(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
22. August 2013 (22.08.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/120480 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B24B 39/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2013/000097

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2013 (15.02.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 003 476.8
16. Februar 2012 (16.02.2012) DE

(71) Anmelder: **HEGENSCHEIDT-MFD GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Hegenscheidt Platz, 41812 Erkelenz (DE).

(72) Erfinder: **KNIPPING, Daniel**; Haaserdriesch 26, 52525 Waldfeucht (DE). **HOCHBEIN, Helmut**; Hermelsbacherweg 16, 57072 Siegen (DE).

(74) Anwälte: **FINDEISEN, Andreas** et al.; Findeisen & Neumann, Pornitzstrasse 1, 09112 Chemnitz (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND TOOL FOR INCREASING THE STRENGTH OF SHAFTS, IN PARTICULAR OF CRANKSHAFTS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND WERKZEUG ZUM ERHÖHEN DER FESTIGKEIT VON WELLEN, INSBESONDERE VON KURBELWELLEN

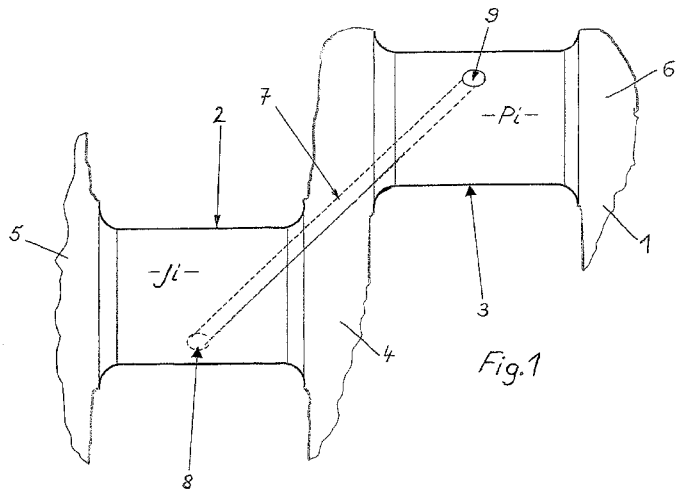


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a compression roller tool for increasing the strength of load-bearing surfaces on shafts, in particular on crankshafts, which surfaces are pre-machined with the removal of chips, wherein the cylindrical surfaces of the main bearing journals and pin-bearing journals and optionally also of the journal of crankshafts have additional oil bores. According to the method, at least one of the load-bearing surfaces is compression-rolled by way of at least one cylindrical body which has a surface structure and extends over the width of the load-bearing surface. Afterwards, the compression-rolled load-bearing surfaces are machined with the removal of chips with a low chip depth. The compression roller tool consists of a cylindrical compression roller body and a supporting body which lies opposite it, wherein the compression roller body has thickened portions on its cylindrical surface, which thickened portions run either in the circumferential direction or in the axial direction or diagonally with respect to the axial direction.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/120480 A1

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Festwalzwerkzeug zum Erhöhen der Festigkeit von tragenden Flächen an Wellen, insbesondere an Kurbelwellen, die spanabhebend vorbearbeitet sind, wobei die zylindrischen Flächen der Haupt- und Hublagerzapfen und gegebenenfalls auch des Zapfens von Kurbelwellen zusätzliche Ölbohrungen aufweisen. Nach dem Verfahren wird wenigstens eine der tragenden Flächen mit wenigstens einem zylindrischen Körper festgewalzt, der eine Oberflächenstruktur aufweist und sich über die Breite der tragenden Fläche erstreckt. Danach werden die festgewalzten tragenden Flächen mit geringer Spantiefe spanabhebend bearbeitet. Das Festwalzwerkzeug besteht aus einem zylindrischen Festwalzkörper und einem gegenüberliegenden Stützkörper, wobei der Festwalzkörper auf seiner zylindrischen Oberfläche Verdickungen aufweist, die entweder in Umfangsrichtung oder in axialer Richtung oder diagonal zur axialen Richtung verlaufen.

Verfahren und Werkzeug zum Erhöhen der Festigkeit von Wellen, insbesondere von Kurbelwellen

Die Erfindung betrifft eine technische Lösung zum Erhöhen der Festigkeit von tragenden Flächen an Wellen, insbesondere von zylindrischen Flächen an Kurbelwellen, die spanabhebend vorbearbeitet sind, wobei die zylindrischen Flächen der Haupt- und Hublagerzapfen und gegebenenfalls auch des Zapfens von Kurbelwellen zusätzlich Ölbohrungen aufweisen.

Kurbelwellen für Verbrennungsmotoren für Personenkraftwagen sind Großserienteile mit Stückzahlen im Millionenbereich. Dabei werden geschmiedete Kurbelwellen aus Stahl bevorzugt für hoch belastete Kurbelwellen (z.B. bei Dieselmotoren) verwendet. Deutlich kostengünstiger sind Kurbelwellen aus Gusseisen, die bevorzugt im Bereich von normalbelasteten Motoren eingesetzt werden. Der Fortschritt der Motorenentwicklung führt zu höheren Gaskräften und somit zu höher belasteten Kurbelwellen, wobei aus Gründen des Energieverbrauchs die Lagerabmessungen kleiner werden (Stichwort "Downsizing"). Die Tragfähigkeit der Lager der Kurbelwellen aus Stahl oder Guss wird damit zunehmend erschöpft.

Hochbelastete Lager arbeiten dabei teilweise im Mischreibungsgebiet und das bei modernen Fahrzeugen übliche Ausschalten der Motoren im lastlosen Zustand mit Start-Stop-Zyklen verschleißt die Lager zusätzlich. Die Lagerspalte beim Betrieb der Motoren liegen rechnerisch im Bereich bis unter 1 µm. Hochbelastete Lager sind sehr formgenau und verlangen aufgrund der chemischen Affinität zum Metall der Lagerschale eine sehr geringe Oberflächenrauheit. Eine gehärtete Lagerlauffläche bietet Vorteile beim Transport und Handhaben der Kurbelwelle sowie hinsichtlich der Lagertragfähigkeit. Um diese Vorteile zu nutzen, ist nur eine sehr geringe Härtetiefe im Bereich von 1/10 mm notwendig.

Zum Schutz der Öllochbohrungen findet das Härten ebenfalls Anwendung.

Aber nicht nur Kurbelwellen weisen tragende Flächen an den Haupt- und Hublagern sowie am Zapfen auf. Auch Nockenwellen haben vergleichbare tragende Flächen, die sich auf den Köpfen der Zylinderventile abwälzen. Allerdings haben die tragenden Flächen von Nockenwellen im Unterschied zu tragenden Flächen von Kurbelwellen

einen Querschnitt, der sich aus einem Groß- und einem Kleinkreis zusammensetzt. Für beide Arten von Wellen ist das Erhöhen der Festigkeit der tragenden Flächen gleichermaßen vorgesehen.

Das Härten von tragenden Flächen durch beispielsweise Induktionshärten oder Nitrieren ist dem einschlägigen Fachmann hinreichend bekannt. Ebenso verhält es sich mit den Einrichtungen zum Festwalzen von Lagerradien, so dass auf eine Beschreibung von derartigen Einrichtungen im Rahmen der vorliegenden Erfindung verzichtet werden kann. Im Vergleich mit dem Härten ist das Festwalzen ein kostengünstiges und sehr umweltfreundliches Verfahren. Beim Festwalzen wird die Lauffläche unter hohem Druck von einem aus Werkzeugstahl oder Hartmetall bestehenden Festwalzkörper verformt und festgewalzt. Festgewalzte Oberflächen zeichnen sich durch positive Druckeigenspannungen bis zu einer Tiefe im mm-Bereich aus. Durch das Festwalzen wird somit die Festigkeit auch nach den nachfolgenden Feinbearbeitungsprozessen sichergestellt und die Lagerlauffläche widerstandsfähiger gemacht gegen Oberflächenbeschädigungen beim Montagetransport oder im Motorlauf. Dadurch wird auch der Lagerverschleiß im Motorbetrieb verringert. Die Gleitlagerschalen der Gegenlaufflächen haben folglich eine längere Lebensdauer.

Hieraus ergibt sich die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, anstelle durch Härten die Festigkeit der Laufflächen an Haupt- und Hublagern sowie am Zapfen- und Flanschdurchmesser von Kurbelwellen aus Stahl oder Guss oder sonstigen metallischen Zusammensetzungen durch Festwalzen zu erhöhen und somit die Lebensdauer von Verbrennungsmotoren zu steigern. Die Steigerung der Festigkeit der Öllochbohrungen soll ebenfalls durch Festwalzen anstelle von Härten erfolgen.

Der Anmelderin ist ein einschlägiger Stand der Technik bekannt, insbesondere aus JP 2006 34 6801 A1 und WO 2006/135 014 A1, die nachfolgend erläutert werden.

Aus JP 2006 34 6801 A1 ist bekannt, das Gefüge der Oberfläche eines Lagerzapfens einer Kurbelwelle zu verbessern, der keine seitlichen Einstiche aufweist, und zugleich den Lagerzapfen auf besondere Weise glatt zu walzen, auch wenn er eine Ölbohrung hat. Dazu ist ein Paar von Glattwalzrollen vorgesehen, die in identischer Scheibenform ausgestaltet sind. Auf ihrem Umfang, der auf dem Lagerzapfen abrollt,

haben die Glattwalzrollen einen ersten bis vierten Vorsprung, zwischen denen sich in der axialen Richtung gleichgroße Zwischenräume befinden. Die Zwischenräume zwischen angrenzenden Vorsprüngen sind größer als der Innendurchmesser einer Ölbohrung. Bei einer auf diese Weise glattgewalzten Oberfläche wird demnach auf eine nachträgliche spanabhebende Bearbeitung mit geringer Spantiefe offensichtlich verzichtet, so dass in den Lagerzapfen eine Wellenstruktur eingewalzt wird. Die Ölbohrungen werden ausdrücklich nicht bearbeitet.

Aus WO 2006/135 014 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Glattwalzen von Kurbelwellen bekannt. Ein Paar scheibenförmige Glattwalzrollen sind auf gleicher Höhe einander gegenüberliegend zu beiden Seiten eines Lagerzapfens einer Kurbelwelle angeordnet. Die Kurbelwelle wird von einer Antriebsquelle in Umdrehung versetzt. Das Paar Glattwalzrollen wird in einer Richtung voneinander weg bewegt, während der Lagerzapfen der Kurbelwelle von den äußeren Umfangsflächen der Glattwalzrollen gehalten wird, die das Glattwalzen der Kurbelwelle bewirken. In dieser Veröffentlichung wird jedoch nichts darüber ausgesagt, ob zugleich mit dem Glattwalzen eine Oberflächenstruktur in die glattgewalzten Lagerzapfen eingebracht wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird dadurch gelöst, dass man wenigstens eine tragende Fläche mit wenigstens einem zylindrischen Festwalzkörper festwalzt, der eine Oberflächenstruktur aufweist und sich über die Breite der tragenden Fläche erstreckt und dass man abschließend die festgewalzte tragende Fläche mit geringer Spantiefe spanabhebend bearbeitet.

Vorzugsweise wird mit drei zylindrischen Festwalzkörpern gleichzeitig festgewalzt.

Bevorzugt werden die tragenden zylindrischen Flächen an den Haupt- und Hublagerzapfen von Kurbelwellen festgewalzt. Aber auch der Flansch einer Kurbelwelle kann so bearbeitet werden, um dessen Oberflächenfestigkeit zu erhöhen und somit das Entstehen von Riefen zu vermeiden, die sich im Laufe des Betriebs ausbilden und durch die Öl hindurch sickern kann.

Auch der Zapfen einer Kurbelwelle, der gegebenenfalls eine Ölbohrung aufweist, wird auf die gleiche Weise festgewalzt.

Bevorzugt werden Haupt- und Hublagerzapfen sowie der Zapfen von Kurbelwellen mit einem zylindrischen Festwalzkörper festgewalzt, der im Bereich der Ölbohrung eine punktförmige Verdickung hat.

Es wird mit mehreren zylindrischen Festwalzkörpern festgewalzt, die Verdickungen aufweisen, welche sich über die Breite der festzuwalzenden zylindrischen Fläche aneinander reihen.

Nachdem man mit Festwalzkörpern festwalzt, die eine strukturierte Oberfläche haben, ist eine spanabhebende Nachbearbeitung mit geringer Spantiefe erforderlich, um die Formgenauigkeit der festgewalzten Flächen wieder herzustellen. Die dermaßen nachbearbeiteten tragenden Flächen werden abschließend noch geglättet, beispielsweise durch Glattwalzen oder durch eine Oberflächenbehandlung mit einem Laserstrahl.

Bei einem Festwalzwerkzeug zum Durchführen des Verfahrens ist wenigstens ein zylindrischer Festwalzkörper und wenigstens ein Stützelement vorgesehen, das bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Fläche dem Festwalzkörper gegenüberliegt, wobei der Festwalzkörper auf seiner zylindrischen Oberfläche Verdickungen oder Einkerbungen aufweist, die entweder in Umfangsrichtung oder in axialer Richtung oder diagonal zur axialen Richtung verlaufen.

Als geeignet hat sich ein Festwalzkörper erwiesen, der auf seiner zylindrischen Oberfläche Einkerbungen aufweist, welche einem Rautenmuster ähneln. Bei der Verwendung von mehreren Festwalzkörpern ist vorgesehen, dass sie, bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Flächen, einander gegenüberliegen.

Bei der Verwendung von drei Festwalzkörpern in einem Festwalzwerkzeug hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn diese drei Festwalzkörper, bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Fläche, eine dreieckige Anordnung haben.

Vorteilhaft ist es, wenn die Oberflächenstrukturen von wenigstens zwei Festwalzkörpern einander nachfolgen. Bei drei Festwalzkörpern kann ein

Festwalzkörper als Stützkörper ausgebildet sein, der eine glatte zylindrische Oberfläche aufweist. Einer der Festwalzkörper sollte jedoch auf seiner ansonsten glatten zylindrischen Oberfläche eine punktförmige Verdickung haben, die genau an der Stelle vorgesehen ist, welche beim Abwälzen des Festwalzkörpers auf einer tragenden Fläche auf eine - dort vorhandene - Ölbohrung auftrifft.

Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben. Es zeigen jeweils nicht maßstäblich sowie weitgehend schematisch

Fig. 1 einen Längsabschnitt einer Kurbelwelle
Fig. 2 zwei zueinander gehörende Festwalzkörper jeweils in Stirn- und Seitenansicht
Fig. 3 einen weiteren Festwalzkörper in der Stirn- und Seitenansicht
Fig. 4 einen weiteren Festwalzkörper mit einer punktförmigen Verdickung in der Stirn- und Seitenansicht sowie in der Draufsicht
Fig. 5 eine mögliche Anordnung von Festwalzkörpern innerhalb eines Festwalzwerkzeugs

sodann nachfolgend jeweils in verkleinertem Maßstab die

Fig. 6 die Hauptlagerzapfen sowie den Zapfen und den Flansch einer Kurbelwelle
Fig. 7 die Hublagerzapfen
Fig. 8 den Verlauf der Ölbohrungen an Kurbelwellen

In Fig. 1 ist ein Längenabschnitt aus einer Kurbelwelle 1 mit einem Hauptlagerzapfen Ji und einem Hublagerzapfen Pi dargestellt. Die tragenden zylindrischen Flächen sind mit den Ziffern 2 und 3 bezeichnet. Zwischen dem Hauptlagerzapfen Ji und dem Hublagerzapfen Pi ist ein Abschnitt aus einer Wange 4 angedeutet. Weitere Wangenabschnitte 5 und 6 schließen sich an den äußeren Enden der Fig. 1 an. Angedeutet mit unterbrochenen Linien ist auch eine Ölbohrung 7 mit ihren jeweiligen Mündungen 8 und 9 auf den tragenden zylindrischen Flächen 2 bzw. 3.

Es ist nun vorgesehen, die tragenden zylindrischen Flächen 2 und 3 mit einem Festwalzwerkzeug 10 festzuwalzen, wie es in der Fig. 5 dargestellt ist. Bei dem Festwalzwerkzeug 10 sind drei zylindrische Festwalzkörper 11, 12 und 13 um einen Hauptlagerzapfen Ji oder einen Hublagerzapfen Pi herum angeordnet. Wie man der Fig. 5 unschwer entnehmen kann, haben die drei Festwalzkörper 11, 12 und 13 die Konfiguration eines Dreiecks 14. Während der Festwalzkörper 11 in einem eigenen

Festwalzgehäuse 15 gelagert ist, sind es die Festwalzkörper 12 und 13 in einem gemeinsamen Gehäuse 16.

Beispielsweise haben die Festwalzkörper 11 und 12, wie sie in Fig. 2 sowohl in der Seiten- als auch in der Stirnansicht dargestellt sind, auf ihren zylindrischen Oberflächen 17 und 18 Verdickungen 19 bzw. 20. Bei den Verdickungen 19 und 20 handelt es sich um wulstförmige Erhebungen, die sich über den Umfang der jeweiligen zylindrischen Oberflächen 17 und 18 erstrecken. Man erkennt, dass sich zwischen den jeweiligen Verdickungen 19 des Festwalzkörpers 11 immer eine Lücke 21 befindet. Das gleiche trifft zu bei den Verdickungen 20 auf der zylindrischen Oberfläche 18 des Festwalzkörpers 12 mit den Verdickungen 20. Auch hier besteht zwischen den Verdickungen 20 jeweils eine Lücke 22. Wie man weiter in Fig. 2 erkennen kann, liegen die Verdickungen 20 des Festwalzkörpers 12 genau den Lücken 21 des Festwalzkörpers 11 gegenüber. Das heißt, die Verdickungen 19 und 20 reihen sich in Richtung der Drehachsen 23 und 24 der Festwalzkörper 11 und 12 aneinander. Durch dieses Aneinanderreihen entsteht auf den festgewalzten tragenden Flächen 2 und 3 ein durchgängiges Muster. Die Verdickungen 19 und 20 sind nicht hoch, sie erheben sich zwischen 0,1 bis 0,5 mm über die jeweiligen zylindrischen Oberflächen 17 und 18. Ihre Breite ist ebenfalls gering und liegt zwischen 0,1 und 0,5 mm vorzugsweise 0,2 mm. Das gleiche trifft zu für die Abstände 21 und 22, sie liegen in der Regel zwischen 0,1 und 1,0 mm, vorzugsweise 0,5 mm auseinander. Gleichwohl wird durch das Festwalzen der tragenden Oberflächen 2 und 3 dort eine positive Druckeigenspannung erzeugt, die bis zu einer Tiefe im mm-Bereich reicht. Durch das Festwalzen wird somit die Festigkeit auch nach den nachfolgenden Feinbearbeitungsprozessen sichergestellt und die Lagerlauffläche 2 bzw. 3 widerstandsfähiger gegen Oberflächenbeschädigungen durch Montagetransport oder Motorlauf gemacht.

In Fig. 3 ist eine andere Art eines Festwalzköpers 25 in der Seiten- und Stirnansicht dargestellt. Auch dieser Festwalzkörper 25 weist Verdickungen 26 auf, die den Verdickungen 19 und 20 der Festwalzkörper 11 und 12 vergleichbar sind. Im Gegensatz dazu sind die Verdickungen 26 allerdings, wie man aus Fig. 3 deutlich erkennen kann, in Richtung der Drehachse 27 des Festwalzkörpers 25 angeordnet. Auch die Verdickungen 26 haben wiederum Abstände 28 voneinander.

Ein in Fig. 3 nicht mehr dargestellter zweiter Festwalzkörper hätte, analog zu der Darstellung in Fig.2, dieselbe Ausgestaltung. Auch hier würden die Verdickungen 26 zwischen beiden Festwalzkörpern ineinander greifen.

Neben der radialen und axialen Anordnung der Verdickungen 19, 20 bzw. 26 sind aber auch andere Anordnungen möglich, die beispielsweise diagonal über die zylindrischen Oberflächen 17, 18, 29 verlaufen. Durch derartige Anordnungen würden beispielweise auf den tragenden Flächen 2 und 3 Muster erzeugt, die rautiert oder wellig oder sonst wie figuriert sind.

Ein besonderes Problem stellen die Mündungen 8 und 9 der Ölbohrung 7 dar. Auch die Mündungen 8 und 9 bedürfen der besonderen Verfestigung, um einer möglichen, von dort ausgehenden Rissbildung vorzubeugen. Für diese Verfestigung ist ein besonderer Festwalzkörper 30 vorgesehen, wie er in Fig. 4 in der Seitenansicht, Draufsicht und Stirnansicht dargestellt ist. Der Festwalzkörper 30 weist auf seiner zylindrischen Oberfläche 32 eine linsenförmige Verdickung 31 auf. Die linsenförmige Verdickung 31 ist in der Weise angeordnet, dass sie beim Abwälzen des Festwalzköpers 30 auf einer der tragenden Oberflächen 2 bzw. 3 stets auf die jeweilige Mündung 8 bzw. 9 der Ölbohrung 7 trifft. Die linsenförmige Verdickung 31 erhebt sich ungefähr zwischen 0,1 und 1,5 mm über die zylindrische Oberfläche 32.

Eine linsenförmige Verdickung 31, wie sie in Fig. 4 zur besonderen Verdeutlichung separat dargestellt ist, kann sich aber auch auf den Festwalzkörpern 11, 12 bzw. 25 befinden.

In Fig. 6 ist eine Kurbelwelle 33 in verkleinertem Maßstab in der Seitenansicht dargestellt. Die Kurbelwelle 33 hat die Hauptlagerzapfen 1J bis 5J. Zwischen den Hauptlagerzapfen Ji befinden sich die Hublagerzapfen 1P bis 4P. Den Anfang der Kurbelwelle 33 bildet der Zapfen 34, das Ende wird vom Flansch 35 gebildet. Neben dem erfindungsgemäßen Festwalzen der Hauptlagerzapfen Ji erfolgt auch das Festwalzen der zylindrischen Oberflächen des Zapfen 34 sowie des Flansches 35.

In Fig. 7 sind die Hublagerzapfen P besonders herausgestellt. Hierbei ist zur Verdeutlichung der Anwendung des Verfahrens vorgesehen, dass die Hublagerzapfen 1P bis 4P gemäß der Erfindung festgewalzt werden sollen.

Bei der Kurbelwelle 37 gemäß Fig. 8 stehen die Mündungen 38 und 39 der Ölbohrungen 40 im Vordergrund der Betrachtung. Durch das Festwalzen werden die Kanten der Mündungen 38 bzw. 39 der Ölbohrungen 40 verrundet.

Bezugszeichenliste

1	Kurbelwelle
2	tragende Fläche
3	tragende Fläche
4	Wange
5	Wangenabschnitt
6	Wangenabschnitt
7	Ölbohrung
8	Mündung Ölbohrung
9	Mündung Ölbohrung
10	Festwalzwerkzeug
11	Festwalzkörper
12	Festwalzkörper
13	Festwalzkörper
14	Dreieck
15	Gehäuse
16	Gehäuse
17	zylindrische Oberfläche
18	zylindrische Oberfläche
19	Verdickung
20	Verdickung
21	Abstand
22	Abstand
23	Drehachse
24	Drehachse
25	Festwalzkörper
26	Verdickung
27	Drehachse
28	Abstand
29	zylindrische Oberfläche
30	Festwalzkörper
31	linsenförmige Verdickung
32	zylindrische Oberfläche

33	Kurbelwelle
34	Zapfen
35	Flansch
36	Kurbelwelle
37	Kurbelwelle
38	Mündung
39	Mündung
40	Ölbohrung
Ji	Hauptlagerzapfen
Pi	Hublagerzapfen

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Erhöhen der Festigkeit von tragenden Flächen an Wellen, insbesondere von zylindrischen Flächen (2, 3) an Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) die spanabhebend vorbearbeitet sind, wobei die zylindrischen Flächen (2, 3) der Haupt (Ji)- und Hublagerzapfen (Pi) und gegebenenfalls auch des Zapfens (34) von Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) zusätzlich Ölbohrungen aufweisen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man
- wenigstens eine tragende Fläche mit wenigstens einem zylindrischen Festwalzkörper (11, 12, 25, 30) festwalzt, der
- eine Oberflächenstruktur (19, 20, 26) aufweist und
- sich über die Breite der tragenden Fläche erstreckt, sowie abschließend
- die festgewalzte tragende Fläche mit geringer Spantiefe spanabhebend bearbeitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man mit drei zylindrischen Festwalzkörpern (11, 12, 13) gleichzeitig festwalzt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man die Haupt(Ji)- und Hublagerzapfen (Pi) von Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) festwalzt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man den Flansch (35) von Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) festwalzt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man den Zapfen (34) von Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) festwalzt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man die Haupt (Ji)- und Hublagerzapfen (Pi), sowie den Zapfen (34) von Kurbelwellen (1, 33, 36, 37) mit einem zylindrischen Festwalzkörper (30) festwalzt, der im Bereich der Ölbohrung (7, 40) eine Verdickung (31) aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man mit mehreren zylindrischen Festwalzkörpern (11, 12, 13, 25) festwalzt, die Verdickungen (19, 20, 26) aufweisen, welche sich über die Breite der festzuwalzenden zylindrischen Fläche (2, 3) aneinanderreihen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass man die festgewalzten und spanabhebend nachbearbeiteten tragenden Flächen (2, 3) glättet.

9. Festwalzwerkzeug zum Durchführen eines Verfahrens nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Festwalzwerkzeug (15, 16) wenigstens ein Stützelement (12, 13) aufweist, das, bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Fläche (2, 3), dem Festwalzkörper (11) gegenüberliegt, wobei der Festwalzkörper (11) auf seiner zylindrischen Oberfläche (17) Verdickungen (19) oder Einkerbungen aufweist, die entweder in Umfangsrichtung oder in axialer Richtung (23) oder diagonal zur axialen Richtung (23) verlaufen.

10. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Verdickungen (19, 20, 26) der zylindrischen Oberfläche (17, 18, 29) des Festwalzwerkzeugs (11, 12, 13, 25) ein Rautenmuster haben.

11. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Festwalzwerkzeug zwei Festwalzkörper (11, 12) aufweist, die, bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Flächen, einander gegenüberliegen.

12. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Festwalzwerkzeug (10) drei Festwalzkörper (11, 12, 13) aufweist, die,

bezogen auf den Querschnitt der festzuwalzenden tragenden Flächen (Ji, Pi) eine dreieckige Anordnung (14) haben.

13. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass sich die Oberflächenstrukturen (19, 20) von wenigstens zwei Festwalzkörpern (11,12) aneinanderreihen.

14. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Festwalzkörper als Stützkörper (13) ausgebildet ist, der eine glatte zylindrische Oberfläche aufweist.

15. Festwalzwerkzeug nach Anspruch 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Festwalzkörper (30) auf seiner zylindrische Oberfläche (32) eine linsenförmige Verdickung (31) hat, die genau an der Stelle vorgesehen ist, die beim Abwälzen des Festwalzkörpers (30) auf einer tragenden Fläche (Ji, Pi) auf die Mündung (8, 9, 38, 39) einer dort vorhandenen Ölbohrung (7, 40) auftrifft.

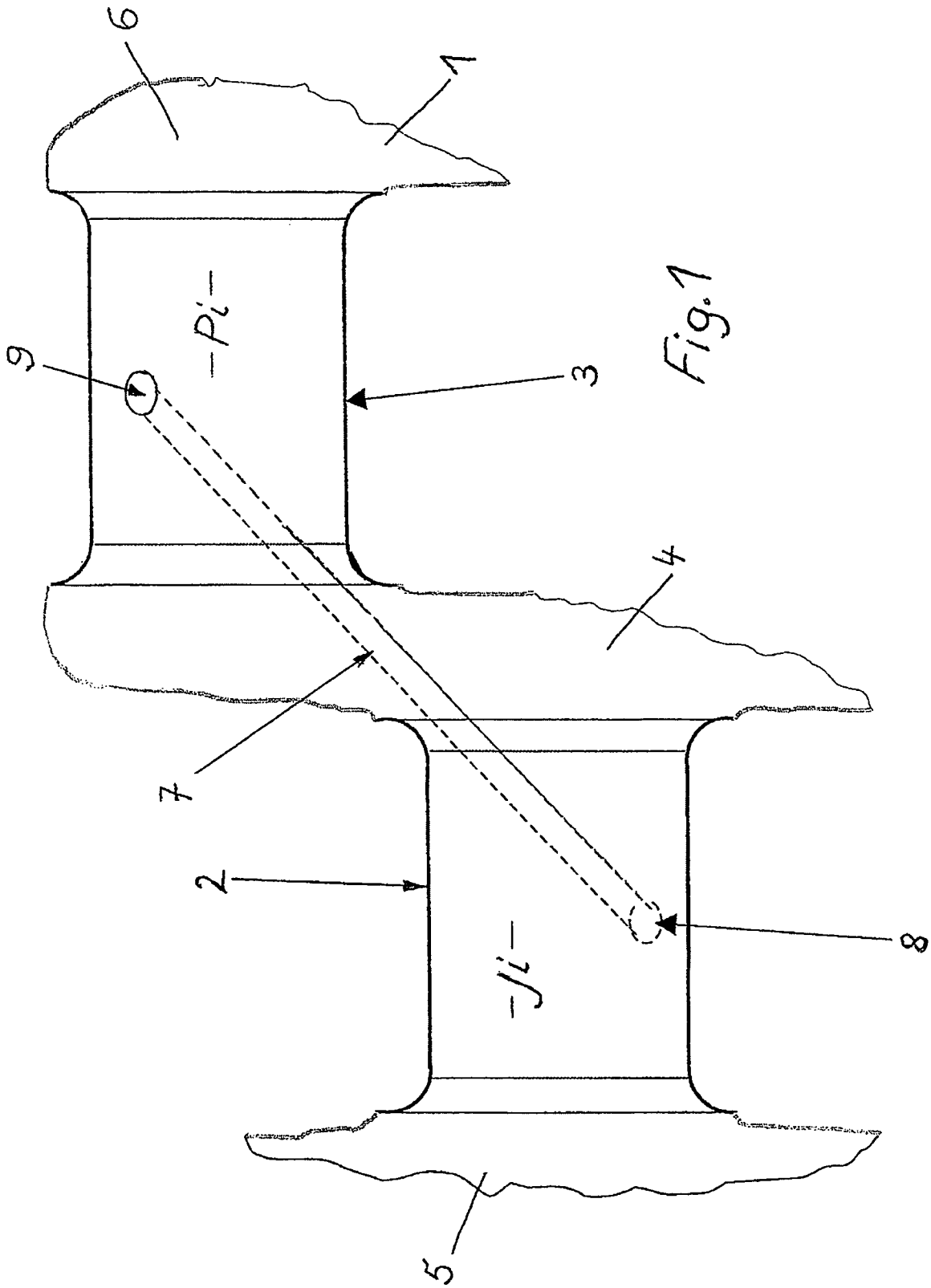


Fig. 1

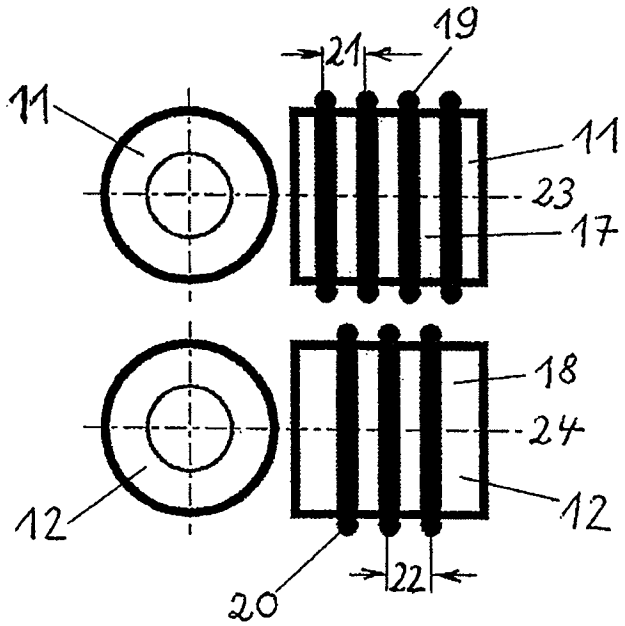


Fig. 2

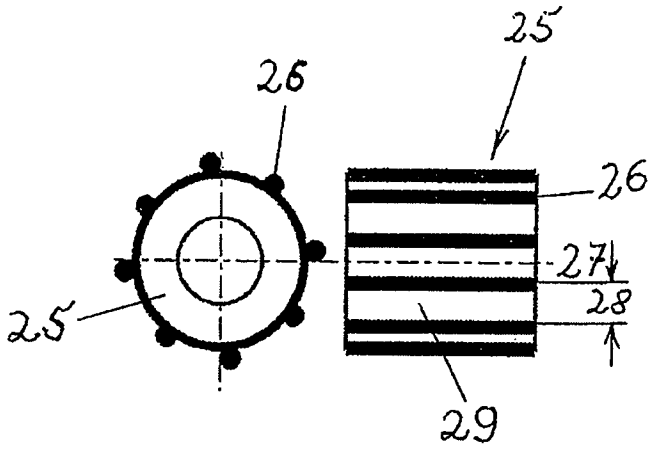


Fig. 3

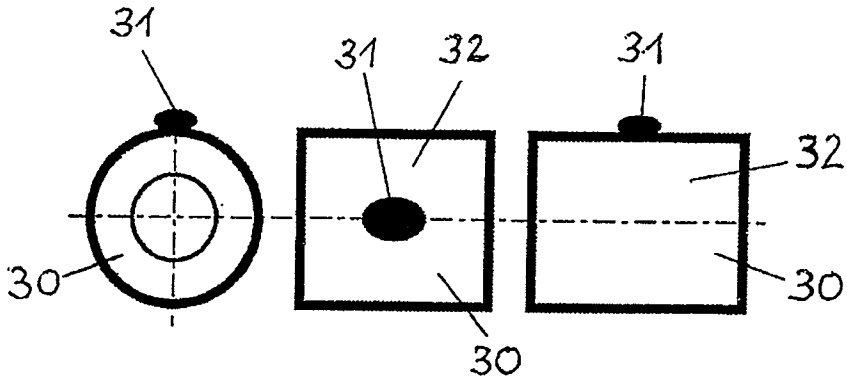


Fig. 4

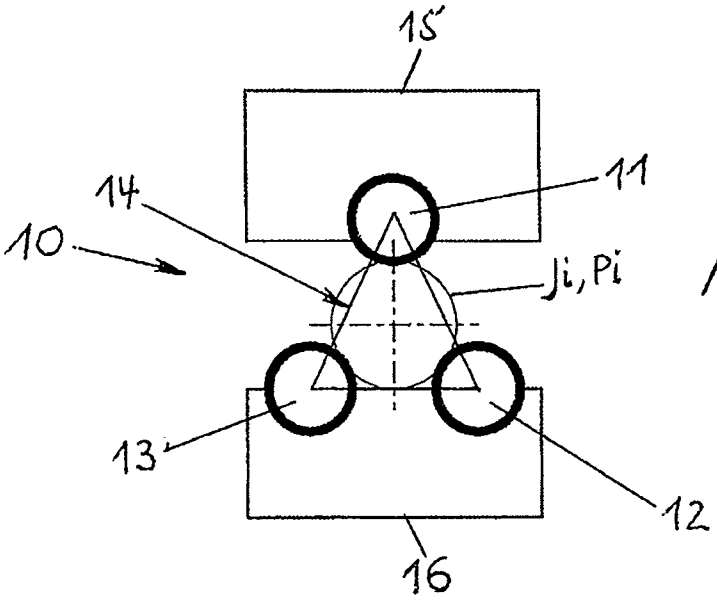


Fig. 5

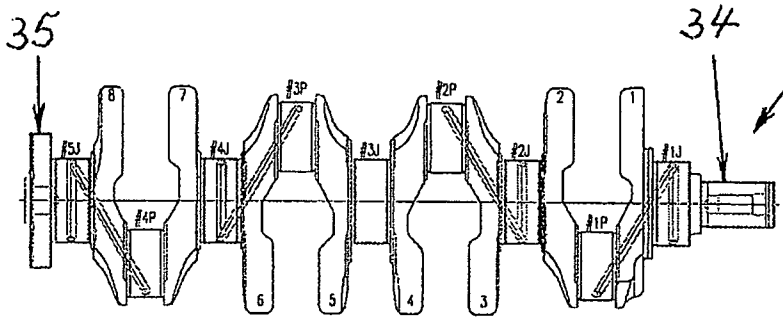


Fig. 6

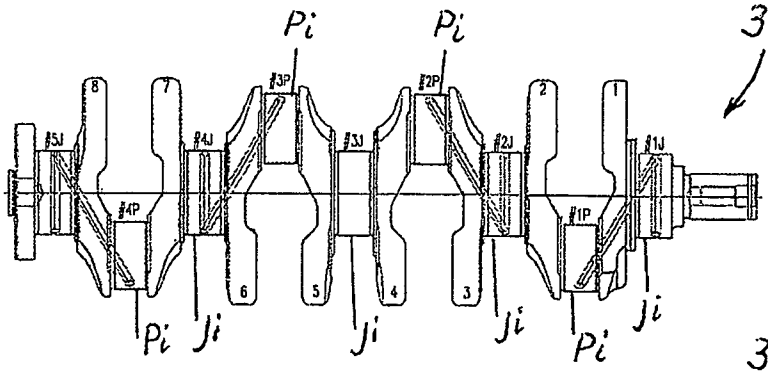


Fig. 7

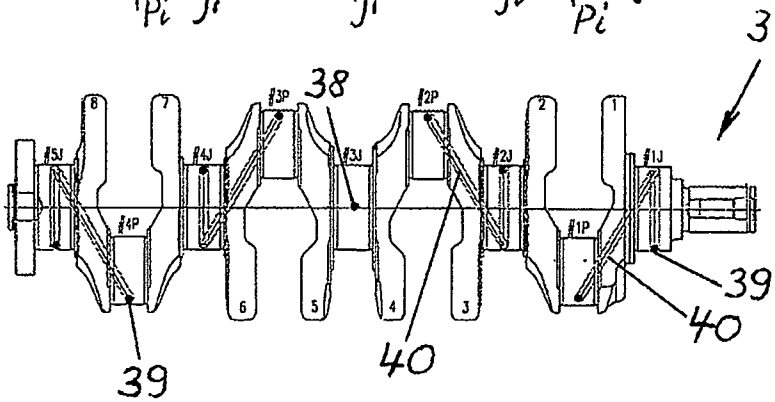


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2013/000097

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B24B39/04
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)
B24B

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	US 2009/307886 A1 (CHIBA DAISUKE [JP] ET AL) 17 December 2009 (2009-12-17)	9-14
A	paragraphs [0007], [0014], [0065] - [0081]; figures 9-17	1-8,15

X	JP 04 115866 A (N.N.) 16 April 1992 (1992-04-16) See US 2009/307886A1, [0007] and [0014]; figures	9,10

A	JP H04 191327 A (TOYOTA MOTOR CORP) 9 July 1992 (1992-07-09) abstract; figures	11,12,14

☐ 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	Date of mailing of the international search report
16 July 2013	24/07/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gelder, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2013/000097

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009307886 A1	17-12-2009	US 2009307886 A1	17-12-2009
		WO 2006135014 A1	21-12-2006
JP 04115866 A	16-04-1992	---	
JP H04191327 A	09-07-1992	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2013/000097

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B24B39/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B24B

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	US 2009/307886 A1 (CHIBA DAISUKE [JP] ET AL) 17. Dezember 2009 (2009-12-17)	9-14
A	Absätze [0007], [0014], [0065] - [0081]; Abbildungen 9-17	1-8,15

X	JP 04 115866 A (N.N.) 16. April 1992 (1992-04-16) See US 2009/307886A1, [0007] and [0014]; Abbildungen	9,10

A	JP H04 191327 A (TOYOTA MOTOR CORP) 9. Juli 1992 (1992-07-09) Zusammenfassung; Abbildungen	11,12,14

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
16. Juli 2013	24/07/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gelder, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2013/000097

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009307886 A1	17-12-2009	US 2009307886 A1	17-12-2009
		WO 2006135014 A1	21-12-2006
JP 04115866 A	16-04-1992	---	
JP H04191327 A	09-07-1992	KEINE	