

(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
14. Juni 2018 (14.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/104339 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23H 9/00 (2006.01) *F01L 1/047* (2006.01)
B23P 11/02 (2006.01) *B23H 3/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/081578

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Dezember 2017 (05.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 123 557.1
06. Dezember 2016 (06.12.2016) DE

(71) Anmelder: **THYSSENKRUPP PRESTA TECCENTER AG** [LI/LI]; Wirtschaftspark 37, 9492 Eschen (LI).
THYSSENKRUPP AG [DE/DE]; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (DE).

(72) Erfinder: **CURLIC, Marko**; Rüttegasse 13, 9486 Schaanwald (LI). **PFITSCHER, Aaron**; Balzweg 8, 6713 Ludesch (AT).

(74) Anwalt: **THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH**; ThyssenKrupp Allee 1, 45143 Essen (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING CAMS, CAMSHAFTS AND CAMSHAFT MODULES AND CAMS PRODUCED IN SUCH A WAY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON NOCKEN, NOCKENWELLEN UND NOCKENWELLENMODULEN UND DERART HERGESTELLTER NOCKEN

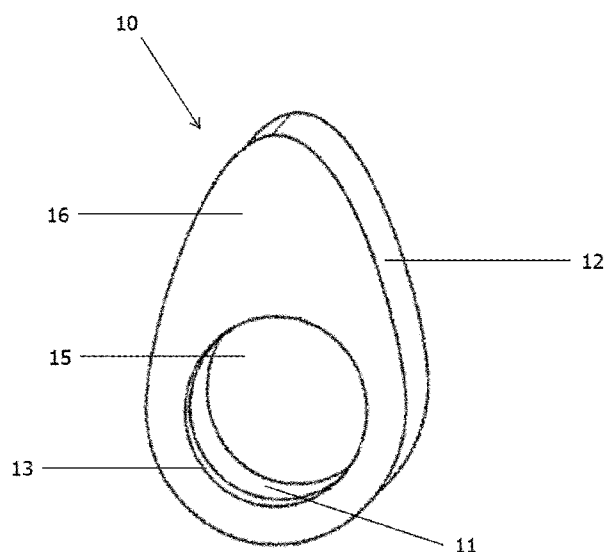


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a method for producing cams (10) for camshafts, in which the following steps are carried out: a) providing at least one cam (10) made of electrically conductive material, in particular of metal, and then b) machining the cam (10) by electrochemical machining, wherein the cam (10) forms the anode and a tool forms the cathode, an electrolyte is introduced between the cam and the tool, and an electric voltage is applied to the cam and the tool for removing cam material.

(57) Zusammenfassung: Die vorstehende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Nocken (10) für Nockenwellen, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden: a) Bereitstellen wenigstens eines Nockens (10) aus einem elektrisch leitenden Werkstoff, insbesondere aus Metall, und dann b) Bearbeiten des Nockens (10) durch elektrochemisches Abtragen, wobei der Nocken (10) die Anode und ein Werkzeug die Kathode bilden, ein Elektrolyt zwischen den Nocken und das Werkzeug eingebracht wird und eine elektrische Spannung an den Nocken und das Werkzeug zum Abtragen von Nockenmaterial angelegt wird.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren zum Herstellen von Nocken, Nockenwellen und Nockenwellenmodulen und derart hergestellter Nocken

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Nocken für Nockenwellen und einen derart hergestellten Nocken zur Verwendung in einer gebauten Nockenwelle. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen und ein Verfahren zum Herstellen von Nockenwellenmodulen.

Verfahren zum Herstellen von Nocken und gebauten Nockenwellen, wie zum Beispiel Innenhochdruck-Umformverfahren oder Innenhochdruck-Fügeverfahren, sind bekannt. Bei gebauten Nockenwellen werden die Nocken und die Welle separat hergestellt und durch eine Welle-Nabe-Verbindung kraft- und formschlüssig verbunden. Bei Innenhochdruck-Fügeverfahren zum Herstellen einer Pressverbindung zwischen Welle und Nabe werden Hohlwellen eingesetzt, um Kräfte in die Welle einzuleiten.

Ein Verfahren zum Herstellen von nicht-rotationssymmetrischen Ringen und Nockenringen ist beispielsweise aus DE 10 2006 006 029 B3 bekannt. Die Nockenringe werden von einem rotationssymmetrischen Stahlrohr abgetrennt und durch Prägeumformen in eine nicht-rotationssymmetrische Form umgeformt. Anschließend wird der umgeformte Ring vergütet und dessen Stirnseiten hartbearbeitet. Die umgeformten Ringe werden mit einem Nockenwellenrohr verbunden, welches durch einen Innenhochdruck-Fügeprozess aufgeweitet wird.

WO 00/51759 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle aus einem Rohr, wobei in einem getrennten Verfahren Tragringe bzw. gehärtete Nocken hergestellt und diese mit der Nockenwelle verbunden werden. Dabei werden die Nocken und das dünnwandige Rohr in ein Innenhochdruck-Umformwerkzeug eingelegt und durch in das Rohr mittels des Innenhochdruck-Umformwerkzeugs eingeleitete axiale Kräfte verbunden. Die axialen Kräfte werden über ein Druckmedium erzeugt und weiten das Rohr auf, sodass ein Kraft- und Formschluss zwischen Nocken und Rohr hergestellt wird.

Die bekannten Verfahren zum Herstellen von Nocken und gebauten Nockenwellen sind jedoch in mehrfacher Hinsicht nachteilig. Die Nocken werden zeitaufwändig einzeln in diversen Prozessschritten, wie Abtrennen, Umformen und Vergüten, hergestellt. Beim Innenhochdruck-Fügen zum Herstellen der Welle-Nabe-

Verbindung können Spannungen, insbesondere durch die plastische Verformung der Welle, in der Welle auftreten und es müssen gewisse Abstände zwischen den Nocken eingehalten werden, da beim Fügen Fasen in der Welle entstehen. Eine kompakte Bauweise der Nockenwelle ist demnach nicht gegeben. Es ist ferner nicht möglich, Nockenwellenmodule mit den bekannten Verfahren herzustellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von Nocken für Nockenwellen anzugeben, das mit Blick auf eine Prozessoptimierung zur Herstellung von Nocken verbessert ist. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen und ein Verfahren zum Herstellen von Nockenwellenmodulen anzugeben. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Nocken zur Verwendung in einer gebauten Nockenwelle anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Herstellen von Nocken für Nockenwellen mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe im Hinblick auf das Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen durch den Gegenstand des Anspruchs 10 gelöst. Im Hinblick auf das Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen wird die Aufgabe durch den Gegenstand des Anspruchs 11 gelöst. Mit Blick auf den Nocken wird die Erfindung durch den Gegenstand des Anspruchs 12 gelöst.

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, ein Verfahren zum Herstellen von Nocken für Nockenwellen anzugeben, bei welchem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- a) Bereitstellen wenigstens eines Nockens aus einem elektrisch leitenden Werkstoff, insbesondere aus Metall, und dann
- b) Bearbeiten des Nockens durch elektrochemisches Abtragen, wobei der Nocken die Anode und ein Werkzeug die Kathode bilden, ein Elektrolyt zwischen den Nocken und das Werkzeug eingebracht wird, und eine elektrische Spannung an den Nocken und das Werkzeug zum Abtragen von Nockenmaterial angelegt wird.

Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die erfindungsgemäßen Nocken in einem einzigen Schritt bearbeitet werden können, ohne dass zwischen Werkzeug

und Nocken ein mechanischer Kontakt entsteht. Daher werden mechanischen Belastungen, Mikrorisse sowie Gefügeveränderungen in den Nocken weitgehend vermieden. Auch weist eine solche Nocke eine gegenüber den bekannten Nocken geringere Eigenspannung auf. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Werkzeuge zum Bearbeiten der Nocken nicht verschleifen und die Nocken nicht zusätzlich entgratet werden müssen. Ferner können nahezu alle Metalle, insbesondere hochlegierte und gehärtete Werkstoffe, elektrochemisch bearbeitet werden. Die Nocken sind daher aus einem, den Anforderungen an den Ventiltrieb entsprechenden, leitenden Werkstoff hergestellt. Der Nocken wird als Anode und das bearbeitende Werkzeug als Kathode an eine Spannungsquelle, insbesondere eine Gleichspannungsquelle, angeschlossen, wobei Nocken und Werkzeug bevorzugt in einer wässrigen Elektrolytlösung angeordnet sind. In der Elektrolytlösung findet ein Ladungsaustausch zwischen Nocken und Werkzeug statt, wodurch der Nocken berührungslos gezielt mit höchster Präzision bearbeitet wird.

Insgesamt stellt die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Nockens zur Verfügung, das bei hoher Präzision Kosten, sowie Zeit einspart und einfach ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst Schritt a) des Verfahrens das Umformen eines Halbzeugs zur Bildung des Nockens. Beim Umformen wird ein beispielsweise gegossenes Vormaterial in einen Nocken geformt, wobei der Werkstoff seine Masse und seinen Zusammenhalt beibehält. Vorteilhaft am Umformen sind die hohe Werkstoffausnutzung, geringe Fertigungszeit und die hohe Werkstückqualität, z. B. durch einen verbesserten Faserverlauf.

Vorzugsweise wird der Nocken geschmiedet. Mit anderen Worten wird als Werkstoff für die Nocken ein Stahl oder Sintermaterial verwendet. Stahlnocken werden als Rohteil geschmiedet und anschließend bearbeitet. Bei Sinternocken kann die Nockengeometrie exakter hergestellt werden, sodass weniger Bearbeitung nach der Herstellung erforderlich ist. Schmieden zeichnet sich durch eine größere Gestaltungsfreiheit und vielfältigen Möglichkeiten zur Wärme- und Oberflächenbehandlung aus. Im Unterschied zur Zerspanung können zähere Werkstücke mit einem verbesserten Faserverlauf hergestellt werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst Schritt a) des Verfahrens das Planschleifen des Nockens. Das Planschleifen hat den Vorteil, dass es gut zur Bearbeitung von harten Oberflächen, wie der Außenkontur der Nocken eingesetzt werden kann. Ferner können dabei eine hohe Maß- und Formgenauigkeit erzeugt werden.

Es ist weiter bevorzugt, dass Schritt a) des Verfahrens das Wärmebehandeln des Nockens, insbesondere das Härten des Nockens, umfasst. Durch das Wärmebehandeln bzw. Härten wird die mechanische Widerstandsfähigkeit des Nockens durch gezielte Änderung und Umwandlung seines Gefüges erhöht. Wärmebehandelte, insbesondere gehärtete Nocken weisen eine optimale Festigkeitssteigerung und hohe Verschleißbeständigkeit auf.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst Schritt b) des Verfahrens das Herstellen einer Innenkontur des Nockens. Konkret wird die Innenkontur des Nockens elektrochemisch bearbeitet. Vorteilhaft daran ist, dass kein zusätzliches Räumen der Innenkontur notwendig ist, und somit Kosten eingespart werden können.

Weiterhin ist bevorzugt, dass Schritt b) des Verfahrens das Herstellen einer Außenkontur des Nockens umfasst. Mit anderen Worten werden beispielsweise Einführfasen und andere beliebige Außenkonturen elektrochemisch hergestellt. Besonders vorteilhaft dabei ist, dass durch den eigenspannungsfreien Materialabtrag sanfte Übergänge und hochwertige Oberflächen ohne Gratbildung herstellbar sind.

Vorzugsweise umfasst Schritt b) des Verfahrens das Herstellen einer Stirnflächenkontur des Nockens. Das Herstellen der Stirnflächenkontur durch die elektrochemische Metallbearbeitung hat den Vorteil, dass nicht laufflächengebundene Oberflächengüten, insbesondere gemittelte Rauhtiefen $< R_z1$, herstellbar sind. Weiterhin ist ein Profilschleifen der Nocken nicht mehr notwendig, weil die den Anforderungen entsprechende Oberflächengüte bereits durch das elektrochemische Bearbeiten erzeugt wird. Ferner wird der Herstellungsaufwand reduziert, da kein Einsatz von Schleifdornen erfolgt und somit das Handling vereinfacht ist.

Weiter vorzugsweise werden mehrere Nocken gleichzeitig in Schritt b) des Verfahrens bearbeitet. Somit können in einem Arbeitsschritt mehrere Nocken, insbesondere bis zu ca. 48 Stück, gleichzeitig elektrochemisch bearbeitet werden. Im Vergleich zu anderen Herstellungsverfahren können Prozessschritte und Prozessdauer reduziert werden, indem die Nocken nicht einzeln bearbeitet werden müssen, wie z.B. das Einspannen zwischen Schleifdornen beim Schleifen.

Im Rahmen der Erfindung wird weiter ein Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen angegeben, bei dem folgende Schritte der Reihe nach durchgeführt werden:

- a) Rollieren einer Welle;
- b) Kühlen der Welle und Erwärmen wenigstens eines Nockens, der nach dem Verfahren nach Anspruch 1 hergestellt ist;
- c) Vorfügen der Welle und des Nockens;
- d) Einstellen der Endposition des Nockens auf der Welle und Ausgleichen der Temperaturen der Welle und des Nockens.

Die so gebildeten Nockenwellen lassen sich einfach und kostengünstig in wenigen Prozessschritten herstellen. Im ersten Schritt des Verfahrens wird die Welle rolliert, um auf der Welle eine Geometrie herzustellen, auf welcher der Nocken positionsgenau angeordnet werden kann. Unter Rollieren wird ein spanloses Kaltumformungsverfahren verstanden, bei dem das vorhandene Oberflächenprofil der Zahnwelle plastisch verformt wird. Es wird ein Rollierwerkzeug mit mehreren Schneiden senkrecht zur Mantelfläche der Zahnwelle an die rotierende Zahnwelle angepresst. Die Kraft ist so gewählt, dass das Rollierwerkzeug nicht-spanend arbeitet, sondern das Material lediglich verformt. Dabei findet ein Materialfluss von den Zähnen zwischen die Schneiden und zwischen die Zahnflanken statt.

Im zweiten Schritt, dem Kühlen der Welle und Erwärmen wenigstens eines Nockens, wird die Welle derart gekühlt und der Nocken derart erwärmt, dass sich das Volumen der Welle unter Einwirkung der Kälte verringert und der Nocken unter Einwirkung der Wärme ausdehnt, sodass Welle und Nocken kraftlos gefügt werden können. Mit anderen Worten wird der Umfang der Welle reduziert (Schrumpfen), und der Umfang der Innenkontur des Nockens gedehnt, damit die Nocken auf die Welle geschoben werden können. Dies hat den Vorteil, dass die Nocken nicht unter hoher Krafteinwirkung auf die Welle gepresst werden müssen,

wodurch es zum Festfressen oder zu Beschädigungen der Passflächen kommen kann. Ferner können Kosten eingespart werden, da der Einsatz von speziellen Ölen zum Herstellen der Pressverbindung nicht erforderlich ist.

Im dritten Prozessschritt, dem Vorfügen der Welle und des Nockens, werden die Nocken axial auf der rollierten Welle exakt positioniert. Der gedehnte Nocken wird auf der rollierten Geometrie der Welle angeordnet, um nach dem Angleichen der Temperaturen von Welle und Nocken eine Pressverbindung herzustellen.

Im letzten Prozessschritt werden die Nocken radial und axial auf der Welle ausgerichtet und die Temperaturen der Welle und des Nockens werden angeglichen. Konkret werden die Bauteile mittels Kraft-Weg-Überwachung axial- und winkelorientiert auf Endposition gesetzt. Dadurch entsteht eine kraft- und formschlüssige Pressverbindung zwischen Nocken und Welle, wobei die Nocken den Anforderungen an den Ventiltrieb entsprechend ausgerichtet sind.

Das Vorfügen kann ein Vorpositionieren umfassen, welches kraftlos zur Welle ausgeführt werden kann, sodass die Nocke auf der Welle willkürlich ausgerichtet wird. Beim Vorpositionieren wird wegen der geringen Überdeckung nur eine sehr geringe Fügekraft benötigt. Es ist für das nachfolgende Fügen auf Endposition daher von Vorteil, wenn eine definierte Position bzw. Winkelausrichtung vorliegt.

Im Rahmen der Erfindung wird ein weiteres Verfahren zum Herstellen von Nockenwellenmodulen angegeben, bei dem folgende Schritte in dieser Reihenfolge durchgeführt werden:

- a) Bereitstellen einer Zylinderkopfabdeckung, insbesondere mit integrierten Lagerschalen;
- b) Rollieren wenigstens einer Welle;
- c) Kühlen wenigstens einer Welle und Erwärmen wenigstens eines Nockens, der nach dem Verfahren nach Anspruch 1 hergestellt ist;
- d) Anordnen, insbesondere in den Lagerschalen, und Vorfügen wenigstens einer Welle und des Nockens in der Zylinderkopfabdeckung; und

- e) Einstellen der Endposition des Nockens auf der Welle und
Ausgleichen der Temperaturen der Welle und des Nockens.

Die so hergestellten Nockenwellenmodule zeichnen sich durch eine besonders kompakte Bauweise und Gewichtsreduzierung aus. Somit werden der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen von Fahrzeugen gesenkt. Ferner weist das erfindungsgemäße Nockenwellenmodul geringe Systemkosten durch Bearbeitungs- und Montagevorteile auf. Besonders vorteilhaft ist, dass die Nocken und Nockenwellen in der Zylinderkopfabdeckung gefügt werden können. Konkret wird die Welle derart gekühlt, sodass diese in die Zylinderkopfabdeckung bzw. Lagerschalen und gleichzeitig mit den erwärmten Nocken kraftlos gefügt werden kann. Dies ist bei Nockenwellen, die zum Beispiel durch Innenhochdruckfügeverfahren hergestellt werden, nicht möglich, da die Nocken vor der Montage des Zylinderkopfes bereits gefügt sind. Darüber hinaus kann das Verfahren alternativ oder zusätzlich einzelne oder eine Kombination mehrerer zuvor in Bezug auf das Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen genannte Merkmale aufweisen.

Im Rahmen der Erfindung wird weiterhin ein Nocken zur Verwendung in einer gebauten Nockenwelle angegeben, der durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt ist. Bevorzugt wird der Nocken geschmiedet, gehärtet und plangeschliffen. Im Anschluss wird der Nocken mit dem ECM Verfahren (elektrochemische Metallbearbeitung) bearbeitet. Der Nocken kann alternativ oder zusätzlich einzelne oder eine Kombination mehrerer zuvor in Bezug auf das Verfahren zum Herstellen von Nocken für Nockenwellen genannte Merkmale aufweisen.

Zusammengefasst ermöglicht die Erfindung die Herstellung von Nocken für Nockenwellen, wobei in einem Arbeitsschritt die Innenkontur, Einführfasen sowie die Außenkontur des Nockens hergestellt werden können. Daher ist das Bearbeitungsverfahren einfach durchzuführen und erfordert keinen hohen Zeit- und/oder Kostenaufwand. Mit dem Verfahren können die sonst einzeln durchzuführenden Arbeitsschritte wie Spindeln, Räumen und Schleifen eingespart werden. Ferner kann die Zähnezahl der Nocken beliebig verändert werden und es sind nicht laufflächengebundene Oberflächengüten herstellbar.

Nachfolgend wird die Erfindung mit weiteren Einzelheiten unter Bezug auf die beigefügten schematischen Zeichnungen näher anhand von Ausführungsbeispielen erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Nockens nach einer erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- Fig. 2a eine perspektivische Ansicht eines Nockens nach einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform;
- Fig. 2b einen Schnitt durch den Nocken gemäß Fig. 2a,
- Fig. 3 einen Schiebenocken im Schnitt nach einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform;

In Fig. 1 ist ein Nocken 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Der Nocken weist eine nicht rotationssymmetrische bzw. ovale Außenkontur 12 mit einer den Anforderungen entsprechender Wanddicke auf. Der Nocken 10 weist ferner eine Öffnung 15 auf, um mit einer Nockenwelle verbunden zu werden. Der Außenumfang der Öffnung 15 bildet die Innenkontur 11 des Nockens 10. Zwischen der Außenfläche 16 und der Innenkontur 12 ist eine Einführfase 13 angeordnet.

Der Nocken 10, insbesondere die Einführfase 13, die Innenkontur 11 und die Außenkontur 12, sind mit dem ECM-Verfahren (elektrochemische Metallbearbeitung) hergestellt. Dabei wird der Nocken 10 in eine Elektrolytlösung, z. B. eine wässrige Lösung aus Natriumchlorid oder Natriumnitrat, eingebracht und als Anode mit einer Spannung beaufschlagt. In der Lösung wird er mit einer Werkzeugkathode berührungslos durch einen Ladungsaustausch bearbeitet, wobei ein Elektronenstrom Metallionen vom Nocken 10 ablöst und dadurch die gewünschte Form bzw. Oberflächengüte herstellt.

In Fig. 2a ist ein Nocken 10 nach einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform dargestellt. Der Nocken 10 weist eine ovale Außenfläche 10 mit einer Öffnung 15 auf. Die Öffnung 15 dient der Aufnahme einer Nockenwelle und

ist mit einer der Welle entsprechenden Innenkontur 11 gebildet. Um den Nocken einfach mit der Welle zu verbinden, sind axial zurück gesetzte Stirnflächen 14 mit Einführfasen an der Außenfläche 16 des Nockens 10 angeordnet. Wie in Fig. 2b dargestellt ist, können die axial zurück gesetzten Stirnflächen 14 und die Einführfasen unterschiedlich ausgebildet sein. Ferner können die Öffnung 15 und die Außenkontur 12 entsprechend den Anforderungen an den Ventiltrieb bzw. die Nockenwellen variieren.

Das vorstehende Profil bzw. die Außenkontur 12 sind durch das ECM-Verfahren hergestellt.

Fig. 3 zeigt einen Nocken 10, insbesondere einen Schiebenocken, nach einem weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel. Der Schiebenocken 10 ist aus einer Schaltkulisse 18 sowie links und rechts davon angeordneten Nockenbahnen 17 gebildet, wobei mit jeder der Nockenbahnen 17 ein unterschiedlicher Ventilhub eingestellt werden kann. Der Schiebenocken kann mehrere Schaltkulissen 18 sowie eine beliebige Anzahl an Nockenbahnen 17 aufweisen. Die Schaltkulisse 18 dient zur axialen Verschiebung des Nockens 10. Die Innenkontur 11 weist Ausnehmungen 19 auf, um den Nocken 10 mit einer Welle, insbesondere einer rollierten Welle, zu verbinden. Besonders bevorzugt wird der Schiebenocken 10 drehfest aber axial verschiebbar mit der Welle verbunden. Die Innenkontur 11 kann ferner nicht gezeigte Drehmomentübertragungsvertiefungen aufweisen. Die Innenkontur 11 mit den Ausnehmung und äußeren Oberflächen sind mit dem ECM-Verfahren hergestellt bzw. bearbeitet.

Schiebenocken 10 haben den Vorteil, dass durch Aufteilung eines Kennfelds in mehrere Ventilhubbereiche eine Verschiebung der Schaltpunkte zu höheren oder niedrigeren Drehzahlen möglich ist. Ferner können Ventil-/Zylinderabschaltungen realisiert werden. Dies ermöglicht eine Kraftstoffverbrauchsreduzierung und somit die Senkung der CO₂ Emissionen.

Bezugszeichenliste

10	Nocken
11	Innenkontur
12	Außenkontur
13	Einführfase
14	axial zurück gesetzte Stirnfläche
15	Öffnung
16	Außenfläche
17	Nockenbahn
18	Schaltkulisse
19	Ausnehmung

Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Nocken (10) für Nockenwellen, bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:
 - a) Bereitstellen wenigstens eines Nockens (10) aus einem elektrisch leitenden Werkstoff, insbesondere aus Metall, und dann
 - b) Bearbeiten des Nockens (10) durch elektrochemisches Abtragen, wobei der Nocken (10) die Anode und ein Werkzeug die Kathode bilden, ein Elektrolyt zwischen den Nocken und das Werkzeug eingebracht wird und eine elektrische Spannung an den Nocken und das Werkzeug zum Abtragen von Nockenmaterial angelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet, dass
Schritt a) das Umformen eines Halbzeugs zur Bildung des Nockens (10) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2
dadurch gekennzeichnet, dass
der Nocken (10) geschmiedet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
Schritt a) das Planschleifen des Nockens (10) umfasst.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
Schritt a) das Wärmebehandeln des Nockens (10), insbesondere das Härten des Nockens (10) umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
Schritt b) das Herstellen einer Innenkontur (11) des Nockens (10) umfasst.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass

Schritt b) das Herstellen einer Außenkontur (12) des Nockens (10) umfasst.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
Schritt b) das Herstellen einer Stirnflächenkontur des Nockens (10) umfasst.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Nocken (10) gleichzeitig in Schritt b) bearbeitet werden.
10. Verfahren zum Herstellen von Nockenwellen, bei dem folgende Schritte in dieser Reihenfolge durchgeführt werden:
 - a) Rollieren einer Welle;
 - b) Kühlen der Welle und Erwärmen wenigstens eines Nockens (10), der nach dem Verfahren nach Anspruch 1 hergestellt ist;
 - c) Vorfügen der Welle und des Nockens (10);
 - d) Einstellen der Endposition des Nockens (10) auf der Welle und Ausgleichen der Temperaturen der Welle und des Nockens (10).
11. Verfahren zum Herstellen von Nockenwellenmodulen, bei dem folgende Schritte in dieser Reihenfolge durchgeführt werden:
 - a) Bereitstellen einer Zylinderkopfabdeckung, insbesondere mit integrierten Lagerschalen;
 - b) Rollieren wenigstens einer Welle;
 - c) Kühlen wenigstens einer Welle und Erwärmen wenigstens eines Nockens (10), der nach dem Verfahren nach Anspruch 1 hergestellt ist;
 - d) Anordnen, insbesondere in den Lagerschalen, und Vorfügen wenigstens einer Welle und des Nockens (10) in der Zylinderkopfabdeckung; und
 - e) Einstellen der Endposition des Nockens (10) auf der Welle und Ausgleichen der Temperaturen der Welle und des Nockens (10).

12. Nocken (10) hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Verwendung in einer gebauten Nockenwelle.

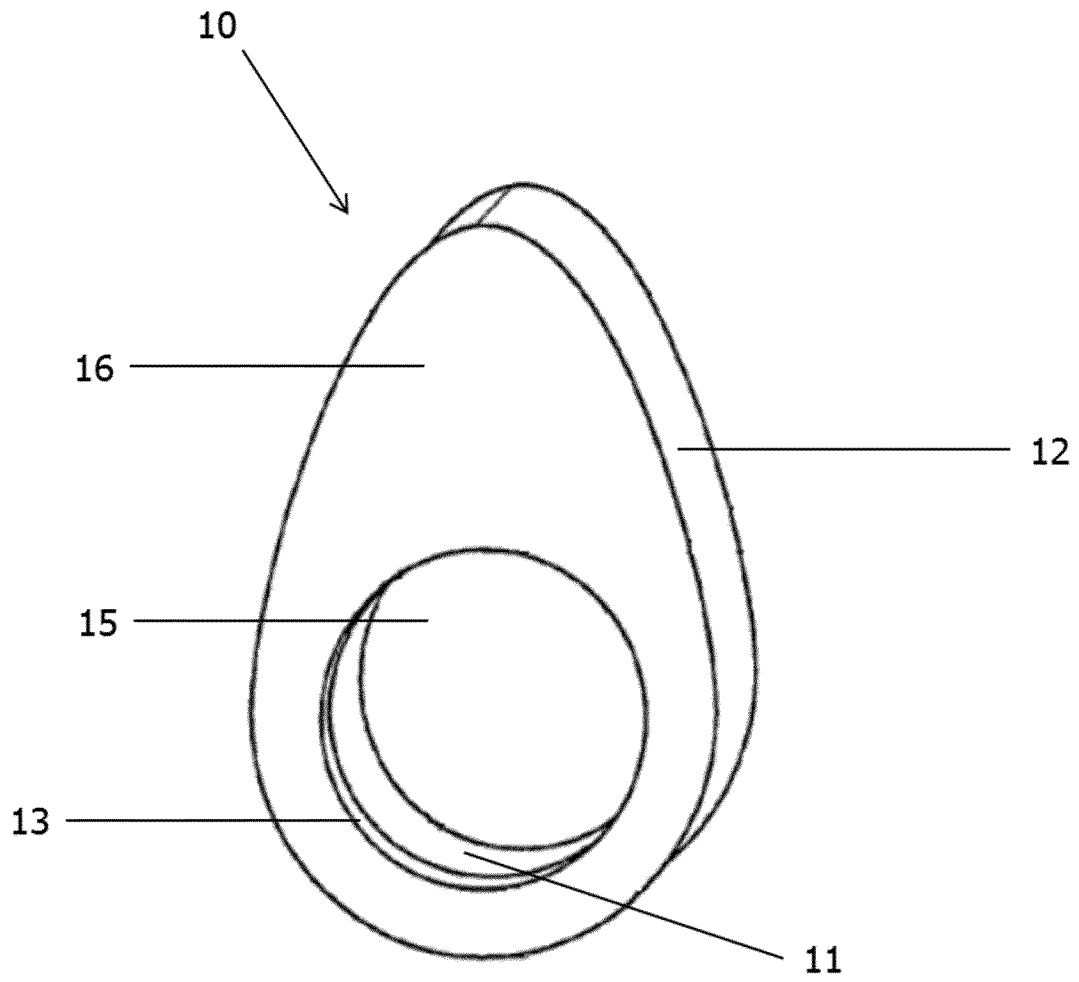


Fig. 1

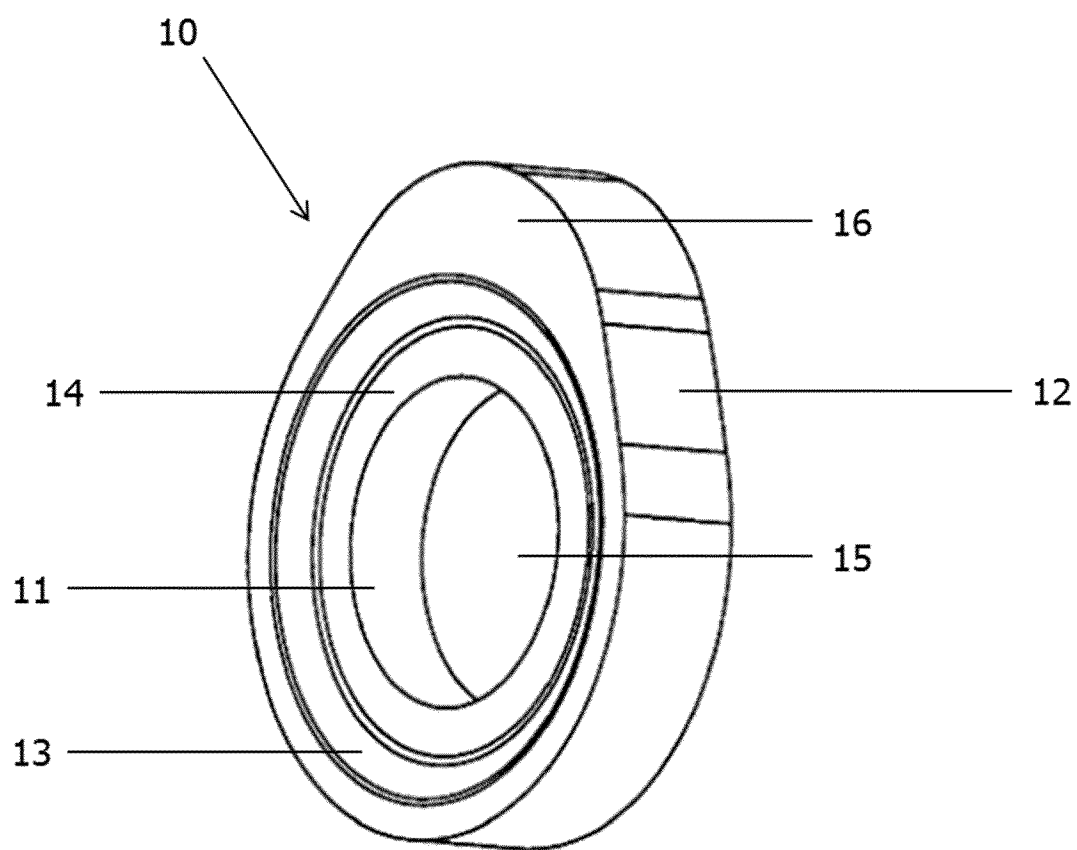


Fig. 2a

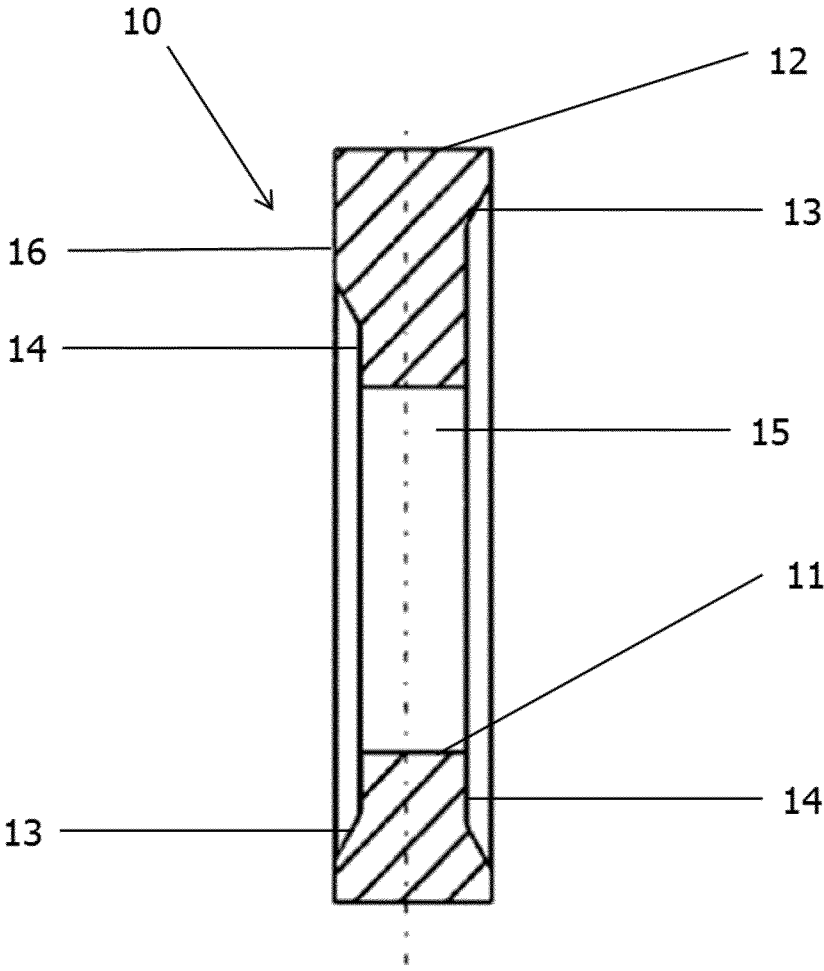


Fig. 2b

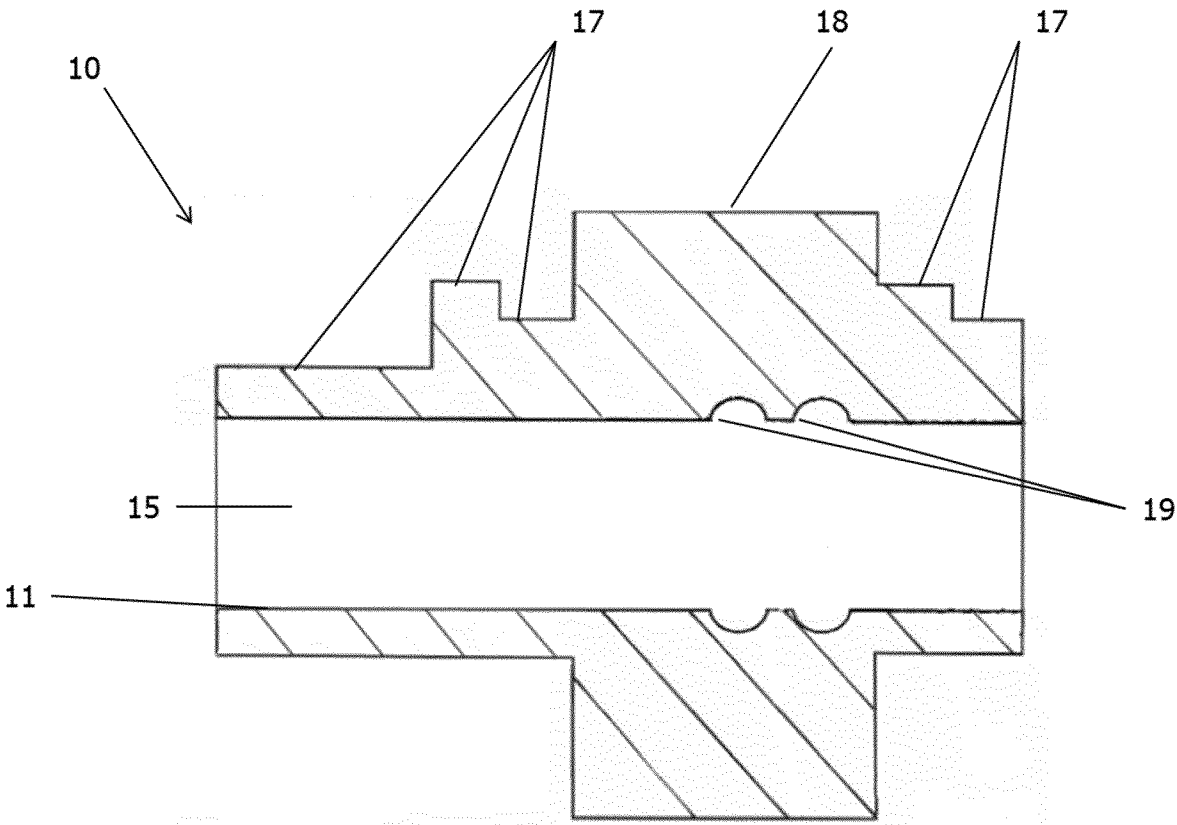


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/081578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B23H9/00 B23P11/02 F01L1/047
ADD. B23H3/00

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)
B23H B23P F01L

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 2014 012180 A1 (EMAG HOLDING GMBH [DE]) 18 February 2016 (2016-02-18)	1-9,12
Y	figures 1,2 paragraph [0006] paragraph [0010]	10,11
X	----- KANG MIN ET AL: "Experimental study on numerical control electrochemical machining of rotary parts", INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION CONFERENCE 2009 (ITIC 2009), 1 January 2009 (2009-01-01), pages 31-31, XP055446551, DOI: 10.1049/cp.2009.1409 ISBN: 978-1-84919-139-5 figures 9,10 ----- -/-	1,7,8



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

1 February 2018

Date of mailing of the international search report

08/02/2018

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

Jaeger, Hein

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/081578

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2012 025442 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 26 June 2014 (2014-06-26) paragraphs [0035] - [0037] paragraph [0042] -----	10,11
A	DE 10 2014 011067 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 28 January 2016 (2016-01-28) claim 8 -----	10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/081578

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102014012180 A1	18-02-2016	CH 710045 A2	29-02-2016
		CN 105364234 A	02-03-2016
		DE 102014012180 A1	18-02-2016
		FR 3024842 A1	19-02-2016
		JP 2016041466 A	31-03-2016
		TW 201615313 A	01-05-2016
		US 2016045968 A1	18-02-2016

DE 102012025442 A1	26-06-2014	CN 105026101 A	04-11-2015
		DE 102012025442 A1	26-06-2014
		EP 2934814 A2	28-10-2015
		JP 2016506471 A	03-03-2016
		KR 20150096522 A	24-08-2015
		US 2015343576 A1	03-12-2015
		WO 2014101991 A2	03-07-2014

DE 102014011067 A1	28-01-2016	CN 106536873 A	22-03-2017
		DE 102014011067 A1	28-01-2016
		EP 3172009 A1	31-05-2017
		JP 2017523341 A	17-08-2017
		KR 20170038794 A	07-04-2017
		US 2017211680 A1	27-07-2017
		WO 2016012206 A1	28-01-2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B23H9/00 B23P11/02 F01L1/047
 ADD. B23H3/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B23H B23P F01L

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 2014 012180 A1 (EMAG HOLDING GMBH [DE]) 18. Februar 2016 (2016-02-18)	1-9,12
Y	Abbildungen 1,2 Absatz [0006] Absatz [0010]	10,11
X	KANG MIN ET AL: "Experimental study on numerical control electrochemical machining of rotary parts", INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION CONFERENCE 2009 (ITIC 2009), 1. Januar 2009 (2009-01-01), Seiten 31-31, XP055446551, DOI: 10.1049/cp.2009.1409 ISBN: 978-1-84919-139-5 Abbildungen 9,10	1,7,8
	----- -/-	



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

1. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/02/2018

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

Jaeger, Hein

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2012 025442 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 26. Juni 2014 (2014-06-26) Absätze [0035] - [0037] Absatz [0042] -----	10,11
A	DE 10 2014 011067 A1 (THYSSENKRUPP PRESTA TECCT AG [LI]) 28. Januar 2016 (2016-01-28) Anspruch 8 -----	10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/081578

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014012180 A1	18-02-2016	CH 710045 A2	29-02-2016
		CN 105364234 A	02-03-2016
		DE 102014012180 A1	18-02-2016
		FR 3024842 A1	19-02-2016
		JP 2016041466 A	31-03-2016
		TW 201615313 A	01-05-2016
		US 2016045968 A1	18-02-2016

DE 102012025442 A1	26-06-2014	CN 105026101 A	04-11-2015
		DE 102012025442 A1	26-06-2014
		EP 2934814 A2	28-10-2015
		JP 2016506471 A	03-03-2016
		KR 20150096522 A	24-08-2015
		US 2015343576 A1	03-12-2015
		WO 2014101991 A2	03-07-2014

DE 102014011067 A1	28-01-2016	CN 106536873 A	22-03-2017
		DE 102014011067 A1	28-01-2016
		EP 3172009 A1	31-05-2017
		JP 2017523341 A	17-08-2017
		KR 20170038794 A	07-04-2017
		US 2017211680 A1	27-07-2017
		WO 2016012206 A1	28-01-2016
