



(10) **AT 518517 A2 2017-10-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 43/2017
 (22) Anmeldetag: 09.02.2017
 (43) Veröffentlicht am: 15.10.2017

(51) Int. Cl.: **B23K 26/352** (2014.01)

(30) Priorität:
 31.03.2016 DE 102016205393.0 beansprucht.
 02.02.2017 DE 102017201648.5 beansprucht.

(71) Patentanmelder:
 Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG
 70435 Stuttgart (DE)
 Gehring Technologies GmbH
 73760 Ostfildern (DE)

(72) Erfinder:
 Wels Peter
 71701 Schwieberdingen (DE)
 Flores Gerhard Dipl.Ing.
 73760 Ostfildern (DE)

(74) Vertreter:
 Häupl & Ellmeyer KG, Patentanwaltskanzlei
 Wien

(54) **Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche eines metallischen Bauteils und metallisches Bauteil**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche (14) eines metallischen Bauteils (10), insbesondere eines Pleuels oder einer Nocke für ein Kraftfahrzeug, mit den Schritten: Bereitstellen eines metallischen Bauteils (10), das eine zu bearbeitende Oberfläche (14) aufweist; mechanisch Vorbearbeiten der zu bearbeitenden Oberfläche (14); Strukturieren der mechanisch vorbereiteten Oberfläche (14) mittels eines Laserstrahls (16), derart, dass an der mechanisch vorbereiteten Oberfläche (14) bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden.

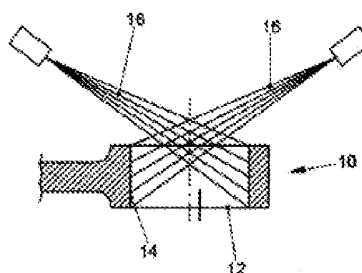
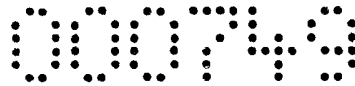


fig. 2



18

Zusammenfassung

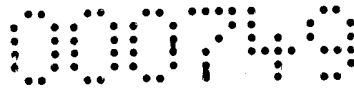
Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche eines metallischen Bauteils und metallisches Bauteil

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche (14) eines metallischen Bauteils (10), insbesondere eines Pleuels oder einer Nocke für ein Kraftfahrzeug, mit den Schritten: Bereitstellen eines
10 metallischen Bauteils (10), das eine zu bearbeitende Oberfläche (14) aufweist; mechanisch Vorbearbeiten der zu bearbeitenden Oberfläche (14); Strukturieren der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche (14) mittels eines Laserstrahls (16), derart, dass an der mechanisch vorbearbeiteten
15 Oberfläche (14) bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden.

(Fig. 2)

20



1. Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG
Porscheplatz 1
70435 Stuttgart

5 2. Gehring Technologies GmbH
Gehringstraße 28
73760 Ostfildern

10 **Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche eines metallischen
Bauteils und metallisches Bauteil**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum
Bearbeiten einer Oberfläche eines metallischen Bauteils,
15 insbesondere eines Pleuels oder einer Nocke für ein
Kraftfahrzeug, mit den Schritten: Bereitstellen eines
metallischen Bauteils, das eine zu bearbeitende Oberfläche
aufweist, mechanisch Vorbearbeiten der zu bearbeitenden
Oberfläche, und Strukturieren der mechanisch vorbearbeiteten
20 Oberfläche mittels eines Laserstrahls. Des Weiteren betrifft
die Erfindung ein metallisches Bauteil, insbesondere ein
Pleuel oder eine Nocke für ein Kraftfahrzeug.

Ein entsprechendes Verfahren zum Einbringen von Strukturen in
25 eine Oberfläche eines Pleuels ist aus der DE 103 25 910 B4 und
aus der EP 1 410 177 B1 bekannt. Dabei wird die jeweilige
mechanisch vorbearbeitete Oberfläche mittels eines
Laserstrahls derart laserstrukturiert, dass an der mechanisch
vorbearbeiteten Oberfläche bezogen auf das Niveau derselben
30 als Laserstrukturen Erhebungen und Vertiefungen gebildet
werden. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige
Laserstrukturierung für die Lebensdauer der Bauteile von
Nachteil ist.



Die EP 2 336 586 A1 offenbart ein Verfahren zum Erzeugen eines Presssitzes eines Bauteils mit einer Befestigungsbohrung auf einer Welle. Eine Innenfläche der Befestigungsbohrung des Bauteils und/oder eine Mantelfläche der Welle werden partiell
5 aufgeschmolzen, um kalottenartige Vorsprünge auszubilden. Nach dem Abkühlen erstarren die Vorsprünge. Beim Ausbilden der Vorsprünge werden auch Vertiefungen ausgebildet.

In der Kraftfahrzeugantriebstechnik ist es allgemein bekannt,
10 mechanisch stark beanspruchte Bauelemente zunehmend aus Titan zu fertigen, da Titan eine große Festigkeit und gleichzeitig ein geringes Gewicht aufweist als z.B. Stahl. Die Oberflächen derartiger Titanbauteile müssen wegen der Materialhärte des Titans jedoch aufwendig bearbeitet werden, um die
15 entsprechenden Oberflächeneigenschaften aufzuweisen, wobei die Oberflächen entweder mechanisch geglättet werden, um eine Reibungs- bzw. Verschleißminimierung zu erzielen oder müssen aufgeraut werden, um einen entsprechenden Reibkoeffizienten aufzuweisen.

20

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem eine Oberfläche eines Bauteils, insbesondere eines Titanbauteils, einerseits mit geringem Aufwand strukturiert werden kann und andererseits keine Gefahr
25 besteht, dass die Lebensdauer der Bauteils reduziert wird. Weiterhin soll ein solches Bauteil bereitgestellt werden.

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass die mechanisch vorbearbeitete Oberfläche
30 mittels eines Laserstrahls derart strukturiert wird, dass bezogen auf das Niveau der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden.



Dadurch, dass die zu bearbeitende Oberfläche mittels eines Laserstrahls erfindungsgemäß derart strukturiert wird, dass bezogen auf das Niveau der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine
5 Vertiefungen gebildet werden, kann an der Oberfläche, insbesondere auch an einer Titanoberfläche, berührungslos eine definierte Rauigkeit mit geringem Zeitaufwand erzeugt werden kann, und zwar ohne die Gefahr, dass die Lebensdauer der Bauteils reduziert wird.

10

Durch die Erhebungen wird eine definierte Rauigkeit zur Erhöhung der Haftreibung eingestellt. Für die Erhöhung der Haftreibung nicht funktionsrelevante Vertiefungen, welche die Lebensdauer des Bauteils reduzieren können, werden
15 erfindungsgemäß vermieden.

Vorzugsweise ist die zu bearbeitende Oberfläche eine innere Oberfläche einer Ausnehmung des metallischen Bauteils, wobei der Laserstrahl in einer Richtung orthogonal zu einer
20 Umfangsrichtung der inneren Oberfläche geführt wird. Dadurch kann die schwer zugängliche innere Oberfläche mit geringem Aufwand strukturiert werden, wobei durch die Führung des Laserstrahls in der Richtung orthogonal zu der Umfangsrichtung ein Reibwert der zu bearbeitenden Oberfläche in der
25 Umfangsrichtung signifikant erhöht werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Laserstrahl gepulst entlang mindestens einer Bearbeitungsspur über die zu bearbeitende Oberfläche geführt. Dadurch ist eine punktuelle
30 Aufschmelzung der Oberfläche möglich, wodurch eine besonders effektive Strukturierung der Oberfläche des metallischen Bauteils erzielt werden kann.



Vorzugsweise ist das metallische Bauteil ein Titanbauteil, insbesondere ein Titanpleuel, dessen mechanisch vorbearbeitete Titanoberfläche mit einer mittleren Strahlleistung des vorzugsweise gepulsten Laserstrahls von $8 \pm 0,5$ Watt
5 laserstrukturiert wird.

Alternativ ist das metallische Bauteil ein Stahlbauteil, insbesondere ein Stahlpleuel, dessen mechanisch vorbearbeitete Stahloberfläche mit einer mittleren Strahlleistung des
10 vorzugsweise gepulsten Laserstrahls von $9 \pm 0,5$ Watt laserstrukturiert wird.

Durch eine solche materialabhängige, mittlere Strahlleistung des vorzugsweise gepulsten Laserstrahls kann sichergesellt
15 werden, dass an der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen ausbilden.

Der Laserstrahl wird in Bearbeitungspuren entlang der zu
20 bearbeitenden Oberfläche bewegt. Es ist besonders bevorzugt, wenn die Erhebungen auf der zu bearbeitenden Oberfläche in ein und derselben Bearbeitungspur des Laserstrahls überlappend gebildet werden und eine Überlappung von $\geq 60\%$, insbesondere von 60-80%, aufweisen. Dadurch ist eine hohe
25 Strukturierungsdichte der Oberfläche möglich, wodurch eine signifikante Erhöhung des Reibwerts der Oberfläche erzielt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die sich in der
30 jeweiligen Bearbeitungspur des Laserstrahls überlappenden Erhebungen eine im Wesentlichen runde Form auf. Dadurch können die Erhebungen durch einen runden Laserstrahl mit technisch geringem Aufwand erzeugt werden.



In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen die Erhebungen eine Breite $< 100 \mu\text{m}$, insbesondere von $50 \pm 20 \mu\text{m}$, auf. Die Breite der Erhebungen ist von einer Spurbreite der Bearbeitungspur des Laserstrahls bzw. von einem
5 Spotdurchmesser des Laserstrahls abhängig. Dadurch kann eine hohe Strukturierungsdichte der Erhebungen an der bearbeiteten Oberfläche des metallischen Bauteils erzielt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen die
10 Erhebungen eine Höhe $< 20 \mu\text{m}$, insbesondere $\leq 5 \mu\text{m}$. Dadurch kann der Reibwert der zu bearbeitenden Oberfläche mit technisch geringem Aufwand signifikant erhöht werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erzeugt die
15 mechanische Vorbearbeitung auf der zu bearbeitenden Oberfläche des metallischen Bauteils eine Oberflächenstruktur, die in der Umfangsrichtung der inneren Oberfläche ausgerichtet ist. Dadurch ist mit geringem Aufwand eine Vorbearbeitung der zu bearbeitenden Oberfläche mittels Feinbohren oder Feinschleifen
20 oder auch Honen möglich.

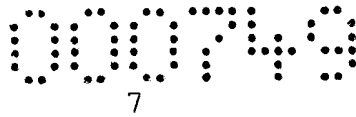
In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die innere Oberfläche in einer Mehrzahl von beabstandeten Winkelabschnitten laserstrukturiert. Dadurch können einzelne
25 Abschnitte von größeren Flächen strukturiert werden, um punktuell einen Reibwert der Oberfläche zu erhöhen, wodurch der Aufwand zur Strukturierung und der Zeitaufwand der Bearbeitung der Oberfläche reduziert werden kann. Außerdem bieten glatte, nicht strukturierte Bereiche zwischen den
30 laserstrukturierten Flächen des Bauteils einen guten Wärmeableitung von der Lagerfläche zu den weiteren Bauteilkonturen.



In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Laserstrukturen, nämlich die Erhebungen, über eine Vielzahl von Bearbeitungspuren des Lasers, vorzugsweise in einer Mehrzahl von geraden, parallelen Linien, auf der zu
5 bearbeitenden Oberfläche erzeugt, wobei die Bearbeitungspuren, vorzugsweise die geraden, parallelen Linien, aus sich überlappenden Erhebungen voneinander beabstandet sind. Zwischen unmittelbar benachbarten Bearbeitungspuren des Laserstrahls bzw. unmittelbar benachbarten Linien aus
10 Erhebungen ist ein Abstand von mindestens 50% der Spurbreite der Bearbeitungspuren vorgesehen. Die Spurbreite der Bearbeitungspuren ist $< 100 \mu\text{m}$. Insbesondere beträgt die jeweilige Spurbreite $50 \pm 20 \mu\text{m}$. Es ist eine Erhöhung des Reibkoeffizienten in einer vordefinierten Richtung mit
15 technisch geringem Aufwand möglich.

Insgesamt kann durch das Verfahren eine zu bearbeitende Oberfläche mit technisch geringem Aufwand strukturiert werden und entsprechend der Reibkoeffizient der Oberfläche erhöht
20 werden, so dass die zu bearbeitende Oberfläche eine reibschlüssige Verbindung mit einer Oberfläche eines anderen Bauteils bilden kann und so der technische Aufwand und der Zeitaufwand zur Verbindung von Bauteilen mit Oberflächen reduziert werden kann.

25 Dadurch, dass die mechanisch vorbearbeitete Oberfläche derart laserstrukturiert wird, dass bezogen auf das Niveau der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden, kann an der Oberfläche
30 berührungslos die definierte Rauigkeit mit geringem Zeitaufwand erzeugt werden kann, und zwar ohne die Gefahr, dass die Lebensdauer der Bauteils reduziert wird.



Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die
nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der
jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen
Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den
5 Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Das erfindungsgemäße metallische Bauteil, bei welchem es sich
insbesondere um ein Pleuel oder eine Nocke eines
Kraftfahrzeugs handelt, weist eine mechanisch vorbearbeitete
10 Oberfläche auf, die mittels eines Laserstrahls
laserstrukturiert ist, wobei die mechanisch vorbearbeitete
Oberfläche derart laserstrukturiert ist, dass bezogen auf das
Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch
keine Vertiefungen gebildet sind.

15

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung
dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher
erläutert. Es zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Pleuels mit einer zu
bearbeitenden Oberfläche;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht des Pleuels zur
Erläuterung der Laserstrukturierung;

25

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht der Oberfläche nach
Laserstrukturierung;

Fig. 4a eine REM-Aufnahme einer Oberfläche nach
30 Laserstrukturierung

Fig. 4b eine schematische Darstellung der Oberfläche der
Fig. 4a; und



8

Fig. 5b eine schematische Schnittansicht der strukturierten Oberfläche zur Erläuterung einer reibschlüssigen Verbindung mit einem zweiten Bauteil.

- 5 In Fig. 1 ist ein Pleuel eines Kraftfahrzeugs schematisch dargestellt und allgemein mit 10 bezeichnet. Das Pleuel 10 ist vorzugsweise aus Titan bzw. einer Titanlegierung gebildet. Dasselbe kann aber auch aus Stahl gebildet sein. Das Pleuel 10 weist eine Ausnehmung 12 auf, die ein großes Pleuelauge 10 bildet. An der Ausnehmung 12 ist eine innere Oberfläche 14 gebildet, die eine Anlagefläche für eine Lagerschale des Pleuels 10 bildet. Die innere Oberfläche 14 bildet eine innere Umfangsfläche des Pleuelauges.
- 15 Die innere Oberfläche 14 ist wie das Pleuel 10 selbst vorzugsweise aus Titan oder auch aus Stahl gebildet, wobei zwischen einer hier nicht dargestellten Lagerschale und der inneren Oberfläche 14 üblicherweise eine reibschlüssige Verbindung gebildet wird. Die Lagerschale bildet üblicherweise 20 mit einem Hubzapfen einer Kurbelwelle ein Gleitlager.

Zur Bildung einer reibschlüssigen Verbindung zwischen der inneren Oberfläche 14 und der Lagerschale wird die innere Oberfläche 14 üblicherweise zunächst mittels Feinbohren 25 mechanisch vorbearbeitet, um die Ausnehmung 12 auf einen vordefinierten Durchmesser zu schleifen.

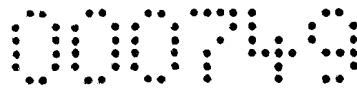
Da dieser Schritt des Feinbohrens geradlinige Strukturen an der inneren Oberfläche 14 in Umfangsrichtung bildet und die 30 Oberfläche einen geringen Reibkoeffizienten aufweist, muss nach dem Stand der Technik die innere Oberfläche 14 nach dem Schritt des Feinbohrens aufgeraut werden bzw. strukturiert werden, um eine definierte und ausreichende Rauigkeit zu erzielen.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird nach dem mechanischen Vorbearbeitungsschritt, bei welchem es sich vorzugsweise um Feinbohren handelt, die innere Oberfläche 14, die vorzugsweise eine zu bearbeitende Titanoberfläche bildet, mittels eines Laserstrahls definiert strukturiert bzw. definiert aufgeraut, um einen entsprechenden Rauheitswert für eine reibschlüssige Verbindung mit der Lagerschale zu erzielen. Dabei erfolgt das Laserstrahlstrukturieren derart, dass an der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche 14 bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden.

In Fig. 2 ist eine schematische Schnittansicht des Pleuels 10 zur Erläuterung der Laserstrukturierung gezeigt. Die innere Oberfläche 14 wird bei der Laserstrukturierung mittels eines Laserstrahls 16 bestrahlt, so dass entsprechende Laserstrukturen durch Aufschmelzen der Oberfläche aus vorzugsweise Titan entstehen und so eine Strukturierung und eine entsprechende Oberflächenrauigkeit erzielt werden kann. Der Laserstrahl 16 ist dabei ein gepulster Laserstrahl und vorzugsweise ein Nd YAG-Laserstrahl. Der Laserstrahl 16 wird vorzugsweise durch einen Galvoscaner mit zwei Spiegeln entlang der zu bearbeitenden Oberfläche 14 gelenkt bzw. bewegt.

25

Der Laserstrahl weist eine definierte Spotbreite auf. Die innere Umfangsfläche 14 wird durch den Laserstrahl 16, der in Bearbeitungspuren entlang der Umfangsfläche 14 mit einer definierten Vorschubgeschwindigkeit bewegt wird, vorzugsweise an unterschiedlichen Winkelabschnitten bestrahlt, wobei einzelne beabstandete Strukturierungsbereiche 18 oder Flächen an der inneren Oberfläche 14 erzeugt werden. Die Spurbreite einer Bearbeitungspur entspricht der Spotbreite des Lasers.



10

Vorzugsweise werden an der inneren Oberfläche 14 zwei Strukturierungsbereiche 18 erzeugt, die jeweils einen Winkelabschnitt von 150° überspannen und jeweils durch einen nicht strukturierten Bereich 19 von 2° voneinander getrennt sind. Insgesamt ergeben sich vier Strukturierungsbereiche 18 bzw. Strukturierungsfelder 18, die jeweils einen Winkelabschnitt von 74° überdecken, wie es schematisch in Fig. 1 dargestellt ist. Die Strukturierungsbereiche sind in der Ausnehmung 12 vorzugsweise in axialer Richtung der Ausnehmung 12 mittig ausgerichtet, um einen besonders symmetrischen Reibwert zu bilden.

Um beim Laserstrahlstrukturieren an der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche 14 bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen ausschließlich Erhebungen jedoch keine Vertiefungen auszubilden, wird bei einem Stahlbauteil der vorzugsweise gepulste Laserstrahl mit einer mittleren Strahlleistung von $9 \pm 0,5$ Watt betrieben. Beim Laserstrahlstrukturieren eines Stahlbauteils beträgt die Vorschubgeschwindigkeit des gepulsten Laserstrahls 500 bis 700 mm/s, die Pulsfrequenz des gepulsten Laserstrahls beträgt 40 ± 3 kHz, die Pulsdauer beträgt in etwa 5 μ s. Die Spurbreite einer Bearbeitungspur des Laserstrahls beträgt 50 ± 20 μ m.

Bei einem Titanbauteil wird der vorzugsweise gepulste Laserstrahl mit einer mittleren Strahlleistung von $8 \pm 0,5$ Watt betrieben. Beim Laserstrahlstrukturieren eines Titanbauteils beträgt die Vorschubgeschwindigkeit des gepulsten Laserstrahls 250 bis 350 mm/s, die Pulsfrequenz des gepulsten Laserstrahls beträgt 60 ± 3 kHz, die Pulsdauer beträgt in etwa 5 μ s. Die Spurbreite einer Bearbeitungspur des Laserstrahls beträgt 50 ± 20 μ m.



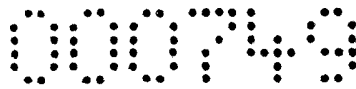
Bei einer solchen materialabhängigen, mittleren Strahlleistung, Vorschubgeschwindigkeit, Pulsfrequenz und Pulsdauer entsteht an der Oberfläche mit der Topographie der mechanischen Vorbearbeitung dort, wo der Laserstrahl Energie einträgt, eine lokale Schmelze.

Beim Abkühlen der Schmelze bleibt die Topographie von der mechanischen Vorbearbeitung nicht erhalten, sondern aufgrund der Wärmeausdehnung entstehen erhabene Strukturen und damit Erhebungen bzw. Aufwürfe jedoch keine Vertiefungen bezogen auf das Oberflächenniveau mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche 14.

Grundsätzlich entstehen die erhabenen Strukturen beim Übergang von der Schmelze in die Dampfphase. Aufgrund des Abkühlungsgradienten, welche die momentane Übergangsstruktur sozusagen einfrieren, entstehen feine nach oben gerichtete Grate. Dabei ist das Schmelzbad unruhig und es entstehen Gaseinschlüsse, die in der erstarrten Schmelze eine geringere Dichte generieren, wodurch die Volumenbilanz ausgeglichen wird und somit keine Vertiefungen entstehen. Durch abweichende Parametrierung können auch Vertiefungen entstehen, die jedoch für den Zweck der Reibungserhöhung tribologisch nicht relevant sind.

25

In Fig. 3 ist eine schematische Schnittansicht der inneren Oberfläche 14 dargestellt. Die innere Oberfläche 14 weist eine regelmäßige Oberflächenstruktur auf, die durch den mechanischen Vorbearbeitungsschritt des Feinbohrens erzeugt ist und in der Umfangsrichtung der Ausnehmung 12 ausgerichtet ist. Die Oberflächenstruktur weist im Allgemeinen eine Höhe R auf, wie es in Fig. 3 schematisch dargestellt ist.



Die innere Oberfläche 14 bzw. die Oberfläche 14 der Ausnehmung 12 weist ferner eine Mehrzahl von Erhebungen bzw.

Schmelzgraten 20 auf, die durch die Laserstrukturierung an der Oberfläche vorzugsweise aus Titan erzeugt wurden.

5

Die Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20 weisen eine Höhe h auf, die bis 10 μm groß, insbesondere bis 5 μm groß, ist. Die Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20 können die Rauigkeit der Oberfläche aus vorzugsweise Titan signifikant erhöhen, so dass
10 eine reibschlüssige Verbindung mit einem anderen Bauteil wie z.B. der Lagerschale möglich ist.

In Fig. 4a ist eine Rasterelektronenmikroskop (REM) Aufnahme der inneren Oberfläche 14 und in Fig. 4b eine schematische
15 Ansicht dieser inneren Oberfläche 14 dargestellt.

Die Oberflächenstruktur, die durch das Feinbohren erzeugt wurde, ist durch parallele Streifen gebildet, die in der Umfangsrichtung der Ausnehmung 12 ausgerichtet sind. Die
20 Umfangsrichtung ist in Fig. 4 schematisch durch einen Pfeil 22 dargestellt.

Die Laserstrukturen, nämlich Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20, die durch den Laserstrahl 16 auf der inneren Oberfläche 14
25 entlang der Bearbeitungsspuren des Laserstrahls 16 erzeugt wurden, sind als überlappende Kreisstrukturen ausgebildet, die vorzugsweise in parallelen geradlinigen Linien aus sich jeweils überlappenden Kreisstrukturen auf der inneren Oberfläche 14 ausgebildet sind. Die Bearbeitungsspuren bzw.
30 die geradlinigen parallelen Linien sind orthogonal zu der Umfangsrichtung 22 und damit Belastungsrichtung des Pleuels im Betrieb ausgerichtet, wie es durch einen Pfeil 24 in Fig. 4 gezeigt ist.



13

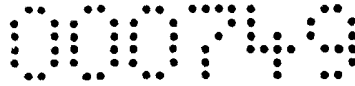
Durch die Ausrichtung der Laserstrukturen auf der inneren Oberfläche 14 kann in der Umfangsrichtung 22 ein erhöhter Reibkoeffizient erzielt werden, wodurch eine drehfeste Verbindung zwischen der inneren Oberfläche 14 und der
5 Lagerschale gebildet werden kann.

Die kreisförmigen Laserstrukturen, nämlich die Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20, bzw. die parallelen Linien aus sich jeweils überlappenden Kreisstrukturen weisen eine Strukturbreite b von
10 $50 \pm 20 \mu\text{m}$, vorzugsweise $65 \mu\text{m}$, auf.

Die Laserstrukturen, nämlich die Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20, weisen ferner einen Abstand a von mindestens 50% der Spurbreite der Bearbeitungspuren und damit der Strukturbreite
15 b , vorzugsweise einen Abstand a von $55 \mu\text{m}$ auf. Der Überdeckungsgrad der einzelnen kreisförmigen Strukturen innerhalb jeder Bearbeitungspur beträgt vorzugsweise 60% oder 60-80%.

20 Durch die so ausgebildeten Erhebungen bzw. Schmelzgrate 20 in kreisförmigen Laserstrukturen, die überlappend in geradlinigen Reihen auf der inneren Oberfläche 14 angeordnet sind, kann der Reibkoeffizient der Oberfläche der Ausnehmung 12 signifikant erhöht werden, so dass eine reibschlüssige Verbindung mit
25 einem zweiten Bauteil wie z.B. der Lagerschale gebildet werden kann.

In Fig. 5a, b ist die innere Oberfläche 14 in einer schematischen Schnittansicht zusammen mit der Lagerschale 26
30 dargestellt. Die Lagerschale 26 wird mit der inneren Oberfläche 14 in Kontakt gebracht, wie es in Fig. 5a schematisch durch Pfeile 28 angedeutet ist, wobei die innere Oberfläche 14 durch die Lasergrate 20 mit der Lagerschale 26 eine reibschlüssige Verbindung bildet, wie es in Fig. 5b



14

gezeigt ist. Dadurch kann eine drehfeste Verbindung zwischen der Lagerschale 26 und der inneren Oberfläche 14 mit technisch geringem Aufwand gebildet werden und zwar durch die Strukturierung mittels des Laserstrahls 16.

5

Es versteht sich, dass das Verfahren zum Strukturieren der Oberfläche auch für andere Oberflächen anwendbar ist, z.B. für Nocken, die eine reibschlüssige Verbindung mit einem Wellenrohr bilden sollen und zusammen eine Nockenwelle eines Kraftfahrzeugs bilden.

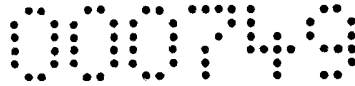
Ein erfindungsgemäßes metallisches Bauteil 10 ist insbesondere als Pleuel oder Nocke eines Kraftfahrzeugs ausgeführt.

Dasselbe weist eine mechanisch vorbearbeitete Oberfläche 14 auf, die mittels eines Laserstrahls 16 laserstrukturiert ist. Die mechanisch vorbearbeitete Oberfläche 14 ist derart laserstrukturiert ist, dass bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet sind.

20

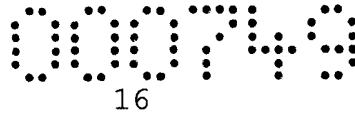
Die Erhebungen sind in einer Mehrzahl von Spuren aus Erhebungen auf der zu bearbeitenden Oberfläche 14 ausgebildet, die entlang der Bearbeitungspuren des Laserstrahls ausgebildet werden. Innerhalb einer Spur weisen die Erhebungen eine Überlappung von vorzugsweise 60-80% auf, wobei unmittelbar benachbarte Spuren aus Erhebungen überlappungsfrei beabstandet sind.

Beim metallisches Bauteil handelt es sich vorzugsweise ein Titanbauteil, insbesondere um ein Titanpleuel einer Brennkraftmaschine.



Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten einer Oberfläche (14) eines metallischen Bauteils (10), insbesondere eines Pleuels oder
5 einer Nocke für ein Kraftfahrzeug, mit den Schritten:
 - Bereitstellen eines metallischen Bauteils (10), das eine zu bearbeitende Oberfläche (14) aufweist,
 - mechanisch Vorbearbeiten der zu bearbeitenden Oberfläche (14),
 - 10 - Strukturieren der mechanisch vorbearbeiteten Oberfläche (14) mittels eines Laserstrahls (16),
dadurch gekennzeichnet, dass
die mechanisch vorbearbeitete Oberfläche (14) derart
laserstrukturiert wird, dass bezogen auf das Niveau derselben
15 als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu bearbeitende Oberfläche (14) eine innere Oberfläche (14)
20 einer Ausnehmung (12) des metallischen Bauteils (10) ist,
wobei der Laserstrahl (16) in einer Richtung orthogonal (24) zu einer Umfangsrichtung (22) der inneren Oberfläche (14) geführt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (16) gepulst entlang mindestens einer Bearbeitungsspur über die zu bearbeitende Oberfläche (14) geführt wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen, die innerhalb einer Bearbeitungsspur ausgebildet sind, auf der zu bearbeitenden Oberfläche (14) überlappend gebildet werden und eine Überlappung von insbesondere $\geq 60\%$, vorzugsweise von 60-80%, aufweisen.



5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen in einer Mehrzahl von Bearbeitungsspuren aus sich jeweils überlappenden Erhebungen auf der zu
- 5 bearbeitenden Oberfläche (14) erzeugt werden, wobei die Bearbeitungsspuren überlappungsfrei voneinander beabstandet sind und vorzugsweise einen Abstand von mindestens 50% einer Spurbreite der Bearbeitungsspuren aufweisen.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen eine im Wesentlichen runde Form aufweisen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch
- 15 gekennzeichnet, dass die Erhebungen eine Breite von $< 100 \mu\text{m}$, vorzugsweise von $50 \pm 20 \mu\text{m}$, aufweisen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen eine Höhe $< 20 \mu\text{m}$,
- 20 insbesondere $< 5 \mu\text{m}$ aufweisen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das metallische Bauteil (10) ein Stahlbauteil, insbesondere ein Stahlblech ist, dessen
- 25 mechanisch vorbearbeitete Stahloberfläche (14) mit einer mittleren Strahlleistung von $9 \pm 0,5$ Watt laserstrukturiert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch
- 30 gekennzeichnet, dass das metallische Bauteil (10) ein Titanbauteil, insbesondere ein Titanblech ist, dessen mechanisch vorbearbeitete Titanoberfläche (14) mit einer mittleren Strahlleistung von $8 \pm 0,5$ Watt laserstrukturiert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das mechanische Vorbearbeiten auf der zu bearbeitenden Oberfläche (14) eine Oberflächenstruktur erzeugt, die in der Umfangsrichtung (22) der inneren Umfangsfläche (14) ausgerichtet ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die innere Umfangsfläche (14) in einer Mehrzahl von beabstandeten Winkelabschnitten (18) laserstrukturiert wird.
13. Metallisches Bauteil (10), insbesondere Pleuel oder Nocke eines Kraftfahrzeug, mit einer mechanisch vorbereiteten Oberfläche (14), die mittels eines Laserstrahls (16) laserstrukturiert ist, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanisch vorbereitete Oberfläche (14) derart laserstrukturiert ist, dass bezogen auf das Niveau derselben als Laserstrukturen zwar Erhebungen jedoch keine Vertiefungen gebildet sind.
14. Metallisches Bauteil (10) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen in einer Mehrzahl von Spuren aus Erhebungen auf der zu bearbeitenden Oberfläche (14) ausgebildet sind, wobei innerhalb einer Spur die Erhebungen eine Überlappung aufweisen und wobei unmittelbar benachbarte Spuren aus Erhebungen überlappungsfrei beabstandet sind.
15. Metallisches Bauteil (10) nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass dasselbe ein Titanbauteil ist.

Wien, am -9. Feb. 2017

Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Gehring Technologies GmbH

vertreten durch:

PATENTANWALTSKANZLEI
HÄUPL & ELLMEYER KG

MARIAHILFERSTRASSE 50 (KIRCHENGASSE 1)

18 / 22 A-1070 WIEN

TEL. 523 16 01

000749

1/4

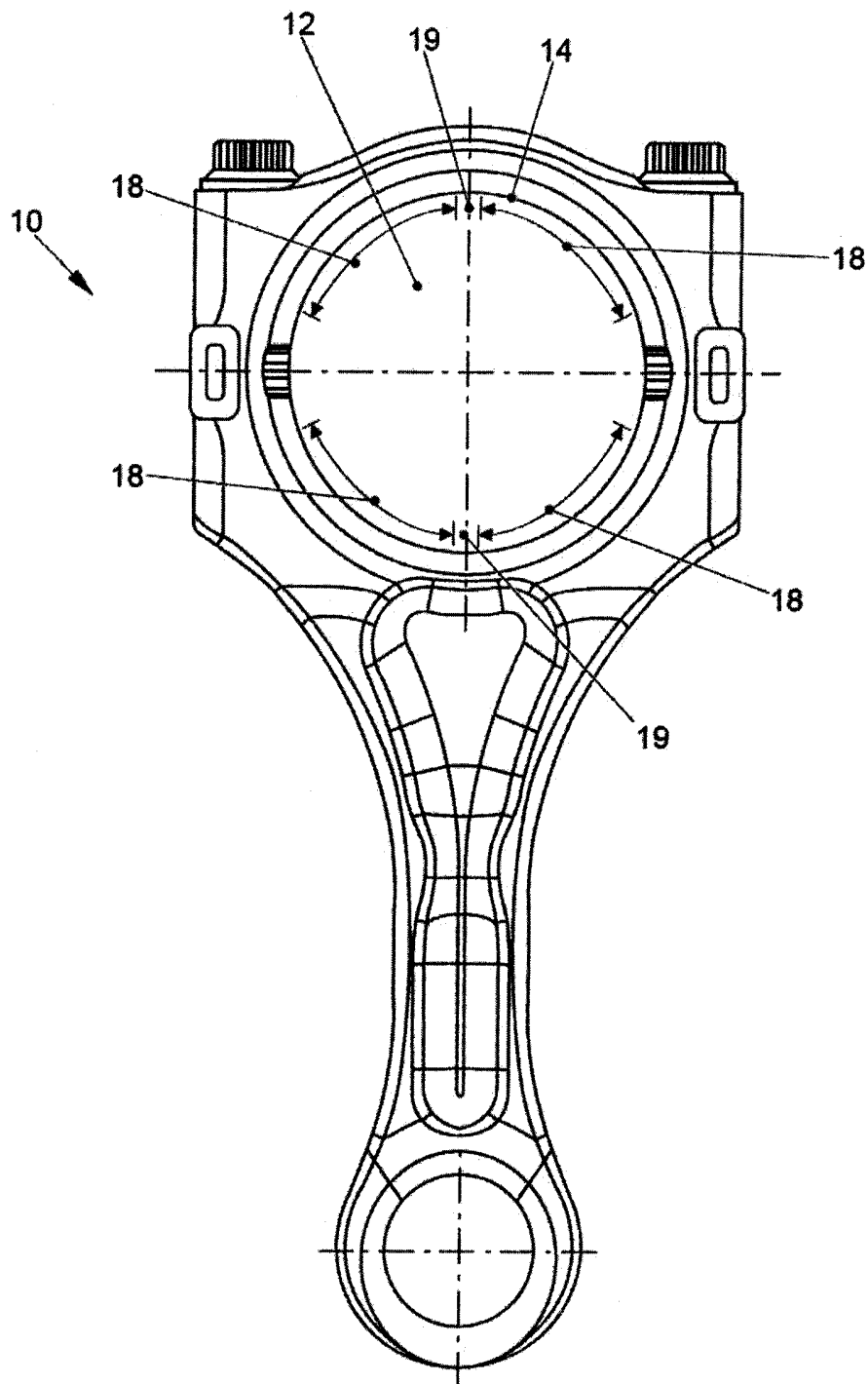


Fig. 1

000749

2/4

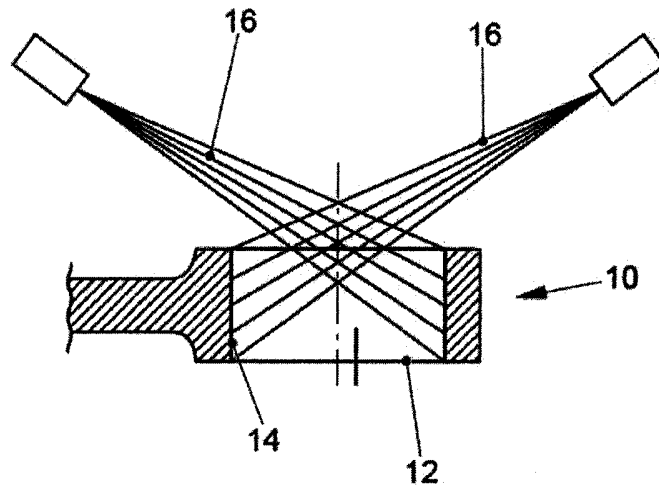


Fig. 2

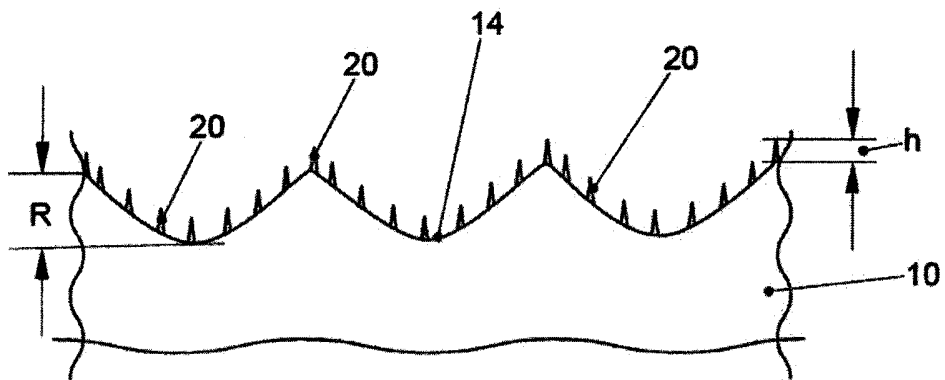


Fig. 3

000749

3/4

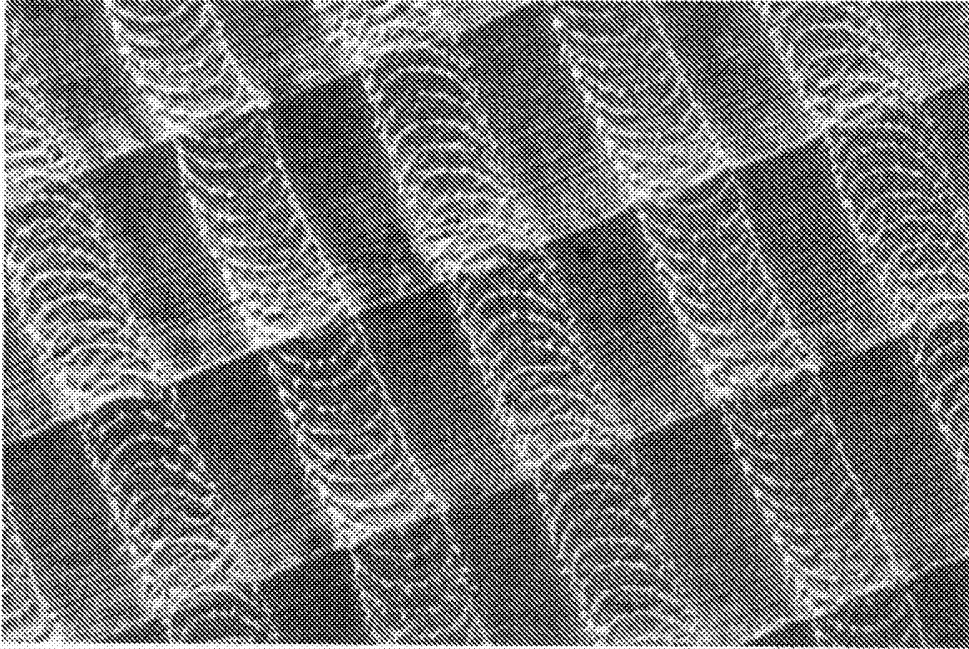


Fig. 4a

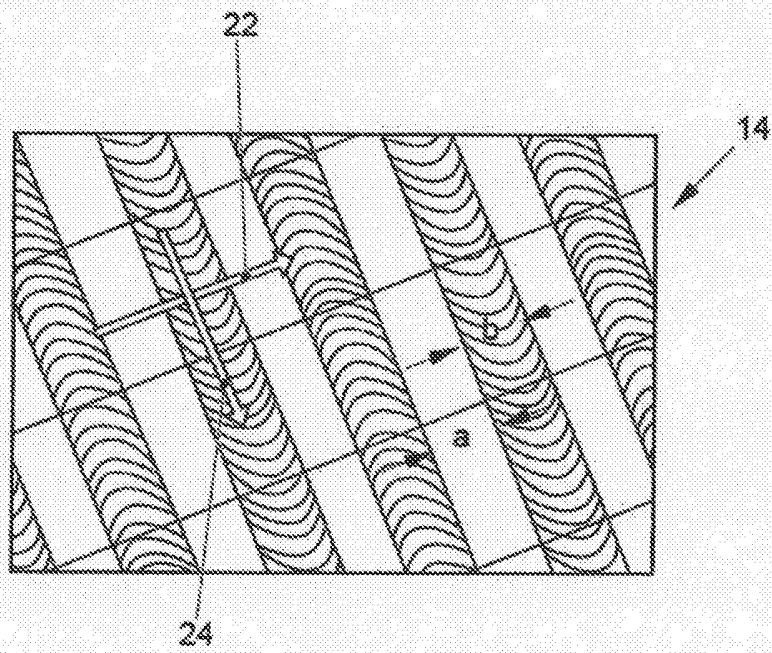


Fig. 4b

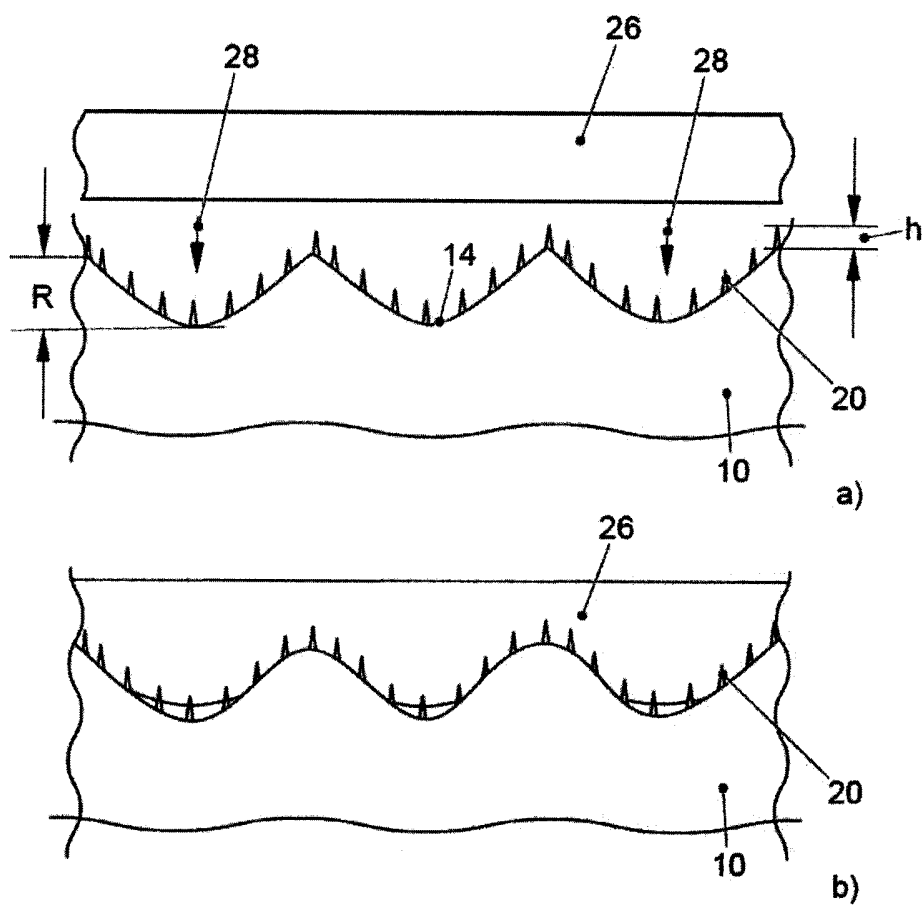


Fig. 5