

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. Juli 2016 (21.07.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/112904 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01L 1/16 (2006.01) *B23K 26/00* (2014.01)
C23C 14/58 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2016/200006

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Januar 2016 (11.01.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 200 476.7
14. Januar 2015 (14.01.2015) DE
10 2015 221 041.3
28. Oktober 2015 (28.10.2015) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **PÄTZOLD, Holger**; Schönbornstr. 24, 96138 Burgebrach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SLIDING SURFACE ON A MACHINE ELEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER GLEITFLÄCHE AN EINEM MASCHINENELEMENT

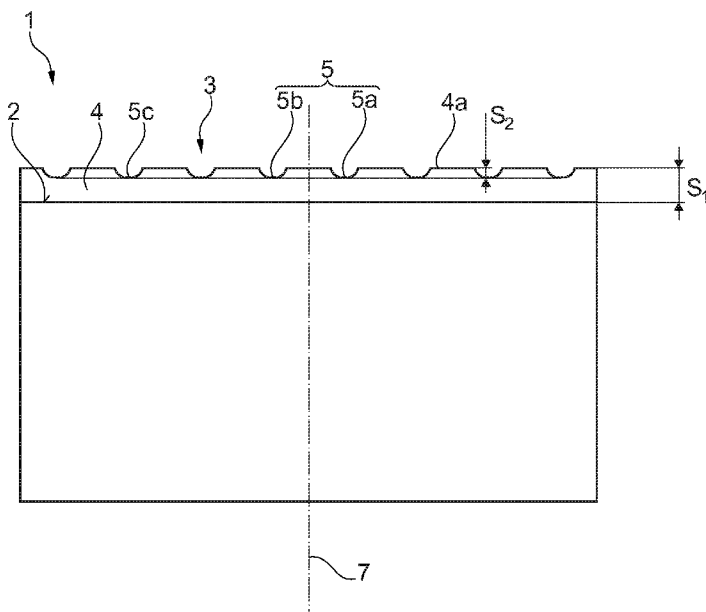


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a sliding surface (3, 3a, 3b) on a machine element (1, 1'), in particular a cam follower, wherein the machine element (1, 1') is first provided with a coating (4, 4') on at least part of the surface (2) of the machine element, into which coating a surface structure (5) is then introduced by means of laser structuring. In order to be able to introduce a surface structure (5) that does not penetrate the coating (4, 4') even in the case of low layer thicknesses (s_1) of the coating (4, 4'), the introduction of the surface structure (5) is performed by means of laser interference structuring.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche (3, 3a, 3b) an einem Maschinenelement (1, 1'), insbesondere einem Nockenfolger, wobei das Maschinenelement (1, 1') an zumindest einem Teil seiner Oberfläche (2) zunächst mit einer Beschichtung (4, 4') versehen wird, in welche anschließend mittels Laserstrukturieren eine Oberflächenstruktur (5) eingebracht wird. Um dabei auch bei niedrigen Schichtdicken (s_1) der Beschichtung (4, 4') eine Oberflächenstruktur (5) einbringen zu können, welche die Beschichtung (4,

4') nicht durchdringt, wird das Einbringen der Oberflächenstruktur (5) mittels Laserinterferenzstrukturieren durchgeführt.



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls
Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche an einem Maschinenelement

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche an einem Maschinenelement, insbesondere einem Nockenfolger, wobei die Gleitfläche des Maschinenelements zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu mindestens einem weiteren Maschinenelement vorgesehen ist, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement über die Gleitfläche in einer Gleitrichtung gleitet, wobei das Maschinenelement an zumindest einem Teil seiner Oberfläche zunächst mit einer Beschichtung versehen wird, in welche anschließend mittels Laserinterferenzstrukturieren eine Oberflächenstruktur eingebracht wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Maschinenelement mit mindestens einer erfindungsgemäß hergestellten Gleitfläche sowie einen Gleitkontakt mit einem solchen Maschinenelement.

Aus der US 2005/0175837 A1 geht ein Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche an einem Maschinenelement hervor, wobei das Maschinenelement dabei an zumindest einem Teil seiner Oberfläche zunächst mit einer Beschichtung versehen wird. Im Anschluss daran wird mittels Laserstrukturieren eine Oberflächenstruktur in die Beschichtung eingebracht.

Die DE 10 2009 060 924 A1 beschreibt eine Struktur enthaltend einen Festschmierstoff für eine vakuumtribologische Anwendung. Dabei wird auf einer Substratbasis ein Schichtsystem umfassend eine Schicht aus diamantartigem Kohlenstoff (DLC) ausgebildet und im Schichtsystem oder in der Substratbasis und im Schichtsystem mittels eines Laserinterferenzverfahrens eine Vertiefungsstruktur ausgebildet, die mit einem Festschmierstoff gefüllt wird.

Ausgehend vom vorstehend beschriebenen Stand der Technik ist es nun die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer verbesserten Gleitfläche zu schaffen, wobei im Rahmen dieses Verfahrens auch bei niedrigen Schichtdi-

cken einer Beschichtung eine Struktur eingebracht werden kann, welche die Beschichtung nicht durchdringt.

Diese Aufgabe wird ausgehend vom Oberbegriff des Anspruchs 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die hierauf folgenden, abhängigen Ansprüche geben jeweils vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder.

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche an einem Maschinenelement, insbesondere einem Nockenfolger, vorgeschlagen, wobei die Gleitfläche des Maschinenelements zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu mindestens einem weiteren Maschinenelement vorgesehen ist, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement über die Gleitfläche in einer Gleitrichtung gleitet. Das Maschinenelement wird an zumindest einem Teil seiner Oberfläche zunächst mit einer Beschichtung versehen, in welche anschließend mittels Laserinterferenzstrukturieren eine Oberflächenstruktur eingebracht wird. Senkrecht auf eine Beschichtungsoberfläche der Beschichtung gesehen wird die Oberflächenstruktur umfassend eine Anzahl an in sich geschlossenen Strukturelementen ausgebildet.

Es hat sich nämlich gezeigt, dass Gleitflächen mit besonders guten Gleiteigenschaften erzielt werden können, wenn ein in Verbindung damit eingesetzter flüssiger Schmierstoff mit der Oberflächenstruktur verzahnt und daran möglichst lange haften bleibt. Die Oberflächenstruktur muss demnach ein mit dem flüssigen Schmierstoff gefülltes Volumen bereitstellen und den Schmierstoff in Abhängigkeit der Last und der Geschwindigkeit des in Gleitrichtung darüber gleitenden weiteren Maschinenelements bereitstellen bzw. abgeben.

Es wurde erkannt, dass dabei von besonderer Bedeutung ist, in welcher Richtung die gleitende Beanspruchung der Gleitfläche erfolgt. Daher werden Strukturelemente gebildet, die bei einem Darübergleiten eines weiteren Maschinenelements einen Druck des Schmierstoffs im Volumen des Strukturelements erhöhen und - in Gleitrichtung

gesehen - am Ende des Strukturelements den hydrostatischen Druck erhöhen und den Aufbau eines hydrodynamischen Schmierstoffpolsters ermöglichen.

Ein Strukturelement ist dabei erfindungsgemäß als „in sich geschlossen“ anzusehen, wenn es senkrecht auf die Beschichtungsoberfläche gesehen an seinem Umfang von der Beschichtung umgeben ist, d.h. nicht mit dem Umfang der Beschichtung in Kontakt steht. Eine derartige Ausgestaltung der Strukturelemente stellt abgegrenzte, trogförmige Behältnisse zur Aufnahme des Schmiermittels bereit, so dass dieses nicht ohne weiteres daraus entweichen kann.

Insbesondere weist ein in sich geschlossenes Strukturelement senkrecht auf die Beschichtungsoberfläche gesehen eine Flächenausdehnung von maximal 10% der Gleitfläche auf. Dies gewährleistet, dass beim Gleiten eines weiteren Maschinenelements über die Gleitfläche an genügend Stellen der Gleitfläche hydrodynamische Schmiermittelpolster ausgebildet werden und eine Art „Aquaplaning“-Effekt zwischen den Gleitpartnern erzeugt wird.

Insbesondere werden die in sich geschlossenen Strukturelemente linienförmig als Linienabschnitte oder punktförmig als Mulden ausgebildet. Eine Länge der in sich geschlossenen, linienförmigen Strukturelemente wird bevorzugt im Bereich von etwa 20 μm bis 10 mm, insbesondere im Bereich von 20 μm bis 5 mm, gewählt. Punktförmige Strukturelemente werden insbesondere vorgesehen, wenn die Gleitfläche nicht nur dynamischen, sondern auch statischen Beanspruchungen ausgesetzt wird bzw. die Gleitgeschwindigkeit sehr klein oder gar Null werden kann.

Bevorzugt wird die Beschichtungsoberfläche parallel zur Gleitrichtung durch eine virtuelle Mittellinie in zwei Hälften geteilt und Strukturelemente in Form von Linienabschnitten in einem Winkel $\gamma \neq 0$ zur virtuellen Mittellinie ausgerichtet. Insbesondere werden die linienförmigen Strukturelemente in Gleitrichtung gesehen in dem Winkel $\gamma \neq 0$ zur virtuellen Mittellinie hin zeigend ausgerichtet. Diese Maßnahmen begünstigen die Bildung der hydrodynamischen Schmierstoffpolster weiter.

Insbesondere bilden jeweils zwei der linienförmigen Strukturelemente ein V-förmiges Strukturgebilde, wobei eine Spitze dieses V-förmiges Strukturgebildes in die Gleitrichtung zeigend angeordnet wird. Dadurch wird der hydrodynamische Druck besonders erhöht, da das Schmiermittel aus den beiden linienförmigen Strukturelementen durch ein darübergleitendes Maschinenelement in den Bereich der Spitze des V gedrückt wird und dort besonders effektiv das hydrodynamische Schmierstoffpolster erzeugt.

Bevorzugt werden die Beschichtung und auch die Strukturierung an dem Maschinenelement dabei nur in Bereichen der Beschichtungsoberfläche vorgesehen, an welchen das Maschinenelement im späteren Einsatz gleitend mit anderen/weiteren Maschinenelementen in Kontakt tritt. Bei diesem Teil bzw. Teilen der Beschichtungsoberfläche oder ggf. auch der gesamten Beschichtungsoberfläche handelt es sich also um eine oder mehrere entsprechende Gleitflächen.

Im Allgemeinen wird mit Hilfe einer Beschichtung der Oberfläche des Maschinenelements mit einem geeigneten Material die Gleiteigenschaft verbessert, während mit Hilfe der Strukturierung gezielt Reservoirs für Schmiermittel geschaffen werden, über welche stets das Vorhandensein einer ausreichenden Schmiermittelmenge zwischen den Reibpartnern garantiert wird. Durch entsprechende Gestaltung dieser Struktur kann dabei ein Effekt ähnlich dem Aquaplaning-Effekt erzeugt werden, so dass der eine Reibpartner aufgrund der vorhandenen Schmiermittelmenge quasi auf dem anderen Reibpartner aufschwimmt.

Das Einbringen der Oberflächenstruktur wird mittels Laserinterferenzstrukturieren durchgeführt. Mit anderen Worten wird also das Laserstrukturieren konkret in Form von Laserinterferenzstrukturieren verwirklicht.

Ein derartiges Verfahren hat dabei den Vorteil, dass mit Hilfe des Laserinterferenzstrukturierens Mikrostrukturen mit geringer Tiefe ausgestaltet werden können, wobei

diese Strukturen dabei exakt definiert und periodisch aufeinanderfolgend bei gleichzeitig niedrigen Fertigungszeiten fertigbar sind. Dadurch, dass mittels des Laserinterferenzstrukturierens sehr geringe Strukturturen realisierbar sind, kann somit eine Gleitfläche hergestellt werden, bei welcher eine Beschichtung auch bei geringer Schichtdicke nicht durch eine Oberflächenstruktur durchdrungen wird. Beim Laserinterferenzstrukturieren werden auf dem Fachmann bekannte Art und Weise mehrere Laserstrahlen zur gemeinsamen Ausgestaltung der jeweiligen Strukturierung genutzt.

Bei Anwendung eines klassischen Laserstrukturierungsverfahrens lassen sich keine sehr geringen Strukturturen fertigen, was bei geringen Schichtdicken der Beschichtung zu einem Durchdringen der Beschichtung führt. Generell sind hierdurch die Freiheitsgrade bezüglich der Abstimmung der Beschichtung und der Strukturierung aufeinander begrenzt.

Entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung beträgt eine Tiefe einer eingebrachten Oberflächenstruktur im Verhältnis zu einer Schichtdicke der Beschichtung 0,5. Hierdurch kann ein geeignetes Zusammenspiel der Beschichtung mit der Oberflächenstruktur verwirklicht werden.

In Weiterbildung der Erfindung wird als Beschichtung eine Chrom-Nickel-Schicht (CrNi-Schicht) oder eine Schicht aus amorphem Kohlenstoff aufgebracht, so dass sich geeignete Gleiteigenschaften des Maschinenelements in dem entsprechenden Bereich seiner Oberfläche verwirklichen lassen. Prinzipiell können jedoch im Rahmen der Erfindung auch anderweitige Beschichtungen auf der Oberfläche des Maschinenelements vorgesehen werden.

Dabei können neben einer amorphen Kohlenstoffschicht (DLC) auch mehrere amorphe Kohlenstoffschichten (DLC) aufgebracht sein. Weiterhin können eine oder mehrere Hartstoffschichten aus Nitriden, Karbiden, Oxiden, hier auch als Mischformen und / oder als Multilagen, aufgebracht sein. Auch das Aufbringen einer Beschichtung in

Form einer oder mehrerer Hartchromschichten, Mangan- und/oder Zinkphosphat-schichten, Metallsulfidschichten, Graphitschichten, PTFE-Schichten sowie einer Brünierungsschicht hat sich bewährt.

Es ist eine weitere Ausgestaltungsmöglichkeit der Erfindung, dass die Gleitfläche eines Nockenfolgers, insbesondere eines Tassenstößels, eines Schlepphebels, eines Pumpenstößels oder Ähnliches hergestellt wird. So kann es sich bei dem Nockenfolger um einen Tassenstößel oder auch einen hebelartigen Nockenfolger für ein Ventiltriebssystem einer Brennkraftmaschine oder aber auch um eine Komponente einer Pumpe handeln. Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße Verfahren auch zur Herstellung einer Gleitfläche an einem Kettenbolzen zur Anwendung kommen.

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Oberflächenstruktur ungleichmäßig ausgestaltet. Diese Ungleichmäßigkeit kann dabei durch Vorsehen unterschiedlicher Strukturtiefen und/oder Vorsehen unterschiedlicher Strukturgeometrien und/oder eine unterschiedliche Dichte an Strukturen verwirklicht sein, so dass an der Oberfläche des Maschinenelements eine Anpassung der Gleitfläche an unterschiedliche, im Betrieb auftretende Gleitgeschwindigkeiten möglich ist. So kann in einem Bereich der Oberfläche dort eine größere Anzahl an Strukturelementen vorgesehen werden, wo höhere Gleitgeschwindigkeiten auftreten und daher mehr Schmiermittel vorzuhalten ist. Die Oberflächenstruktur kann jedoch auch gleichmäßig am Maschinenelement ausgebildet sein. Besonders bevorzugt wird die Strukturtiefe der Oberflächenstruktur im Bereich eines in sich geschlossenen Strukturelements unterschiedlich ausgestaltet, um den Druckaufbau zur Bildung des Schmiermittelpolsters innerhalb des Strukturelements noch zu unterstützen.

Es ist eine weitere Ausgestaltungsmöglichkeit der Erfindung, dass die Beschichtung eine Schichtdicke von 0,05 bis 6 μm aufweist, in welche die Oberflächenstruktur mit einer Tiefe von 0,01 μm bis 0,4 μm eingebracht ist. Prinzipiell ist aber auch ein tieferes Strukturieren bis 30 μm oder auch tiefer möglich, sofern dies im Einzelfall technisch sinnvoll ist. Generell wird durch das Vorsehen einer geringeren Strukturtiefe im Ver-

gleich zur Schichtdicke ein Halten des Schmiermittels auf der Beschichtungsoberfläche verwirklicht.

Ein Gleitkontakt hat sich bewährt, der aus einem erfindungsgemäßen Maschinenelement und mindestens einem weiteren Maschinenelement gebildet ist, wobei die Gleitfläche des Maschinenelements zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu dem mindestens einem weiteren Maschinenelement vorgesehen ist, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement zum Gleiten über die Gleitfläche in einer Gleitrichtung vorgesehen ist, und wobei die Gleitfläche mit einem insgesamt flüssigen Schmiermittel versehen ist.

Dabei wird insbesondere ein flüssiges Schmiermittel in Form von Öl, insbesondere der SAE-Kennung 0W-x, oder ein Dieselmotorenöl eingesetzt. Je kleiner der eingesetzte Wert für den Buchstaben x in der SAE-Kennung 0W-x gewählt ist, desto dünnflüssiger ist das Schmiermittel.

Die Erfindung ist nicht auf die angegebene Kombination der Merkmale des Hauptanspruchs oder der hiervon abhängigen Ansprüche beschränkt. Es ergeben sich darüber hinaus Möglichkeiten, einzelne Merkmale, auch soweit sie aus den Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung oder unmittelbar aus der Zeichnung hervorgehen, miteinander zu kombinieren. Die Bezugnahme der Ansprüche auf die Zeichnung durch Verwendung von Bezugszeichen soll den Schutzzumfang der Ansprüche nicht beschränken. So zeigt:

FIG 1 ein Maschinenelement im Schnittbild; und

FIG 2 eine dreidimensionale Ansicht eines Maschinenelements in Form eines Schlepphebels.

Die Figur 1 zeigt einen Teil eines Maschinenelements 1 in Schnittdarstellung, wobei es sich bei diesem Maschinenelement 1 um einen Nockenfolger, wie beispielsweise einen Tassenstößel, einen Schlepphebel oder Ähnliches handelt. An seiner Oberflä-

che 2 ist das Maschinenelement 1 mit einer Gleitfläche 3 für den Kontakt mit einem weiteren, hier nicht dargestellten Maschinenelement ausgestattet, wobei zur Ausgestaltung der Gleitfläche 3 zunächst eine Beschichtung 4 auf die Oberfläche 2 aufgebracht wurde.

Vorliegend weist die Beschichtung 4, bei welcher es sich um eine Chrom-Nickel-Schicht oder auch eine Schicht aus amorphem Kohlenstoff handeln kann, eine Beschichtungsoberfläche 4a und eine Schichtdicke s_1 auf, die im Bereich von 0,05 bis 1,2 μm liegt. Im Anschluss an die Beschichtung 4 wurde dann eine Oberflächenstruktur 5 in die Beschichtungsoberfläche 4a eingebracht, wobei diese Strukturierung mittels Laserinterferenzstrukturieren hergestellt wurde. Dabei werden in sich geschlossene Strukturelemente 5a, 5b, 5c durch Zusammenspiel mehrerer Laserstrahlen ausgestaltet, wobei eine Strukturtiefe s_2 der Oberflächenstruktur 5 dabei im Bereich von 0,15 bis 0,4 μm liegt. Insofern wird die Beschichtung 4 nicht durch die Oberflächenstruktur 5 durchdrungen. Mit Hilfe des Laserinterferenzstrukturierens kann dies auch bei geringen Schichtdicken s_1 verwirklicht werden. Das Bezugszeichen 7 kennzeichnet eine virtuelle Mittellinie 7 der Gleitfläche 3.

Mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Gleitfläche können somit Oberflächenstrukturen an einer Beschichtung eines Maschinenelements ausgestaltet werden, ohne dass die Beschichtung hierbei durchdrungen wird.

Figur 2 zeigt eine dreidimensionale Ansicht eines Maschinenelements 1' in Form eines Schlepphebels mit zwei Gleitflächen 3a, 3b. Die Gleitflächen 3a, 3b des Maschinenelements 1' sind zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu mindestens einem weiteren, hier nicht dargestellten Maschinenelement vorgesehen, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement über die Gleitflächen 3a, 3b in einer Gleitrichtung GR gleitet. Das Maschinenelement 1' ist in zwei Bereichen seiner Oberfläche 2 (vergleiche Figur 1) mit jeweils einer Beschichtung 4, 4' versehen, in welche anschließend mittels Laserinterferenzstrukturieren eine Oberflächenstruktur 5 umfassend linienför-

mige Strukturelemente 5a, 5b sowie punktförmige Strukturelemente 5c eingebracht werden.

Dabei ist senkrecht auf eine Beschichtungsoberfläche 4a, 4a' der Beschichtung 4, 4' gesehen die jeweilige Beschichtungsoberfläche 4a, 4a' parallel zur Gleitrichtung GR durch eine virtuelle Mittellinie 7a, 7b in zwei Hälften geteilt. Die Oberflächenstruktur 5 ist umfassend eine Anzahl an linienförmigen Strukturelementen 5a, 5b ausgebildet, die in einem Winkel $\gamma \neq 0$ zur virtuellen Mittellinie 7a, 7b ausgerichtet sind. Dabei bilden mehrere der linienförmigen Strukturelemente 5a, 5b in paarweiser Anordnung ein V-förmiges Strukturgebilde 6, wobei eine Spitze dieses V-förmiges Strukturgebildes 6 in die Gleitrichtung GR zeigend angeordnet ist.

Dadurch wird der hydrodynamische Druck eines insgesamt flüssigen Schmiermittels, das auf die Gleitflächen 3a, 3b aufgetragen wird, besonders erhöht, da das Schmiermittel aus den beiden linienförmigen Strukturelementen 5a, 5b durch ein darübergleitendes Maschinenelement in den Bereich der Spitze des V gedrückt wird und dort besonders effektiv das hydrodynamische Schmierstoffpolster erzeugt.

Bezugszeichenliste

1,1'	Maschinenelement
2	Oberfläche
3,3a,3b	Gleitfläche
4,4'	Beschichtung
4a,4a'	Beschichtungsoberfläche
5	Oberflächenstruktur
5a,5b,5c	Strukturelement
6	Strukturgebilde
7,7a,7b	virtuelle Mittellinie
s ₁	Schichtdicke
s ₂	Strukturtiefe

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Gleitfläche (3, 3a, 3b) an einem Maschinenelement (1, 1'), insbesondere einem Nockenfolger, wobei die Gleitfläche (3, 3a, 3b) des Maschinenelements (1, 1') zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu mindestens einem weiteren Maschinenelement vorgesehen ist, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement über die Gleitfläche (3, 3a, 3b) in einer Gleitrichtung (GR) gleitet, wobei das Maschinenelement (1, 1') an zumindest einem Teil seiner Oberfläche (2) zunächst mit einer Beschichtung (4, 4') versehen wird, in welche anschließend mittels Laserinterferenzstrukturieren eine Oberflächenstruktur (5) eingebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass senkrecht auf eine Beschichtungsoberfläche (4a, 4a') der Beschichtung (4, 4') gesehen die Oberflächenstruktur (5) umfassend eine Anzahl an in sich geschlossenen Strukturelementen (5a, 5b, 5c) ausgebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein jedes, in sich geschlossenes Strukturelement (5a, 5b, 5c) senkrecht auf die Beschichtungsoberfläche (4a, 4a') gesehen in einer Flächenausdehnung von maximal 10% der Gleitfläche (3, 3a, 3b) ausgebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die in sich geschlossenen Strukturelemente (5a, 5b, 5c) linienförmig als Linienabschnitte oder punktförmig als Mulden ausgebildet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsoberfläche (4a, 4a') parallel zur Gleitrichtung (GR) durch eine virtuelle Mittellinie (7, 7a, 7b) in zwei Hälften geteilt und Strukturelemente (5a, 5b) in Form von Linienabschnitten in einem Winkel $\gamma \neq 0$ zur virtuellen Mittellinie (7, 7a, 7b) ausgerichtet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zwei der linienförmigen Strukturelemente (5a, 5b) ein V-förmiges Strukturgebilde (6) bilden, wobei eine Spitze dieses V-förmiges Strukturgebildes (6) in die Gleitrichtung (GR) zeigend angeordnet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Strukturtiefe (s_2) der eingebrachten Oberflächenstruktur (5) im Verhältnis zu einer Schichtdicke (s_1) der Beschichtung (4, 4') 0,5 beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschichtung (4, 4') eine CrNi-Schicht oder eine Schicht aus amorphem Kohlenstoff aufgebracht wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfläche (3, 3a, 3b) eines Nockenfolgers, insbesondere eines Tassenstößels, eines Schlepphebels oder eines Pumpenstößels, hergestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenstruktur (5) ungleichmäßig ausgestaltet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl an Strukturelementen (5a, 5b, 5c) der Oberflächenstruktur (5) in Bereichen der Gleitfläche (3, 3a, 3b) umso höher ausgebildet wird, je höher eine Gleitgeschwindigkeit des mindestens einen weiteren Maschinenelements in diesem Bereich der Gleitfläche (3, 3a, 3b) ist.
11. Maschinenelement (1), insbesondere Nockenfolger, umfassend mindestens eine nach einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 hergestellte Gleitfläche (3, 3a, 3b).

12. Maschinenelement (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (4) der mindestens einen Gleitfläche (3, 3a, 3b) eine Schichtdicke (s_1) von 0,05 bis 6 μm aufweist, in welche die Oberflächenstruktur (5) mit einer Strukturtiefe (s_2) von 0,15 bis 0,4 μm eingebracht ist.

13. Gleitkontakt, der aus einem Maschinenelement (1, 1') nach einem der Ansprüche 11 oder 12 und mindestens einem weiteren Maschinenelement gebildet ist, wobei die Gleitfläche (3, 3a, 3b) des Maschinenelements (1, 1') zum gleitenden Einsatz in Kontakt zu dem mindestens einem weiteren Maschinenelement vorgesehen ist, wobei das mindestens eine weitere Maschinenelement zum Gleiten über die Gleitfläche (3, 3a, 3b) in einer Gleitrichtung (GR) vorgesehen ist, und wobei die Gleitfläche (3, 3a, 3b) mit einem insgesamt flüssigen Schmiermittel versehen ist.

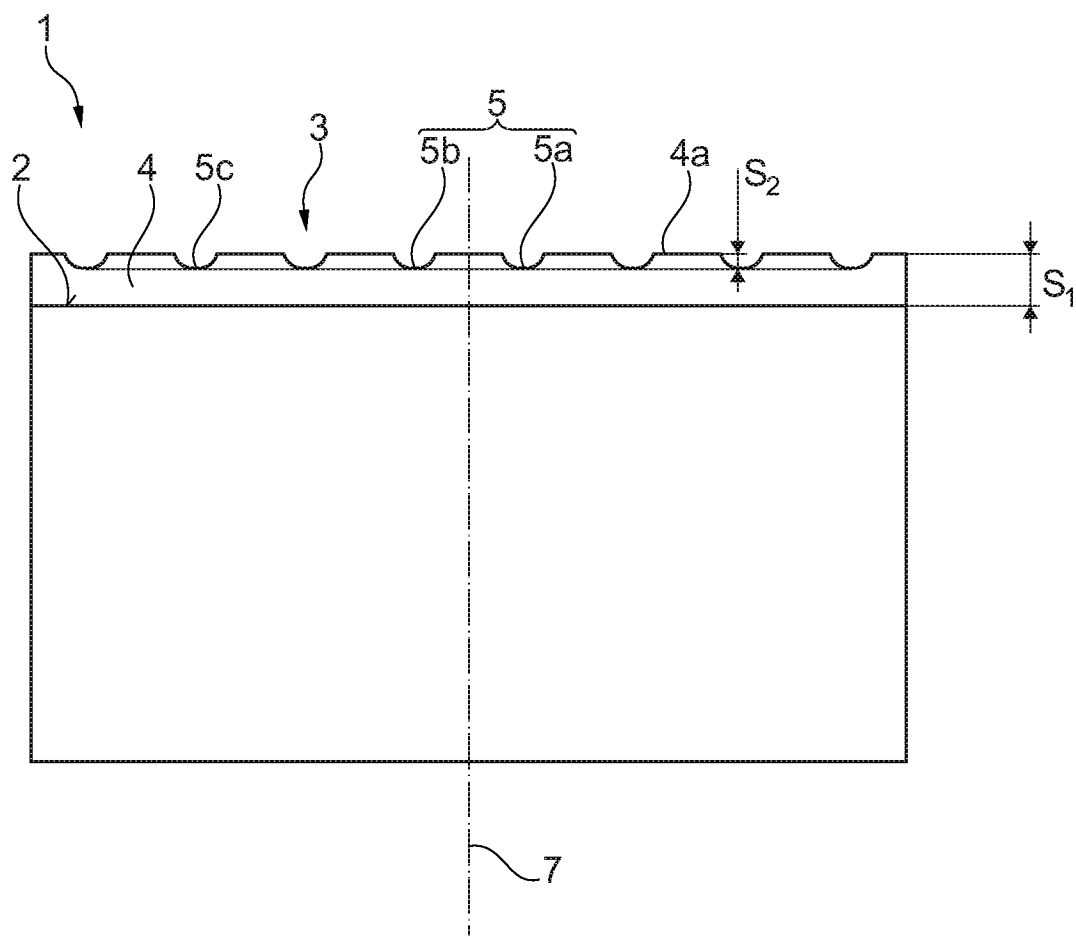


Fig. 1

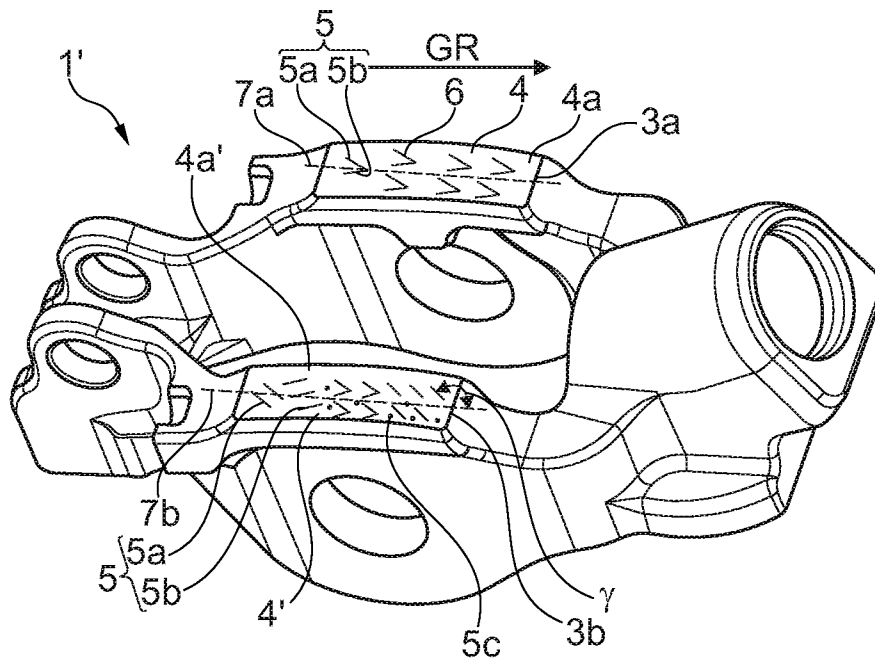


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200006

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01L1/16 C23C14/58 B23K26/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C C25D B23K F01L F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2009 060924 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 22 June 2011 (2011-06-22) cited in the application paragraphs [0023], [0035], [0036], [0052], [0053], [0069] - [0086]; claims 10,13,16	1,3,6-8, 11,12
X	EP 2 682 230 A2 (MAHLE INT GMBH [DE]) 8 January 2014 (2014-01-08) paragraphs [0012] - [0018], [0027] - [0031]	1-13
X	US 2005/175837 A1 (MASSLER ORLAW [DE] ET AL) 11 August 2005 (2005-08-11) cited in the application paragraphs [0070] - [0072]; claims 1,10;	11
A	figures 2-5	1-10,12, 13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2016

Date of mailing of the international search report

20/05/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Patterson, Anthony

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2016/200006

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102009060924 A1	22-06-2011	DE 102009060924 A1	22-06-2011
		WO 2011072664 A1	23-06-2011

EP 2682230 A2	08-01-2014	DE 102012211864 A1	22-05-2014
		EP 2682230 A2	08-01-2014
		JP 2014016032 A	30-01-2014

US 2005175837 A1	11-08-2005	AU 2003218594 A1	10-11-2003
		BR 0309661 A	22-02-2005
		EP 1506326 A1	16-02-2005
		JP 2006509967 A	23-03-2006
		KR 20050003384 A	10-01-2005
		MX PA04010516 A	13-12-2004
		US 2005175837 A1	11-08-2005
		WO 03091474 A1	06-11-2003
		ZA 200407565 A	26-09-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01L1/16 C23C14/58 B23K26/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C23C C25D B23K F01L F16C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2009 060924 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 22. Juni 2011 (2011-06-22) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0023], [0035], [0036], [0052], [0053], [0069] - [0086]; Ansprüche 10,13,16 -----	1,3,6-8, 11,12
X	EP 2 682 230 A2 (MAHLE INT GMBH [DE]) 8. Januar 2014 (2014-01-08) Absätze [0012] - [0018], [0027] - [0031] -----	1-13
X	US 2005/175837 A1 (MASSLER ORLAW [DE] ET AL) 11. August 2005 (2005-08-11) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0070] - [0072]; Ansprüche 1,10; Abbildungen 2-5 -----	11
A		1-10,12, 13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Mai 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/05/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Patterson, Anthony

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2016/200006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009060924 A1	22-06-2011	DE 102009060924 A1	22-06-2011
		WO 2011072664 A1	23-06-2011

EP 2682230 A2	08-01-2014	DE 102012211864 A1	22-05-2014
		EP 2682230 A2	08-01-2014
		JP 2014016032 A	30-01-2014

US 2005175837 A1	11-08-2005	AU 2003218594 A1	10-11-2003
		BR 0309661 A	22-02-2005
		EP 1506326 A1	16-02-2005
		JP 2006509967 A	23-03-2006
		KR 20050003384 A	10-01-2005
		MX PA04010516 A	13-12-2004
		US 2005175837 A1	11-08-2005
		WO 03091474 A1	06-11-2003
		ZA 200407565 A	26-09-2005
