



(11) **EP 1 103 344 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
02.01.2008 Patentblatt 2008/01

(51) Int Cl.:
B24B 33/02 ^(2006.01) **B24B 1/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **00122286.8**

(22) Anmeldetag: **20.10.2000**

(54) **Verfahren zum Bearbeiten von Oberflächen, insbesondere von Zylinderlaufflächen an Brennkraftmaschinen**

Method for machining surfaces, especially running faces of combustion-engine cylinders

Procédé d'usinage de surfaces, en particulier de surfaces de contact de cylindres de moteurs à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **20.11.1999 DE 19956306**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.05.2001 Patentblatt 2001/22

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Heinemann, Rolf, Dipl.-Ing.
38165 Lehre (DE)**
• **Färber, Klaus, Dipl.-Ing.
38158 Gifhorn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 176 803 EP-A- 0 818 271
DE-A- 4 438 550 DE-A- 19 711 756
DE-C- 19 708 402

EP 1 103 344 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 ein Verfahren zum Bearbeiten von Oberflächen, insbesondere von Zylinderlauf-
flächen an Brennkraftmaschinen mit einem, aus einer
Leichtmetall-Legierung bestehenden Zylinderkurbelge-
häuse, wobei in die Zylinderlaufflächen, die mittels Laser
aufgeschmolzen werden, Partikel eines härteren Mate-
rials einlegiert werden und wobei die Leichtmetall-Matrix
mit den einlegierten Hartstoffpartikeln nachfolgend in
mindestens einem Verfahrensschritt spanabhebend
und/oder honend bearbeitet wird.

[0002] Für die Konstruktion moderner Brennkraftma-
schinen sind zunehmend ökologisch begründete Forde-
rungen zu beachten, von denen gegenwärtig die Redu-
zierung von Kraftstoffverbrauch und Abgasemission pri-
mär ist. Neben konstruktiven Entwicklungen werden hier-
bei auch die Vorteile neuer Werkstoffe genutzt, wobei
zahlreiche konstruktive Änderungen ohnehin erst durch
den Einsatz neuer Werkstoffe möglich sind. Sofern das
Zylinderkurbelgehäuse beispielsweise aus Leichtmetall
gefertigt wird, sind gegenüber konventionellem Grauguß
eine erhebliche Gewichtseinsparung und eine höhere
Belastbarkeit im Motorbetrieb möglich. Diese Vorteile
können jedoch durch andere Parameter beeinträchtigt
werden, insbesondere durch das Reib- und
Verschleißverhalten an Oberflächenpaarungen, die re-
lativ zueinander bewegt werden. Eine solche Problem-
stelle sind die Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschi-
nen mit der Bauteilpaarung von Kolben und Zylinder. Für
diese Laufflächen sind zusätzliche Bearbeitungen not-
wendig, um sogenannte "tribologische" Laufbahnen zu
schaffen, die ein weitgehend optimales Reibungsverhal-
ten bewirken.

[0003] In EP 176 803 A1 wird ein Verfahren zur Her-
stellung eines Zylinderblocks aus Leichtmetall beschrie-
ben. Zunächst wird der aus einer Aluminium-Legierung
bestehende Zylinderblock gegossen. Anschließend wird
auf die Zylinderlaufflächen Silizium aufgetragen, das
nachfolgend mittels Laserstrahl aufgeschmolzen wird, so
dass sich eine mit Silizium übersättigte Randschicht bil-
det.

[0004] Das Verfahren zur Beschichtung von Werk-
stückoberflächen gemäß DE 197 11 756 A1 schlägt vor,
auf die Zylinderlaufflächen von Hubkolbenmaschinen eine
pulverförmige Legierung mit einer Silizium aufweisen-
den Leichtmetall-Matrix thermisch aufzuspritzen.

[0005] Im Ergebnis der Verfahren nach EP 176 803
A1 und DE 197 11 756 A1 weisen die einer Reibung
ausgesetzten Bereiche, im vorliegenden Anwendungs-
fall also die Zylinderlaufflächen, eine Beschichtung auf.
Diese Beschichtung wird mit einem spanabhebenden
Verfahren nochmals bearbeitet, um die erforderliche
Maßgenauigkeit zu erreichen. Damit auch die notwendi-
ge Oberflächenbeschaffenheit erreicht wird, folgt der
spanabhebenden Bearbeitung überwiegend noch ein
Honvorgang. Mit diesen Verfahren können grundsätzlich
verschleißfeste, tribologisch günstige Zylinderlaufflä-

chen geschaffen werden. Die Gewährleistung einer, über
die gesamte Zylinderlauffläche homogenen Oberfläche
ist allerdings fragwürdig. Ferner sind zahlreiche ferti-
gungstechnische Voraussetzungen erforderlich. Diese
können zwar für Prototypen und Kleinserien geschaffen
werden, eine Realisierung in der Serienfertigung mit ho-
hen Stückzahlen ist jedoch nur bedingt möglich.

[0006] Unabhängig vom gewählten Bearbeitungsver-
fahren ist für die Funktionalität der Zylinderlaufflächen
ein teilweises Herausragen der härteren Partikel aus der
Leichtmetall-Matrix zweckmäßig. Hierfür werden nach
dem Honvorgang die in der Lauffläche liegenden, härter
als das Grundgefüge der Legierung ausfallenden Parti-
kel derart freigelegt, dass Plateauflächen der Partikel ge-
genüber der sonstigen Oberfläche des Grundgefüges
hervorstehen. Das Freilegen der härteren Partikel erfolgt
bisher überwiegend durch Ätzung, wobei durch das
Rücksetzen der Leichtmetall-Matrix die scharfkantigen
Ränder der Kristalle freigelegt werden. Diese scharfen
Kanten sind nachteilig und können zumindest in der Ein-
laufphase des Motors zum Beispiel Beschädigungen am
Kolbenring ergeben. Das Ätzverfahren ist außerdem ko-
stenintensiv und unter Berücksichtigung von Umwelta-
spekten problematisch. Deshalb wird ein Ersatz dieser
Bearbeitung durch andere Verfahrensschritte ange-
strebt.

[0007] Um dem Problem der scharfen Kanten zu be-
ggnen, wird mit der DE 44 38 550 A1 vorgeschlagen,
eingelagerte Silizium-Kristalle so mechanisch freizule-
gen, dass freigelegte Plateauflächen der Kristalle an ih-
ren Rändern ballig oder verrundet in den Legierungs-
werkstoff übergehen. Scharfkantige Absätze sollen
durch diese Maßnahme vermieden werden. Auch die EP
0 818 271 B1 sieht eine mechanische Verrundung der
Hartstoffpartikel vor.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, ein weiter verbes-
sertes Bearbeitungsverfahren für Oberflächen aus
Leichtmetall-Legierungen zu schaffen, mit dem ein Frei-
legen der Partikel aus härterem Material ohne Ätzung
möglich ist. Mit diesem Verfahren sollen insbesondere
bei einer Serienfertigung von Brennkraftmaschinen Zy-
linderlaufflächen mit guten tribologischen Eigenschaften
erzeugt werden.

[0009] Diese Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst,
indem zunächst Partikel härteren Materials so in die Zy-
linderlaufflächen einlegiert werden, dass Kristalle mit ei-
ner annähernd kugelförmigen Kontur, zumindest jedoch
einer gerundeten Kontur ausgebildet werden und nach-
folgend die Zylinderlaufflächen gehont werden und an-
schließend eine weitere mechanische Bearbeitung mit-
tels einer feinklassierten Honahle erfolgt, durch die die
Kristalle des härteren Materials freigelegt werden. Nach-
folgend kann eine weitere mechanische Bearbeitung mit-
tels einer Honahle erfolgen, wobei die Zylinderlaufflä-
chen feinstrukturiert werden. Weitere vorteilhafte Ausge-
staltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 10 beschrieben.

[0010] Durch Anwendung des vorgeschlagenen Ver-
fahrens können die tribologischen Eigenschaften der Zy-

linderlaufflächen von Brennkraftmaschinen auch unter den Bedingungen einer Serienfertigung wesentlich verbessert werden. In vorteilhafter Weise erfolgt das Freilegen der härteren Partikel ohne Anwendung ätzender Mittel. Durch die sanften Konturen der Partikel aus dem härteren Material werden Beschädigungen von Kolbenring und Kolben weitgehend ausgeschlossen. Die Kombination von Erhebungen (Kristallpartikel) und Vertiefungen (Feinstruktur) ergibt funktionelle Vorteile in der Einlaufphase, insbesondere ein gutes Haften des Ölfilms sowie die Vermeidung mechanischer Störungen durch die wirkenden Kolbendruckkräfte. Die Erhebungen und Vertiefungen werden durch wechselseitigen Abtrag und Auftrag im Motorbetrieb zunehmend ausgeglichen. Durch das erreichbare gute Reibungsverhalten der Bauteilpaarung von Kolben und Zylinder werden die Reibungsverluste reduziert. In deren Folge vermindern sich zunächst der Kraftstoff- und Ölverbrauch und schließlich auch die Abgasemissionen der Brennkraftmaschine.

[0011] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bearbeiten von Oberflächen beschrieben. Hierbei wird Bezug auf die Zeichnung genommen, die in schematischer Darstellung eine Zylinderlauffläche zeigt, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeitet worden ist.

[0012] Das Verfahren wird vorzugsweise zur Bearbeitung von Zylinderlaufflächen 1 an Brennkraftmaschinen angewendet. Das Zylinderkurbelgehäuse 2 dieser Brennkraftmaschine besteht aus einer Leichtmetall-Legierung. Es wird eine Legierung gewählt, die relativ einfach im Gussprozess zu handhaben ist, zum Beispiel eine Aluminium-Legierung. Durch das Einschmelzen von härteren Komponenten werden nachträglich jene Bereiche des Zylinderkurbelgehäuses 2 veredelt, die bei der späteren bestimmungsgemäßen Nutzung einer Reibung ausgesetzt sein werden. Dies betrifft die Zylinderlaufflächen 1, deren Eigenschaften das Reibungs- und Verschleißverhalten der Bauteilpaarung von Kolben und Zylinder bestimmen. Der Kolben ist in der Zeichnung nicht näher dargestellt, lediglich seine Bewegung ist durch einen Pfeil stilisiert.

[0013] Die Zylinderlaufflächen 1 werden mittels Laser aufgeschmolzen. In das Schmelzbad werden Partikel eines härteren Materials eingebracht, um somit eine verschleißfeste, tribologisch günstige Lauffläche 1 zu erhalten. Bedingt durch die Prozeßführung entsteht bei der Erstarrung infolge der Selbstabschreckung und einer gegebenenfalls zusätzlichen Kühlung eine feinkristalline Struktur. Durch das Einlegieren liegen im Idealfall Kristalle 3 mit einer annähernd kugelförmigen Kontur vor, zumindest jedoch mit einer gerundeten Kontur ohne scharfe Kanten. Die Größe dieser Kristalle 3 sollte maximal 50,0 μm betragen und wird überwiegend in einem Bereich zwischen 5,0 μm und 20,0 μm liegen. Als härteres Material kann vollaufgeschmolzenes nickelhaltiges oder wolframhaltiges Material in die Zylinderlauffläche 1 einlegiert werden. Vorzugsweise wird jedoch ein siliziumhaltiges Material verwendet. Dabei weist die mittels

Laser erstellte Schicht der Zylinderlauffläche 1 nach Abschluß der Einlegierung einen Anteil von 15 bis 53 Vol. % Silizium auf.

[0014] Nachfolgend wird eine spanabhebende und/oder honende Bearbeitung durchgeführt. Hierbei ist vorgesehen, daß die Zylinderlaufflächen 1 gehont werden. Die feinkristalline Schicht bedarf zur Freilegung keiner Ätzung. Vielmehr erfolgt nunmehr eine weitere mechanische Bearbeitung mittels einer feinklassierten Honahle. In diesem Verfahrensschritt wird die Leichtmetall-Matrix zurückgestellt, d.h., die Kristalle 3 des härteren Materials werden mechanisch freigelegt und stehen als Platteauflächen gegenüber der sonstigen Oberfläche hervor. Durch die gerundete Kontur der Kristalle 3 brechen diese beim Honen nicht aus. Außerdem wirken die Kristalle 3 aufgrund dieser Kontur kaum abrasiv, so daß auch der Verschleiß gering ist. Die Höhe "H" der Freilegung der Kristalle 3 des härteren Materials beträgt maximal 1,0 μm . Vorzugsweise wird ein Bereich zwischen 0,1 μm und 0,3 μm genutzt.

[0015] Danach erfolgt eine weitere mechanische Bearbeitung mittels einer Honahle. In diesem Verfahrensschritt werden die Zylinderlaufflächen 1 feinstrukturiert, indem zusätzliche Vertiefungen 4 in die Oberfläche 1 eingebracht werden. Während dieser Bearbeitung können unmittelbar neben den Vertiefungen 4 auch Erhebungen 5 ausgestaltet werden. Die Feinstrukturierung der Zylinderlauffläche 1 weist eine Tiefe "T" von maximal 2,0 μm auf. Vorzugsweise wird ein Bereich zwischen 0,1 μm und 0,5 μm genutzt. Diese Ausgestaltung ergibt Vorteile für den Betrieb der Brennkraftmaschine in der Einlaufphase, indem die Ölversorgung begünstigt wird. Das Öl kann sich dabei in den Vertiefungen 4 sammeln. Gleichzeitig werden durch die Kombination von Vertiefungen 4 und Erhebungen 5 in der Einlaufphase Schäden (Verquetschung, Riefenbildung usw.) ausgeschlossen, die ansonsten durch die Kolbendruckkräfte und eine eventuell unzureichende Schmierung entstehen könnten. Die Erhebungen 5 und Vertiefungen 4 unterliegen mit zunehmender Betriebsdauer der Brennkraftmaschine einer Selbstglättung durch wechselseitigen Abtrag und Auftrag von Material. Demzufolge entsteht eine Zylinderlauffläche 1 mit sehr guten tribologischen Eigenschaften.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Oberflächen, insbesondere von Zylinderlaufflächen (1) an Brennkraftmaschinen mit einem, aus einer Leichtmetall-Legierung bestehenden Zylinderkurbelgehäuse, wobei in die Zylinderlaufflächen (1), die mittels Laser aufgeschmolzen werden, Partikel eines härteren Materials einlegiert werden, und wobei die Leichtmetall-Matrix mit den einlegierten Hartstoffpartikeln nachfolgend in mindestens einem Verfahrensschritt spanabhebend und/oder honend bearbeitet wird derart, dass die Zylinderlaufflächen (1) zunächst gehont werden

und anschließend eine weitere mechanische Bearbeitung mittels einer feinklassierten Honahle erfolgt, durch die die Kristalle (3) des härteren Materials freigelegt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel härteren Materials so einlegiert werden, dass Kristalle (3) mit einer annähernd kugelförmigen Kontur, zumindest jedoch mit einer gerundeten Kontur ausgebildet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nachfolgend eine weitere mechanische Bearbeitung mittels einer Honahle erfolgt, wobei die Zylinderlaufflächen (1) feinstrukturiert werden. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe "H" der Freilegung der Kristalle (3) des härteren Materials maximal 1,0 µm beträgt und vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,1 µm und 0,3 µm liegt. 15
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe "T" der Feinstrukturierung der Zylinderlauffläche (1) maximal 2,0 µm beträgt und vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,1 µm und 0,5 µm liegt. 20
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Zylinderkurbelgehäuse eine Aluminium-Legierung verwendet wird. 25
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als härteres Material vollaufgeschmolzenes siliziumhaltiges Material in die Zylinderlauffläche (1) einlegiert wird. 30
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Siliziumkristalle maximal 50,0 µm beträgt und vorzugsweise in einem Bereich zwischen 5,0 µm und 20,0 µm liegt. 35
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels Laser erstellte Schicht der Zylinderlauffläche (1) einen Anteil von 15 bis 53 Vol.% Silizium aufweist. 40
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als härteres Material vollaufgeschmolzenes nickelhaltiges Material in die Zylinderlauffläche (1) einlegiert wird. 45
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als härteres Material vollaufgeschmolzenes wolframhaltiges Material in die Zylinderlauffläche (1) einlegiert wird. 50

Claims

1. Method for machining surfaces, in particular cylinder faces (1) of internal combustion engines having a cylinder crankcase which is composed of a light metal alloy, with particles of a relatively hard material being alloyed into the cylinder faces (1) which are melted by means of lasers, and with the light metal matrix with the alloyed-in hard material particles subsequently being machined, in at least one method step, in a cutting and/or honing fashion in such a way that the cylinder faces (1) are initially honed and a further mechanical machining process subsequently takes place by means of a finely classified honing tool, as a result of which the crystals (3) of the relatively hard material are exposed, **characterized in that** the particles of the relatively hard material are alloyed in in such a way that crystals (3) with an approximately spherical contour, but at least with a rounded contour, are formed. 5
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** a further mechanical machining process subsequently takes place by means of a honing tool, with the cylinder faces (1) being finely structured. 10
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the height "H" of the exposure of the crystals (3) of the relatively hard material is at most 1.0 µm and is preferably in a range between 0.1 µm and 0.3 µm. 15
4. Method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the depth "T" of the fine structuring of the cylinder face (1) is at most 2.0 µm and is preferably in a range between 0.1 µm and 0.5 µm. 20
5. Method according to Claim 1, **characterized in that** an aluminium alloy is used for the cylinder crankcase. 25
6. Method according to Claim 1, **characterized in that** fully-melted silicon-containing material is alloyed in as a relatively hard metal into the cylinder face (1). 30
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the size of the silicon crystals is at most 50.0 µm and is preferably in a range between 5.0 µm and 20.0 µm. 35
8. Method according to Claims 1 or 6, **characterized in that** the layer, which is produced by means of lasers, of the cylinder face (1) has a proportion of 15 to 53 % by volume of silicon. 40
9. Method according to Claim 1, **characterized in that** fully-melted nickel-containing material is alloyed in as a relatively hard material into the cylinder face (1). 45
10. Method according to Claim 1, **characterized in that**

fully-melted tungsten-containing material is alloyed in as a relatively hard material into the cylinder face (1).

maximum 50,0 μm et se situe de préférence dans la plage comprise entre 5,0 μm et 20,0 μm .

Revendications

1. Procédé d'usinage de surfaces, en particulier de surfaces de glissement (1) de cylindres de moteurs à combustion interne comportant un carter de vilebrequin de cylindres composé d'un alliage de métal léger, dans lequel on a allié des particules d'une matière plus dure dans les surfaces de glissement (1) des cylindres, qui sont fondues au moyen d'un laser, et dans lequel la matrice de métal léger avec les particules de matière dure incorporées est ensuite usinée en au moins une opération par enlèvement de copeaux et/ou par honage, de telle manière que les surfaces de glissement (1) des cylindres soient d'abord honées et que l'on effectue ensuite un usinage mécanique au moyen d'un alésoir de honage fin, par lequel les cristaux (3) de la matière plus dure sont dégagés, **caractérisé en ce que** les particules de matière plus dure sont alliées de telle manière qu'il se forme des cristaux (3) ayant un contour pratiquement sphérique, mais au moins un contour arrondi. 5
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue ensuite un autre usinage mécanique au moyen d'un alésoir de honage, dans lequel les surfaces de glissement (1) des cylindres sont finement structurées. 10
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la hauteur "H" du dégagement des cristaux (3) de la matière plus dure vaut au maximum 1,0 μm et se situe de préférence dans la plage comprise entre 0,1 μm et 0,3 μm . 15
4. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la profondeur "T" de la structure fine de la surface de glissement (1) des cylindres vaut au maximum 2,0 μm et se situe de préférence dans la plage comprise entre 0,1 μm et 0,5 μm . 20
5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise un alliage d'aluminium pour le carter de vilebrequin des cylindres. 25
6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise une matière contenant du silicium entièrement fondue comme matière plus dure pour l'alliage dans la surface de glissement (1) des cylindres. 30
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la grosseur des cristaux de silicium vaut au maximum 50,0 μm et se situe de préférence dans la plage comprise entre 5,0 μm et 20,0 μm . 35
8. Procédé selon les revendications 1 ou 6, **caractérisé en ce que** la couche de la surface de glissement (1) des cylindres, formée au moyen d'un laser, présente une teneur en silicium de 15 à 53 % en volume. 40
9. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise une matière contenant du nickel entièrement fondue comme matière plus dure pour l'alliage dans la surface de glissement (1) des cylindres. 45
10. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise une matière contenant du tungstène entièrement fondue comme matière plus dure pour l'alliage de la surface de glissement (1) des cylindres. 50

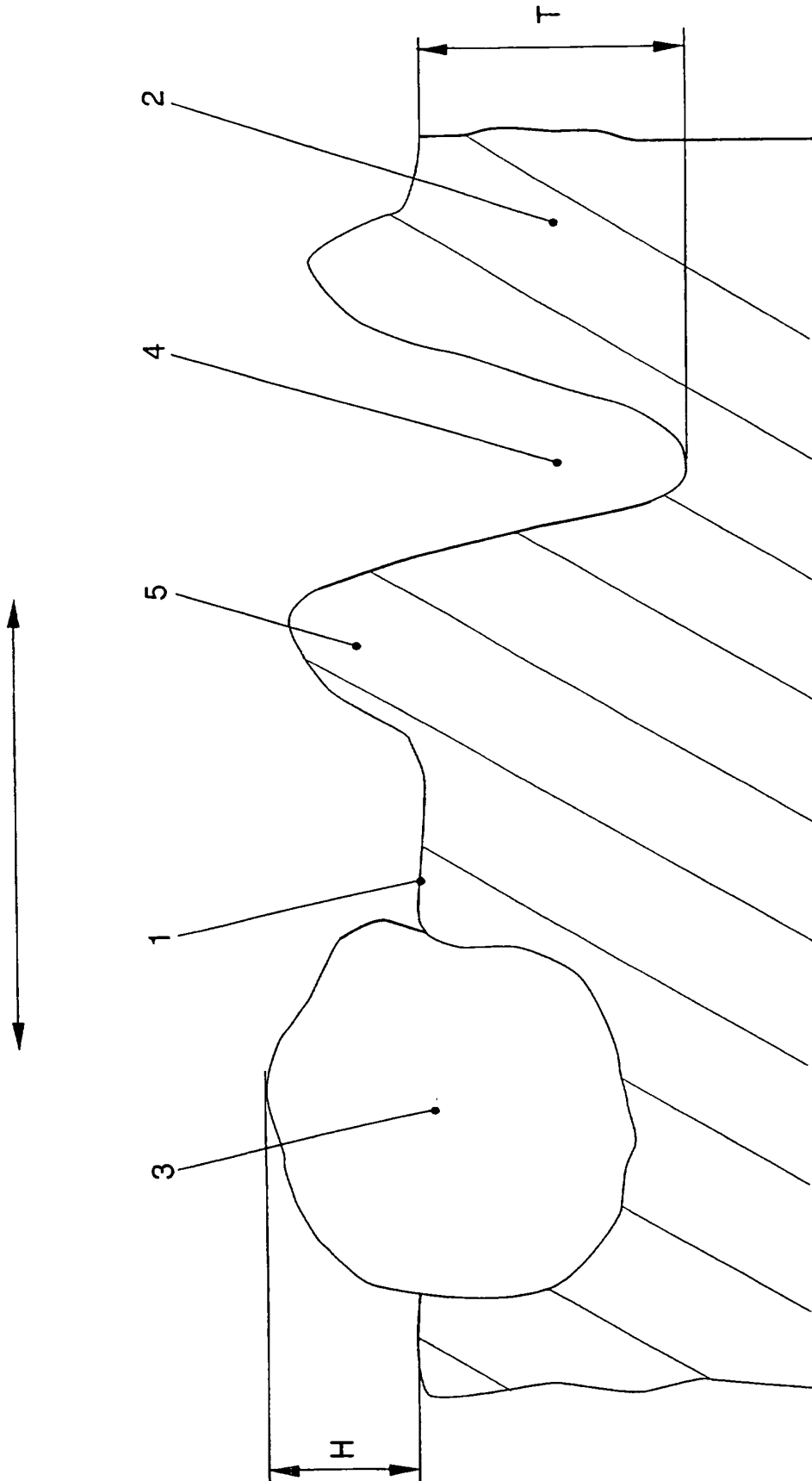


FIG. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 176803 A1 [0003] [0005]
- DE 19711756 A1 [0004] [0005]
- DE 4438550 A1 [0007]
- EP 0818271 B1 [0007]