20,
01069 Dresden, DE

(54) Verfahren zur Herstellung beanspruchungsgerecht gehärteter Zylinderlaufflächen
kolbenführender Maschinen

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-PS 3 510 393 DE-PS 3 343 783

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung beanspruchungsgerecht gehärteter Zylinderlauflächen kolbenführender Maschinen nach jeweils vorliegendem Verschleißbild ungehärteter Zylinderlauflächen so, daß nur das dem Verschleißbild entsprechende Volumen gehärtet und ein der lokalen Temperaturbelastung der Zylinderlaufläche unter Einsatzbedingungen angepaßtes verschleißfestes Gefüge im oberflächennahen Bereich geschaffen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch entsprechende Führung eines energiereichen Strahles Härtespuren mit unterschiedlichen Härtetiefen und Gefügestrukturen entlang einer Spur beanspruchungsgerecht erzeugt werden, daß diese Härtespuren beanspruchungsgerecht verschiedene Spurlängen haben, die regelmäßig auf dem gesamten Umfang der Zylinderbohrungswand verteilt sind, und daß der minimale Abstand der Härtespuren untereinander bestimmt ist durch die Bedingung, daß die Anlaßtemperatur der benachbarten Härtespur während der Bestrahlung maximal gleich der Betriebstemperatur ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch entsprechende Führung eines energiereichen Strahles, vorzugsweise Laserstrahles, relativ zur Zylinderbohrungswand parallel zueinander und schräg in einem Winkel α (vorzugsweise $10^\circ < \alpha < 30^\circ$) zur Zylinderachse verlaufende Härtespuren erzeugt werden, daß diese Härtespuren verschiedene Spurlängen haben, daß der energiereiche Strahl für jede Spurlänge durch entsprechende Kombination von Strahlleistung, Spotgröße und Strahlvorschubgeschwindigkeit der Beanspruchung entsprechende Härtetiefe und Gefügestruktur in der Spurlänge auf der Zylinderbohrungswand erzeugt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gefüge der vorzugsweise aus Gußeisen bestehenden Zylinderlauflächen im oberflächennahen Bereich im Fall von Verschleißzonen mit höherer Betriebstemperatur als Ledeburit über Schmelzumwandlung und im Fall von Verschleißzonen mit niedrigerer Betriebstemperatur als Martensit über Festphasenhärtung ausgebildet werden und damit das im Oberbegriff geforderte Gefüge geschaffen wird.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einhärtetiefen auch über den Umfang der Zylinderlauflächen dem Beanspruchungsfall angepaßt werden und damit auch der Ovalität als Verschleißform der Zylinderlauflächen effektiv entgegengewirkt wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spurabstand nach dem Modenbild eines runden energiereichen, vorzugsweise Laserstrahles oder nach dem Modenbild eines geformten Strahles eingestellt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft partiell gehärtete Zylinderlaufbuchsen und ein Verfahren zum Oberflächenhärten. Sie bezieht sich auf die verschleißgerechte Härtung von Zylinderlaufbuchsen und Zylinderkurbelgehäusen aus Eisenwerkstoffen von Brenn- und anderen Kraftmaschinen mittels energiereicher Strahlung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die die Erfindung tangierenden Patente „Zylinder-Kurbelgehäuse für eine Brennkraftmaschine“ (Patentschrift DE 3510393) und „Verfahren zur Herstellung verschleißfester Zylinderlauflächen von Brennkraftmaschinen“ (Patentschrift DE 3343783) betreffen die Einstellung konstanter Prozeßparameter jeweils für punkt- oder linienförmige Härtezonen und für Festphasen- bzw. Schmelzphasenhärtung.

Bei den Zylinderlaufbuchsen, die nach bekannten Verfahren gehärtet werden, wird die über der Laufläche lokal sehr unterschiedliche Temperatur- und Verschleißbeanspruchung nicht berücksichtigt, indem die Zylinderlaufbuchsen durchgehend gleichbleibende Härtetiefen und Gefügestrukturen aufweisen. Dabei wird auch nicht bedacht, daß die Verschleißbeanspruchung nicht in jedem Fall im oberen Totpunkt des obersten Kolbenringes am größten ist.

Des weiteren wird in der vorliegenden Patentliteratur mit der Festlegung des Randabstandes zweier benachbarter Härtespuren auf $\geq 4\text{ mm}$ auch nicht berücksichtigt, daß die auftretenden Spannungen von Größe, Geometrie und Gefügestruktur der Härtezonen abhängen. Bei kleineren Laserleistungen und/oder kleinen Abmessungen der Zylinderlaufbuchsen kann im Sinne weitestgehender Härtung der zur Verfügung stehenden Fläche der Randabstand zweier benachbarter Härtespuren $< 4\text{ mm}$ betragen.

Damit wird der verallgemeinerungsfähige Charakter der für die jeweiligen Freispurabstände (Randabstände) gültigen Einflußgrößen

- Strahlleistung
- Bestrahlungsgeschwindigkeit

- Härtetiefe und Gefügestruktur
 - Energiedichte und Leistungsdichteverteilung
 - Laufbuchsenabmessungen
- nicht erkannt.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht im wesentlichen darin, Zylinderlaufbuchsen mit hoher Verschleiß- und Temperaturbeständigkeit verschleißbildungsgerecht und den lokalen Temperaturzonen entsprechend erzeugte Gefüge und einem dafür entwickelten Verfahren zu schaffen. Der nützliche Effekt besteht darin, die nachteiligen Wirkungen der geschilderten bisher bekannten gehärteten Zylinderlaufbuchsen und Zylinderkurbelwellengehäuse und der zur Härtung in Anwendung gebrachten Verfahren auszuschalten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Einhärtung der Funktionsfläche so vorzunehmen, daß nur das dem Verschleißbild entsprechende Volumen gehärtet und ein dem lokalen Temperaturbild der Funktionsfläche unter Einsatzbedingungen angepaßtes Gefüge im oberflächennahen Bereich geschaffen wird. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß nach bekanntem Verschleißbild ungehärteter Zylinderlaufbuchsen, die Härtetiefe vorgewählt und entsprechend der lokalen Temperaturbelastung im Einzelfall geeignete Gefüge auf ein und derselben Härtespur in einem bestimmten Winkel zur Zylinderachse erzeugt werden. Die Gefüge der vorzugsweise aus Gußeisen bestehenden Zylinderlaufbuchsen und Zylinderkurbelgehäuse werden im Fall von Verschleißzonen mit höherer Betriebstemperatur als Ledeburit über Schmelzumwandlung und im Fall von Verschleißzonen mit niedrigerer Betriebstemperatur als Martensit über Festphasenhärtung ausgebildet. Im Fall von anlaßempfindlichem Härtegefüge werden die Prozeßparameter zur Erzeugung von Ledeburit auch bereits bei relativ niedrigen Betriebstemperaturzonen eingestellt. Die erforderlichen Prozeßparameter wie Strahlleistung, Strahlvorschubgeschwindigkeit, Spotgröße und Leistungsverteilung für die vorgewählten Härtearten, Härtezonen und Gefüge sind nach bekannten theoretisch ermittelten und in der Praxis erprobten Modellen (1, 2, 3, 4) bestimmt worden. Mit Hilfe dieser Modelle werden auch die Mindestspurabstände bestimmt für die Bedingung, daß die Anlaßtemperatur der benachbarten Spur während der Bestrahlung max. gleich der Betriebstemperatur ist.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

Die Laufzeit einer ungehärteten Zylinderlaufbuchse aus legiertem Gußeisen mit Lamellengraphit in einem Großdieselmotor wird bestimmt durch den max. Verschleißabtrag in einer ca. 25 mm langen Zone der Buchse, in der Regel die Zone der oberen Totpunktlage des obersten Kolbenringes. Die zulässige Vergrößerung des Innendurchmessers von beispielsweise $d_i = 260,0 \text{ mm}$ beträgt 0,5 mm. In der anschließenden Übergangszone von ca. 30 mm Länge nimmt der Verschleiß stark ab und beträgt auf dem restlichen Teil der Lauffläche nur noch ca. $1/10$ des maximalen Abtrages (Normalverschleißzone). Entsprechend der unterschiedlichen Verschleißbeanspruchung wurde für die linsenförmige Härtespur, die mittels Laserstrahles mit kreisförmigem Querschnitt und kastenförmiger Leistungsdichteverteilung erzeugt wird die Härtetiefe ZA in den verschiedenen Verschleißzonen wie folgt gewählt:

Zone mit max. Verschleiß	$ZA \approx 0,5 \text{ mm}$
Normalverschleißzone	$ZA \approx 0,2 \text{ mm}$
Übergangszone	$0,5 > ZA > 0,2 \text{ mm}$

In der Übergangszone wird ZA kontinuierlich oder stufenförmig von $ZA \approx 0,5 \text{ mm}$ auf $ZA \approx 0,2 \text{ mm}$ verringert. Die Bestrahlung erfolgt mit einer Laserleistung $Q = 900 \text{ W}$.

Auf die Zylinderlauffläche wurde eine Absorptionsschicht mit einem Absorptionskoeffizienten $A \approx 0,8$ aufgetragen. Für reine Festphasenhärtung wurden die entsprechend erforderlichen Parameterkombinationen, Spotdurchmesser D und Bestrahlungsgeschwindigkeit v nach (1, 2, 3) berechnet. Danach war in der Zone mit maximalem Verschleiß $D = 7 \text{ mm}$ und $v = 10 \text{ mm/s}$, in der Normalverschleißzone $D = 5 \text{ mm}$ und $v = 35 \text{ mm/s}$.

In der Übergangszone wurden D und v stetig verändert. Die gesamte, über die 3 Verschleißzonen verlaufende Härtespur wurde in einem kontinuierlichen Bewegungsablauf erzeugt.

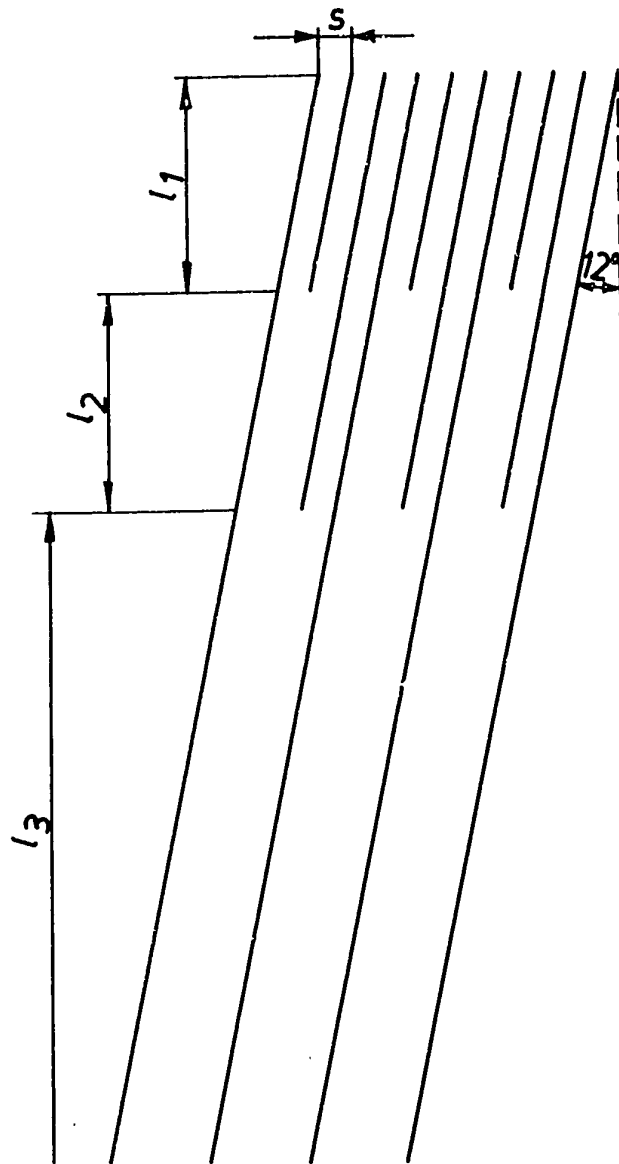
Der Spurabstand wurde gemäß Patentanspruch 1 durch Berechnung nach (1, 2, 3) und experimentellen Erfahrungen (4) bestimmt. Die ermittelte Mindestbreite der Freispur in der Zone mit maximalem Verschleiß betrug 1,9 mm. Der Spurabstand ergab sich aus der Spurbreite nach (1, 2), der Mindestbreite der Freispur und der ganzzahligen Spuranzahl für den Innendurchmesser $d_i = 260 \text{ mm}$ der Laufbuchse. Für die Gesamtlänge von 350 mm der 3 Verschleißzonen betrug die Bestrahlungszeit nur ca. 25 min. Es wurden ca. 45 min Bestrahlungszeit gegenüber einer Härtung mit konstanter Härtetiefe 0,5 mm erreicht.

Beispiel 2

Die gewählte Härtezonengeometrie (s. Ausführungsbeispiel 1) wurde auch mit einer Laserleistung $Q = 400 \text{ W}$ bei gaußförmigem Leistungsdichteprofil realisiert. Auf Grund der geringen Laserleistung waren Spotdurchmesser $D = 3,7 \text{ mm}$ bei einer Bestrahlungsgeschwindigkeit $v = 1 \text{ mm/s}$ in der Zone mit maximalem Verschleiß und $D = 2,7 \text{ mm}$ bei $v = 10 \text{ mm/s}$ in der Normalverschleißzone.

Die Bestrahlungsparameter der einzelnen Verschleißzonen einschließlich der Übergangszone wurden für eine konstante maximale Oberflächentemperatur nahe der Schmelztemperatur bestimmt. Das gaußförmige Leistungsdichteprofil und die

geringe Bestrahlungsgeschwindigkeit ergab eine Freispurmindestbreite gemäß Anspruch 1 von 2,5 mm. Zusätzlich wurde die Anzahl der Spuren in den einzelnen Verschleißzonen variiert (vgl. Skizze). In diesem speziellen Fall lag die Zone des maximalen Verschleißes im oberen Totpunktbereich. In dieser Zone wurde die volle Spuranzahl erzeugt, in der Übergangszone $\frac{2}{3}$ und in der Normalverschleißzone nur $\frac{1}{3}$ der Spuranzahl in der Zone des maximalen Verschleißes. Dadurch wurde eine Bestrahlungszeit von 2 Stunden erreicht im Vergleich zu 3 Stunden bei voller Spuranzahl gemäß Patentanspruch 1 und 15 Stunden bei voller Spuranzahl und konstanter Härtetiefe von 0,5 mm. Die Bestrahlungszeit bei reduzierter Spuranzahl aber konstanter Härtetiefe von 0,5 mm würde 6,5 Stunden betragen.



Skizze
Fig. 1