



(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.04.2006 Patentblatt 2006/15

(51) Int Cl.:
F01L 1/047^(2006.01) B21D 53/84^(2006.01)
F16H 53/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03798177.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2003/010581

(22) Anmeldetag: **23.09.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/029421 (08.04.2004 Gazette 2004/15)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER EINRICHTUNG ZUR UMSETZUNG EINER ROTATORISCHEN IN EINE TRANSLATORISCHE BEWEGUNG UND DAMIT HERGESTELLTE EINRICHTUNG**

METHOD FOR PRODUCING A DEVICE FOR CONVERTING A ROTATORY MOTION INTO A TRANSLATORY MOTION, AND A CORRESPONDING DEVICE PRODUCED ACCORDING THERETO

PROCEDE DE PRODUCTION D'UN DISPOSITIF POUR CONVERTIR UN MOUVEMENT ROTATIF EN MOUVEMENT TRANSLATOIRE ET DISPOSITIF CORRESPONDANT OBTENU D'APRES LEDIT PROCEDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

- **NOWOTNY, Steffen**
01445 Radebeul (DE)
- **TRAGESER, Erwin**
09130 Chemnitz (DE)
- **WOLF, Reinhard**
09648 Mittweida (DE)
- **NEUGEBAUER, Reimund**
01462 Niederwartha (DE)

(30) Priorität: **23.09.2002 DE 10244151**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.2005 Patentblatt 2005/30

(74) Vertreter: **Koch, Jens Christian**
Grünecker, Kinkeldey,
Stockmair & Schwanhäuser
Anwaltssozietät
Maximilianstrasse 58
80538 München (DE)

(73) Patentinhaber:
• **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)
• **HTM Härtetechnik & Metallbearbeitung GmbH**
09125 Chemnitz (DE)

(72) Erfinder:
• **LANG, Ralf**
09126 Chemnitz (DE)
• **SEIFERT, Michael**
08147 Obercrinitz (DE)
• **ZIERIS, Roman**
01099 Dresden (DE)
• **BERGER, Lutz-Michael**
01189 Dresden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 303 629 DE-A- 3 342 316
DE-A- 19 545 991 DE-A- 19 617 593
DE-B- 1 082 461 DE-C- 19 907 258
DE-U- 20 121 375 GB-A- 859 327

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22. Dezember 1999 (1999-12-22) -& JP 11 241605 A (TUBE FOMING CO LTD;NISSAN MOTOR CO LTD), 7. September 1999 (1999-09-07)**

EP 1 556 585 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 zur Herstellung einer Einrichtung zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung und eine gemäß diesem Verfahren hergestellte Einrichtung.

[0002] Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Nockenwelle, vorzugsweise für Motoren von Kraftfahrzeugen. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung auch ähnliche Elemente oder Baugruppen, welche eine Rotationsbewegung in eine translatorische Bewegung, insbesondere eine Hubbewegung umsetzen, indem beispielsweise Hubelemente auf rotierenden (Kurven-)Scheiben mit unterschiedlicher Krümmung laufen und entgegen der Drehrichtung bewegt werden. Hierbei sind vorzugsweise auch Kurvengetriebe anzuführen.

[0003] Der gegenwärtige Stand der Herstellungsprozesse zur Nockenwellenfertigung, insbesondere in der Grosserienfertigung ist überwiegend geprägt von Schalenhartgußwellen, welche teilweise nachträglich ausgebohrt werden oder auch hohl gegossen sind. Für höhere Festigkeitsanforderungen gibt es geschmiedete Varianten.

[0004] Die am Markt eingeführten Verfahren der als massiv bezeichneten Nockenwellen dominieren wegen des Preises, in Anbetracht des immer abzuwägenden technischen Kompromisses zwischen Herstellungskosten und technischen Leistungsparametern (wie Festigkeit und Verschleiß), sowie der vorliegenden langjährigen Erfahrungen bei der Massenfertigung derselben.

[0005] Vorzugsweise im Bereich der Rollenschlepphebelsysteme eingesetzt, beginnen sich jedoch auch gebaute Nockenwellen durchzusetzen. Bei diesen erfolgt die Fixierung der Nocken auf der Welle beispielsweise durch Aufpressen oder/und durch partielles Aufweiten des Wellenkörpers direkt unter dem Nocken. Dabei werden die Nocken einzeln und nacheinander mit der Welle verbunden.

[0006] Den gebauten Nockenwellen sind allerdings Grenzen in der konstruktiven Gestaltungsfreiheit gesetzt. Außerdem besteht lediglich eine kraft- oder formschlüssige Verbindung der Nocken mit der Welle. Außerdem sind die gebauten Nockenwellen in ihrer Herstellung vergleichsweise teuer, so sind die Kosten verglichen mit einer konventionellen Gusswelle um ca. 30 Prozent höher.

[0007] Daher kommen die gebauten Nockenwellen meist nur dann zum Einsatz, wenn der Werkstoff Guss seine technischen Grenzen erreicht. Insbesondere werden gebaute Nockenwellen zur Gewichtsreduktion eingesetzt. Die realisierbare Gewichtseinsparung gegenüber massiv gegossenen Nockenwellen liegt bei 20-40%.

[0008] Aus der Druckschrift DE 199 07 258 C 1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle und eine mit diesem hergestellte Nockenwelle bekannt, wobei die Nockenwelle durch Innenhochdruck-Umformen hergestellt und danach im Bereich der Laufflächen eine Schicht

aus verschleißfestem Material durch Einwirkung eines Ladungsträgerstrahls aufgebracht wird. Hierbei wird ein bandförmiges bzw. drahtförmiges verschleißfestes Material im Vakuum in das Energiefeld des Elektronenstrahls mit definierter Geschwindigkeit eingebracht, aufgeschmolzen und auf die Lauffläche eines Nocken der Nockenwelle übertragen. Anschließend erfolgt eine Bearbeitung der Laufflächen auf ein gewünschtes Endmaß.

[0009] Beim Aufschmelzen und Übertragen des verschleißfesten Materials entsteht jedoch eine hohe thermische Belastung. Diese führt dazu, daß (auch) Werkstoff der Nocken zumindest partiell aufgeschmolzen wird, wodurch es zu Verzugserscheinung der Hohlwelle kommt. Eine notwendige nachträgliche Korrektur des entstehenden Verzuges bedingt umfangreiche Nacharbeiten. Weiterhin wird durch die hohe thermische Belastung die durch den Prozess des Innenhochdruck-Umformens (IHU-Verfahren) erzeugte wünschenswerte Kaltverfestigung zumindest teilweise wieder aufgehoben.

[0010] Die Verwendung von Fülldrähten und Blechen schränkt zudem die verfügbare Werkstoffpalette für die Beschichtung stark ein. Insbesondere ist das beschriebene Verfahren zu einem Auftragen von nicht-leitenden Werkstoffen, wie Keramiken, ungeeignet. Ebenso ist das Verfahren zur Herstellung von definierten Strukturen (welche sich bei Schichten aus Kompositwerkstoffen wie Metallkeramiken (Hartmetallen) ergeben können) bei Verwendung der Fülldrähte ungeeignet.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung und eine gemäß diesem Verfahren hergestellte Einrichtung anzugeben, mit denen eine verschleißfeste Schicht auftragbar ist, ohne daß ein wesentlicher thermischer Verzug entsteht.

[0012] Diese Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Sicht erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Einrichtung zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung, wobei zumindest abschnittsweise, zumindest eine Funktionsschicht aus einem keramischen, metallkeramischen oder metallischen Werkstoff unter mechanischer Verklammerung mit einer Oberfläche der Einrichtung aufgetragen wird.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht das Aufbringen einer verschleißfesten Schicht auf die Einrichtung zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung, ohne daß ein thermischer Verzug der Einrichtung entsteht. Außerdem ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine weitere Gewichts- und Reibungsreduzierung gegenüber dem bekannten Stand der Technik durch den Einsatz verschleißfester keramischer, metallkeramischer und metallischer Schichten.

[0014] Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Keramiken bzw. Kompositwerkstoffe zum Einsatz kommen können, ergibt sich ein zusätzliches Verbesserungspo-

tential hinsichtlich einer weiteren Gewichtsreduzierung, einer Verringerung der Reibungsverluste, eines Verschleißes und der Fertigungskosten. Die Gewichtsreduzierung und die Verringerung der Reibungsverluste bedingt zudem eine Abnahme des Kraftstoffverbrauches der entsprechenden Motoren.

[0015] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird (zunächst) eine zumindest ein Hubelement aufweisende Hohlwelle in einem Innenhochdruck-Umformverfahren ("IHU-Verfahren") hergestellt. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die zumindest eine Funktionsschicht im Bereich einer Lauffläche des zumindest einen Hubelementes und/oder im Bereich von Lagerflächen der Hohlwelle aufgetragen wird. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die im Bereich der Lauffläche des zumindest einen Hubelementes und/oder im Bereich von Lagerflächen der Hohlwelle aufgetragenen Funktionsschichten aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen und jeweils in einer oder mehreren Lagen ausgebildet werden.

[0016] Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Verfahren aus der Verfahrensgruppe des thermischen Spritzens, insbesondere Plasmaspritzen oder Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, zur Herstellung der zumindest einen Funktionsschicht aus einem keramischen, metallkeramischer oder metallischen Werkstoff unter Verklammerung mit der Oberfläche der Hohlwelle genutzt.

[0017] Außerdem ist es besonders vorteilhaft, wenn das zumindest eine Hubelement und/oder die Lagerflächen mit einer umlaufenden Vertiefung ausgebildet werden, die eine Aufnahme für die aufzubringende Funktionsschicht bilden.

[0018] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Funktionsschicht als Verschleißschutzschicht und/oder als Reibungsbeeinflussungsschicht ausgebildet wird.

[0019] Bevorzugterweise werden die Oberflächen der Einrichtung, insbesondere einer Nockenwelle, zumindest im Bereich der aufzubringenden Funktionsschicht (vor Aufbringung derselben) aufgeraut, insbesondere sandgestrahlt.

[0020] Die vorgenannte Aufgabe wird in vorrichtungstechnischer Sicht erfindungsgemäß gelöst durch eine Einrichtung zur Umsetzung einer rotatorischen in eine translatorische Bewegung hergestellt nach dem vorstehenden Verfahren.

[0021] Gemäß einem besonders zu bevorzugenden Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Einrichtung ist die Einrichtung als hohle, mittels Innenhochdruck-Umformen (IHU-Verfahren) hergestellte Nockenwelle mit zumindest einem Nocken ausgebildet, wobei eine Lauffläche des zumindest einen Nocken und/oder Lagerflächen der Nockenwelle verschleißfeste keramische, metallkeramische oder metallische Funktionsschichten aufweisen, die unter mechanischer Verklammerung mit diesen verbunden sind.

[0022] Vorteilhafterweise sind durch thermisches Spritzen keramische Schichten oder metallkeramische

Schichten oder metallkeramische Hartmetallschichten oder metallische Schichten aufgetragen.

[0023] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Nocken und/ oder die Lagerflächen eine umlaufende Mulde besitzen, die als Bett für die aufzubringende Funktionsschicht dienen.

[0024] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine Teilschnittdarstellung entlang einer Längsachse einer Nockenwelle im Bereich eines Nockens.

[0025] Bei der in Figur 1 in einer Längsschnittdarstellung exemplarisch gezeigten Nockenwelle 1 mit einem Nocken 2 handelt es sich um eine durch Innenhochdruck-Umformen (IHU-Verfahren) hergestellte Einlaßnockenwelle 1 aus dem Werkstoff St 52 für einen Dreizylinder-Viertventil-Motor. Die komplette Nockenwelle hat also 6 Nocken.

[0026] Von den einzelnen Nocken 2 der Einlaßnockenwelle 1 ist aus Vereinfachungsgründen lediglich eine in der Schnittdarstellung dargestellt, wobei sämtliche der Nocken 2 der Einlaßnockenwelle 1 oder einige der Nocken oder einer der Nocken 2 mit einer Funktionsschicht 3 versehen und in der in Figur 1 gezeigten bzw. der nachstehend beschriebenen Art ausgebildet sein können.

[0027] Weiterhin können auch weitere in Fig. 1 nicht gezeigte Bereiche der Nockenwelle 1 mit einer Funktionsschicht 3 versehen werden. Insbesondere können Lagerflächen der Nockenwelle 1 mit einer solchen Funktionsschicht 3 versehen werden.

[0028] Die einzelnen Funktionsflächen 3 (an den Nocken 2 oder an anderen Stellen der Nockenwelle 1, insbesondere die Lagerflächen) können aus gleichen bzw. gleichartigen bzw. gleichwirkenden Werkstoffen oder auch aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt werden. Die Werkstoffauswahl ist insbesondere durch den einzelnen technischen Verwendungszweck (z.B. Verschleißschutz oder Reibungsverbesserung) und auch durch die technischen Randbedingungen bedingt.

[0029] Die Nocken 2 weisen in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils eine umlaufende Mulde auf, wobei die Mulde eine im wesentlichen ebene Vertiefung und zwei erhöhte, mit Radien versehene Randbereiche aufweist. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die in Fig. 1 gezeigte Form der Mulde beschränkt. Vielmehr ist diese abhängig vom Verwendungszweck, der herzustellenden Form der Funktionsfläche, dem jeweiligen Beschichtungsverfahren sowie dem jeweiligen Werkstoff der Funktionsfläche abhängig. Beispielsweise können auch mehrere im wesentlichen ebene Vertiefungen mit jeweils diese begrenzenden erhöhten und mit Radien versehenen Randbereichen vorgesehen werden.

[0030] Diese umlaufende Mulde dient als Aufnahmebett für die aufzubringende Funktionsschicht 3. Wie in

Fig. 1 gezeigt, füllt hierbei der Werkstoff der Funktionsschicht 3 die Mulde vollständig aus, wobei die Funktionsschicht eben mit den erhöhten Randbereichen der Mulde ausgebildet ist. Hierdurch ergibt sich eine ebene Nockenlauffläche.

[0031] In dem in Fig. 1 gezeigten Anwendungsfall hat sich eine Tiefe der Mulde von 1 mm als besonders vorteilhaft erwiesen. Außerdem hat es sich als ausreichend herausgestellt, wenn eine Breite der Mulde einer Breite eines zugeordneten Rollenschlepphebels des Motors entspricht, wobei die vorliegende Erfindung allerdings nicht hierauf beschränkt ist.

[0032] Eine Beschichtung der Einlaßnockenwelle 1 mit der Funktionsschicht 3 erfolgt über die Einlagerung eines verschleißfesten keramischen, metallkeramischen oder metallischen Werkstoffes unter mechanischer Verklammerung mit einer Oberfläche der Einlassnockenwelle 1 im Bereich der Mulde und durch die Ausfüllung der Mulde mit diesem Werkstoff. Diese mechanische Verklammerung kann vorzugsweise dadurch unterstützt werden, daß die Nockenwelle einer vorbereitenden, aufräudenden Oberflächenbehandlung, z.B. durch Sandstrahlen, ggf. auch nur im Bereich der Mulden, unterzogen wird. Hierdurch wird die Mikrooberfläche der Nockenwelle und dadurch die Haftfläche zwischen Nockenwellenoberfläche und der aufgebrachteten, harten Verschleißoberschicht vergrößert und die Verbindungsfestigkeit zwischen aufgespritzter Schicht und der Nockenoberfläche erhöht.

[0033] Im konkreten Anwendungsfall wurde die Einlaßnockenwelle 1 mittels atmosphärischem Plasmaspritzen mit einer Anlage MF-P-1000 der Firma GTV mbH/Luckenbach beschichtet. Als Beschichtungspulver wurde eine Metallkeramik (Hartmetall) (Ti, Mo)(C, N) - 37% Ni, Co verwendet. Zum Spritzen wurde ein Ar/H₂-Plasma (50 l/min Ar, 11 l/min H₂) bei einer Stromstärke von 630 A verwendet. Der Spritzabstand betrug 110 mm.

[0034] Neben dem beschriebenen atmosphärischen Plasmaspritzen mit den genannten exemplarischen Versuchsparametern sind weitere solche Beschichtungsverfahren nutzbar, bei denen die Schichtabscheidung zumindest im wesentlichen auf einer mechanischen Verklammerung der Schicht auf der Unterlage beruht und die nur einen geringen thermischen Energieeintrag bewirken. Solche Beschichtungsverfahren finden sich vorzugsweise in der Prozessgruppe des thermischen Spritzens, also insbesondere neben Plasmaspritzen auch das Hochgeschwindigkeitsflamspritzen (HVOF).

[0035] Anschließend an den Beschichtungsvorgang werden die Nocken auf Endmaß geschliffen, wodurch sich die Lauffläche der Nocken 2 ergibt.

[0036] Hieran anschließend wurde ein Test der so erzeugten Nockenwelle 1 durchgeführt. Dieser Test erfolgte auf einem speziellen Prüfstand mit einer Flächenpressung von 1400 N/mm², einer Drehzahl von 3500 U/min, einer Öltemperatur von 100 °C und Motorenöl Esso Ultron SAE 5W40.

[0037] Dabei ergab sich auch nach einer Laufzeit von 500 Std. (übliche Testzeit) kein Schichtausfall (sog. "Pittingbildung").

tingbildung").

[0038] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen erfolgt zunächst eine Herstellung einer (noch unbeschichteten) Nockenwelle mittels des IHU-Verfahrens. Daran anschließend erfolgt die Schichtabscheidung durch solche Verfahren, die im wesentlichen auf einer mechanischen Verklammerung der Schicht auf der Unterlage beruhen und die nur einen geringen thermischen Energieeintrag bewirken, vorzugsweise aus der Prozessgruppe des thermischen Spritzens (z. B. Plasmaspritzen, Hochgeschwindigkeitsflamspritzen (HVOF), u.a.).

[0039] Die vorstehenden Ausführungsbeispiele weisen eine hohe Flexibilität durch den Einsatz verschiedenster Werkstoffe auf, wobei diese an die Anforderungen an die Nockenwelle in den unterschiedlichen Motoren angepasst werden können. Insbesondere können auch auf einfache Art und Weise und ohne größeren technischen Aufwand bis zu 1,5 mm dicke Verschleißschutzschichten mit neuen metallischen, keramischen oder metallkeramischen Werkstoffen erzeugt werden.

[0040] Beispiele derartiger Werkstoffe sind:

- Mo und Mo-selbstfließende Legierung als metallische Schichten,
- WC-Co, WC-CoCr, (Ti,Mo)(C,N)-NiCo als metallkeramische (Hartmetall-) Schichten, oder
- Al₂O₃-TiO₂, Cr₂O₃, Ti_{n-2}Cr₂O_{2n-1} als keramische Schichten.

[0041] Bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen kommt es nicht zu einem Verziehen der Nockenwelle, d.h. ein nachträgliches Richten der Welle ist nicht erforderlich. Außerdem werden durch den Einsatz neuer Werkstoffe (metallische, keramische oder metallkeramische bis 1,5 mm dicke Verschleißschutzschichten) die Verschleißfestigkeit und gleichzeitig auch die Reibungsverhältnisse auf dem Nocken verbessert. Der Einsatz keramischer Schichten bewirkt zusätzlich eine Gewichtsreduzierung. Verminderung der Fertigungs- und Materialkosten im Vergleich zum Einsatz von Tragringen, z.B. aus 100 Cr6.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Hohlwelle (3), wobei zumindest ein Hubelement (2) in einem Innendruck-Umformverfahren mit einer umlaufenden Vertiefung hergestellt wird, wobei die Vertiefung von zwei mit Radien versehenen Randbereichen begrenzt ist, und wobei zumindest eine Funktionsschicht (3) aus einem keramischen, metallkeramischen oder metallischen Werkstoff unter Ausfüllung der Vertiefung und mechanischer Verklammerung

mit einer Oberfläche der Vertiefung aufgetragen wird und anschließend das Hubelement im Bereich der Funktionsschicht zur Ausbildung einer Funktionsoberfläche nachbearbeitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zumindest eine Funktionsschicht (3) im Bereich einer Lauffläche des zumindest einen Hubelementes (2) und/oder im Bereich von Lagerflächen der Hohlwelle (1) aufgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die im Bereich der Lauffläche des zumindest einen Hubelementes (2) und/oder im Bereich von Lagerflächen der Hohlwelle (1) aufgetragenen Funktionsschichten (3) aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen und jeweils in einer oder mehreren Lagen ausgebildet werden.
4. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Verfahren aus der Verfahrensgruppe des thermischen Spritzens, insbesondere Plasmaspritzen oder Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, zur Herstellung der zumindest einen Funktionsschicht (3) aus einem keramischen, metallkeramischen oder metallischen Werkstoff unter Verklammerung mit der Oberfläche der Einrichtung (1) verwendet wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Funktionsschicht (3) als Verschleißschutzschicht und/oder als Reibungsbeeinflussungsschicht ausgebildet wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächen der Hohlwelle, insbesondere Nockenwelle, zumindest im Bereich der Funktionsschicht aufgeraut, insbesondere sandgestrahlt, werden.
7. Nockenwelle (1) mit zumindest einem Nocken (2), hergestellt nach einem Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Lauffläche des zumindest einen Nocken (2) und/oder Lagerflächen der Nockenwelle (1) verschleißfeste keramische, metallkeramische oder metallische Funktionsschichten (3) aufweisen, die unter mechanischer Verklammerung mit diesen verbunden sind, wobei die Nocken und/oder die Lagerflächen eine umlaufende Mulde mit einer umlaufenden, im wesentlichen ebenen Vertiefung und zwei erhöhten, mit Radien versehenen Randbereichen aufweisen, die als Bett für die aufzubringende Funktionsschicht dienen.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch thermisches Spritzen keramische Schichten oder metallkeramische Schichten

oder metallkeramische Hartmetallschichten oder metallische Schichten aufgetragen sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen Hartmetallschichten aufgebracht sind.

Claims

1. Process for producing a hollow shaft (3), wherein at least one lifting element (2) is produced in a hydroforming process with a circumferential depression, wherein the depression is defined by two edge regions provided with radii, and wherein at least one functional layer (3) of a ceramic, cermet or metallic material is applied while filling the depression and being mechanically interlocked with a surface of the depression, after which the lifting element is reworked in the region of the functional layer to form a functional surface.
2. Process according to Claim 1, **characterised in that** the at least one functional layer (3) is applied in the region of a running surface of the at least one lifting element (2) and/or in the region of bearing surfaces of the hollow shaft (1).
3. Process according to Claim 2, **characterised in that** the functional layers (3) which are applied in the region of the running surface of the at least one lifting element (2) and/or in the region of bearing surfaces of the hollow shaft (1) are formed from the same or different materials and in each case in one or a plurality of layer(s).
4. Process according to at least one of Claims 1 to 3, **characterised in that** a process from the process group of thermal spraying, in particular plasma spraying or high-speed flame spraying, is used to produce the at least one functional layer (3) of a ceramic, cermet or metallic material while interlocking it with the surface of the device (1).
5. Process according to at least one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the functional layer (3) is formed as an antiwear layer and/or as a friction influencing layer.
6. Process according to at least one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the surfaces of the hollow shaft, in particular camshaft, are roughened, in particular sand-blasted, at least in the region of the functional layer.
7. Camshaft (1) with at least one cam (2), produced according to a process according to at least one of Claims 1 to 6, wherein a running surface of the at

least one cam (2) and/or bearing surfaces of the camshaft (1) comprise wear-resistant ceramic, cermet or metallic functional layers (3) which are joined to these by mechanical interlocking, wherein the cams and/or the bearing surfaces comprise a circumferential trough with a circumferential, substantially plane depression and two elevated edge regions which are provided with radii and serve as a bed for the functional layer which is to be applied.

8. Device according to Claim 7, **characterised in that** ceramic layers or cermet layers or cermet hard metal layers or metallic layers are applied by thermal spraying.
9. Device according to Claim 8, **characterised in that** hard metal layers are applied by means of high-speed flame spraying.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un arbre creux (3), au moins un élément formant moyeu (2) étant fabriqué en un procédé de formage sous haute pression intérieure, avec un creux circulaire, le creux étant délimité par deux zones de bordure munies de rayons, et au moins une couche fonctionnelle (3), formée d'un matériau céramique métallo-céramique ou métallique, étant apportée, en remplissant le creux et en adhérant mécaniquement à une surface du creux, l'élément formant moyeu recevant un traitement de finition dans la zone de la couche fonctionnelle pour former une surface fonctionnelle. 25
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'au moins une couche fonctionnelle (3) est apportée dans la zone d'une face de glissement de l'au moins un élément formant moyeu (2) et/ou dans la zone de faces de palier de l'arbre creux (1). 40
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les couches fonctionnelles (3), apportées dans la zone de la face de glissement de l'au moins un élément formant moyeu (2) et/ou dans la zone de faces de palier de l'arbre creux (1), sont réalisées à partir d'un matériau identique ou différent, et chaque fois en une ou plusieurs couches. 45
4. Procédé selon au moins une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**un procédé issu du groupe de procédés de la projection thermique, en particulier de la projection au plasma, ou de la projection à la flamme sous haute vitesse, pour fabriquer l'au moins une couche fonctionnelle (3) à partir d'un matériau céramique, métallo-céramique ou métallique, avec adhérence avec la surface du dispositif (1), est utilisé. 50 55

5. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la couche fonctionnelle (3) est réalisée en tant que couche de protection contre l'usure et/ou de couche d'influence sur le frottement. 5
6. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les surfaces de l'arbre creux, en particulier de l'arbre à cames, sont rendues rugueuses, en particulier sont soumises à une projection par sablage, au moins dans la zone de la couche fonctionnelle. 10
7. Arbre à cames, ayant au moins une came (2) fabriquée suivant un procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 6, une face de glissement de l'au moins une came (3) et/ou des faces de palier de l'arbre à cames (1) présentant des couches fonctionnelles (3) céramiques, métallo-céramiques ou métalliques résistantes à l'usure, reliées avec adhérence mécanique à elle, les cames et/ou les faces de palier présentant une auge circulaire, avec un creux circulaire sensiblement plat et deux zones de bordure en relief ayant des rayons, servant de lit pour la couche fonctionnelle à apporter. 15 20
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** des couches céramiques et/ou des couches métallo-céramiques, ou des couches en métal dur métallo-céramiques ou des couches métalliques, sont apportées par projection thermique. 30
9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** des couches en métal dur sont appliquées par projection à la flamme à haute vitesse. 35

Fig. 1

