

(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
08. Februar 2018 (08.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/024354 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B21H 5/02 (2006.01) *B23F 19/05* (2006.01)
B23F 19/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000809

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2017 (10.07.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 009 467.2
03. August 2016 (03.08.2016) DE

(71) Anmelder: AUDI AG [DE/DE]; Auto-Union-Str. 1, 85045
Ingolstadt (DE).

(72) Erfinder: HEILMANN, Markus; Professor-Anger-
mair-Ring 36, 85748 Garching (DE). SCHIMMER, Tho-
mas; Lanzstr. 15, 85051 Ingolstadt (DE). BURATOWSKI,
Philipp; Esterbergweg 11, 91799 Langenaltheim (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.

(54) Title: METHOD AND TOOL FOR INCREASING THE LOADABILITY OF A GEAR WHEEL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND WERKZEUG ZUM ERHÖHEN EINER BELASTBARKEIT EINES ZAHNRADS

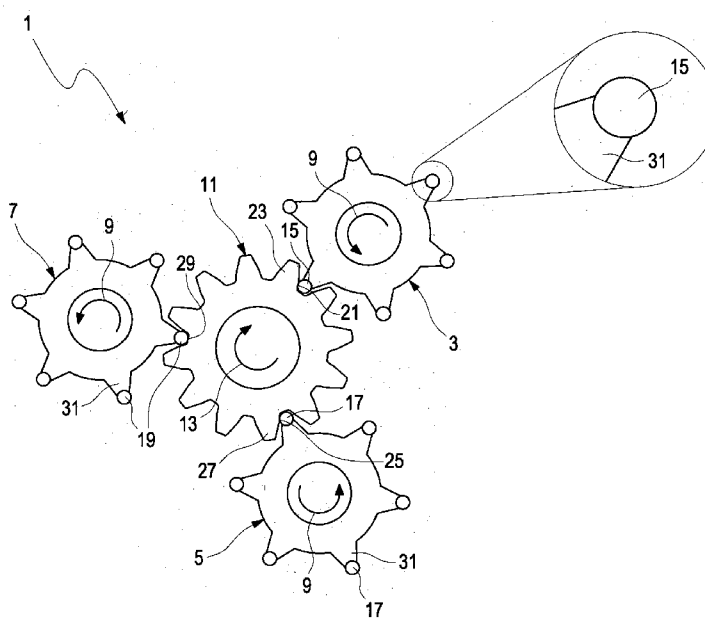


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a method for increasing the loadability of the gear wheel (11), in which at least one forming body (15, 17, 19) is guided along the gear wheel (11) and the at least one forming body (15, 17, 19) enters into contact with at least one flank (21, 25) and/or at least one tooth root (29) of the gear wheel (11), and in which, by means of the contact between the at least one forming body (15, 17, 19) and the at least one flank (21, 25) and/or the at least one tooth root (29) of the gear wheel, residual compressive stresses are introduced into the at least one flank and/or the at least one tooth root of the gear wheel. The invention also relates to a tool for increasing the loadability of a gear wheel.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads (11), bei



WO 2018/024354 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

dem mindestens ein Umformkörper (15, 17, 19) an dem Zahnrad (11) entlang geführt wird und der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) mit mindestens einer Flanke (21, 25) und/oder mindestens einem Zahnfuß (29) des Zahnrads (11) in Kontakt tritt, und bei dem mittels des Kontakts zwischen dem mindestens einen Umformkörper (15, 17, 19) und der mindestens einen Flanke (21, 25) und/oder dem mindestens einen Zahnfuß (29) des Zahnrads Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke und/oder den mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads eingebracht werden. Die Erfindung betrifft auch ein Werkzeug zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrades.

Verfahren und Werkzeug zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrad

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erhöhen einer
5 Belastbarkeit eines Zahnrad und ein zur Durchführung des vorgestellten
Verfahrens konfiguriertes Werkzeug.

Verzahnungen, insbesondere Zahnäder, zählen zu den am höchsten
beanspruchten Bauteilen in einem Getriebe. Entsprechend werden Defekte,
10 die einen Tausch eines Getriebes erforderlich machen, zum Großteil durch
einen Verschleiß von Flanken jeweiliger Zähne eines Zahnrad, aufgrund
eines Zahnfußbruchs oder aufgrund von sogenanntem „Pitting“, bei dem
kleine Ausnehmungen beim Betrieb eines Getriebes in einen jeweiligen Zahn
eingebracht werden, verursacht. Um einem verschleißbedingten
15 Bauteilversagen entgegenzuwirken, ist es vorteilhaft ein Zahnrad vor einem
Einsatz in einem Getriebe durch Einbringen von Druckeigenspannungen zu
härten bzw. eine Belastbarkeit des Zahnrad durch in das Zahnrad
eingebrachte Druckeigenspannungen zu erhöhen. Gemäß dem Stand der
Technik werden Zahnäder mittels Verfahren zum Festigkeitsstrahlen
20 gehärtet, bei denen ein jeweiliges Zahnrad mit keramischen oder
metallischen Kugeln beschossen wird.

In der deutschen Druckschrift DE 196 19 401 C1 wird ein Verfahren zum
abrasiven Abrichten einer Schleifschnecke mit einem Profilierwerkzeug
25 beschrieben.

Die deutsche Druckschrift DE 196 248 42 A1 offenbart ein Werkzeug und ein
Verfahren zum Abrichten von Schleifschnecken, bei dem sowohl ein Profil-
als auch ein Formabrichtvorgang durchgeführt wird.

Eine Methode zum Profilieren von modifizierten Schleifschnecken ist in der deutschen Druckschrift DE 197 06 867 B4 offenbart.

5 Vor diesem Hintergrund wird ein Verfahren zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads vorgestellt, bei dem mindestens ein Umformkörper an dem Zahnrad entlang geführt wird und der mindestens eine Umformkörper mit mindestens einer Flanke und/oder mindestens einem Zahnfuß des Zahnrads in Kontakt tritt, und bei dem mittels des Kontakts zwischen dem mindestens
10 einen Umformkörper und der mindestens einen Flanke und/oder dem mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke und/oder den mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads eingebracht werden.

Das vorgestellte Verfahren ist im Gegensatz zu einem Schleifverfahren nicht
15 spanend, d. h. nicht durch Materialabtragung geprägt, und dient insbesondere zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads. Dazu ist vorgesehen, dass ein jeweiliges Zahnrad mit mindestens einem Umformkörper bearbeitet wird, der mit mindestens einer Flanke und/oder mindestens einem Zahnfuß eines jeweiligen Zahnrads in Kontakt tritt und auf
20 die mindestens eine Flanke und/oder den mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads einen Druck ausübt, so dass Druckeigenspannungen in der mindestens einen Flanke und/oder dem mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads erzeugt werden. Durch das erfindungsgemäß vorgesehene Einbringen von Druckeigenspannungen wird das Zahnrad gehärtet und damit
25 gegenüber einem unbehandelten Zustand belastbarer.

Zur Durchführung des vorgestellten Verfahrens ist insbesondere vorgesehen, dass ein jeweiliges Zahnrad eingespannt und mit mindestens einem Werkzeug bearbeitet wird, das mindestens einen Umformkörper umfasst und
30 der mindestens eine Umformkörper an dem Zahnrad entlang bewegt wird,

um mit mindestens einer Flanke und/oder mindestens einem Zahnfuß des Zahnrads in Kontakt zu treten und um die mindestens eine Flanke und/oder den mindestens einen Zahnfuß mit einem Druck zu beaufschlagen, der dazu führt, dass Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke und/oder
5 den mindestens einen Zahnfuß eingebracht und entsprechende Kontaktstellen des Zahnrads durch den Umformkörper glattgewalzt bzw. festgewalzt werden. Dazu kann ein jeweiliger Umformkörper starr oder beweglich an einem jeweiligen Werkzeug angeordnet sein.

- 10 Um den mindestens einen erfindungsgemäß vorgesehenen Umformkörper an einem jeweiligen Zahnrad entlang zu bewegen, können das Zahnrad, der mindestens eine Umformkörper bzw. ein den mindestens einen Umformkörper aufweisendes Werkzeug oder das Zahnrad und das Werkzeug gemeinsam bewegt, d. h. insbesondere gedreht werden.
- 15 Insbesondere ist vorgesehen, dass das Werkzeug als Zahnrad ausgestaltet ist, das über an jeweiligen Zähnen des Zahnrads angeordnete Umformkörper in das zu bearbeitende Zahnrad eingreift, um dieses zu bearbeiten.

In einer möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist
20 vorgesehen, dass die mindestens eine Flanke und der mindestens eine Zahnfuß des Zahnrads gleichzeitig oder zeitlich aufeinanderfolgend mittels des mindestens einen Umformkörpers mit einem Druck beaufschlagt werden, d. h. glattgewalzt oder festgewalzt werden.

- 25 Es ist denkbar, dass verschiedene Flanken eines Zahns eines jeweiligen Zahnrads gleichzeitig bearbeitet werden, indem ein Umformkörper in jeweilige einen Zahn umgebende Ausnehmungen eingeführt wird, der den Ausnehmungen entsprechend geformt ist. Dabei kann der Umformkörper ferner eine Länge aufweisen, die es dem Umformkörper ermöglicht,
30 gleichzeitig, d. h. beim Einführen in die Ausnehmungen, jeweilige Zahnfüße

des Zahnrads und jeweilige Flanken mit einem Druck zu beaufschlagen, so dass Druckeigenspannungen in die Flanken und die Zahnfüße eingebracht werden.

- 5 Selbstverständlich kann der mindestens eine erfindungsgemäß vorgesehene Umformkörper auch derart ausgestaltet sein, dass dieser bei einem Einführen in eine jeweilige Ausnehmung eines Zahnrads lediglich eine Flanke und/oder einen Zahnfuß kontaktiert und entsprechend lediglich in die Flanke und/oder den Zahnfuß Druckeigenspannungen einbringt. Dabei kann
10 der Umformkörper auch derart ausgestaltet sein, dass bei einer Bewegung des Umformkörpers an dem Zahnrad entlang zunächst eine Flanke und anschließend ein Zahnfuß eines jeweiligen Zahns oder eine weitere Flanke eines weiteren Zahns in Kontakt mit dem Umformkörper tritt, um Druckeigenspannungen in die jeweilige Flanke oder den Zahnfuß
15 einzubringen.

- In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Vielzahl Umformkörper verwendet wird, um Druckeigenspannungen in das Zahnrad einzubringen, wobei jeweilige
20 Umformkörper zur Bearbeitung einer Flanke oder eines Zahnfußes des Zahnrads konfiguriert sind.

- Ein jeweiliger Umformkörper kann bspw. zusammen mit mehreren weiteren Umformkörpern, die bspw. als Wälzkörper oder Druckkörper ausgestaltet
25 sein können, d. h. die beweglich oder starr an einem entsprechenden Werkzeug angeordnet sind, an einem jeweiligen Werkzeug angeordnet sein. Dabei können jeweilige Umformkörper zur Kontaktierung unterschiedlicher Elemente eines Zahnrads, d. h. einer Flanke oder eines Zahnfußes, konfiguriert sein, so dass während einer wiederholten Umrundung des
30 Zahnrads durch ein die Umformkörper aufweisendes Werkzeug sowohl die

Flanken als auch die Zahnfüße des Zahnrads durch die Umformkörper mit Druck beaufschlagt werden und entsprechende Druckeigenstressungen in das Zahnrad eingebracht werden.

- 5 In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass eine Deformation der mindestens einen Flanke und/oder des mindestens einen Zahnfußes des Zahnrads durch den mindestens einen Umformkörper mittels einer Variation mindestens eines Parameters der folgenden Liste an Parametern eingestellt wird: Temperatur des
- 10 Umformkörpers, Temperatur des Zahnrads, mittels des mindestens einen Umformkörpers auf die mindestens eine Flanke und/oder den Zahnfuß aufgebracht Druck, Drehzahl des mindestens einen Umformkörpers, Drehzahl des Zahnrads, und Achskreuzwinkel zwischen dem Zahnrad und dem mindestens einen Umformkörper.

- 15 Es ist gemäß dem vorgestellten Verfahren insbesondere vorgesehen, dass mittels mindestens eines Umformkörpers Deformationen an jeweiligen Flanken und/oder an mindestens einem Zahnfuß eines Zahnrads hervorgerufen werden, durch die das Zahnrad widerstandsfähiger gegenüber
- 20 Druck und/oder Reibung wird. Um jeweilige durch einen Umformkörper zu erzeugende Deformationen zu kontrollieren, können verschiedene Parameter, wie bspw. ein Druck, mit dem ein jeweiliger Umformkörper auf das Zahnrad einwirkt oder ein Achskreuzwinkel, mit dem ein jeweiliger Umformkörper auf dem Zahnrad abrollt, eingestellt werden. Dabei können
- 25 verschiedene Parameter zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich ausgeprägt sein, um bspw. eine zunehmende Intensivierung von Druckeigenstressungen in dem Zahnrad zu erreichen. So kann bspw. ein Umformkörper bei hohen Temperaturen, d. h. Temperaturen, die in der Nähe eines Schmelzpunkts eines jeweiligen das Zahnrad bildenden Materials

liegen, auf das Zahnrad einwirken und das Zahnrad anschließend schnell abgekühlt werden.

Unter einem Achskreuzwinkel ist im Kontext der vorliegenden Erfindung
5 insbesondere ein Winkel zu verstehen, der zwischen einer durch einen
Mittelpunkt eines Honwerkzeugs und orthogonal auf einer Querachse des
Werkzeugs stehenden Achse, wie bspw. einer Rotationsachse des
Honwerkzeugs, und einer durch einen Mittelpunkt eines Zahnrad und
orthogonal auf einer Querachse des Zahnrad stehenden Achse, wie bspw.
10 einer Rotationsachse des Zahnrad gebildet wird.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist
vorgesehen, dass ein Achskreuzwinkel zwischen dem mindestens einen
Umformkörper und dem Zahnrad oder einem jeweiligen Zahn verändert wird,
15 indem ein Durchmesser des mindestens einen Umformkörpers an jeweiligen
Kontaktflächen zwischen dem mindestens einen Umformkörper und dem
Zahnrad im Verlauf des mindestens einen Umformkörpers variabel
ausgestaltet wird.

20 Durch einen variablen, d. h. bspw. einen schrägen oder gekrümmten, Verlauf
einer Kontaktstelle eines Umformkörpers kann eine relative Ausrichtung des
Umformkörpers zu einem jeweiligen Zahnrad beeinflusst werden, ohne dass
eine Achse des Umformkörpers bewegt werden muss. Aufgrund einer
Wechselwirkung zwischen einer Form des Zahnrad und einer Form des
25 Umformkörpers richtet sich der Umformkörper automatisch an dem Zahnrad
aus und greift entsprechend in eine vorgesehene Stelle ein, um diese zu
deformieren und entsprechend Druckeigenspannungen in die Stelle
einzubringen.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass mindestens ein Umformkörper ein Hartfeinbearbeitungswerkzeug ist.

- 5 Es ist denkbar, dass der erfindungsgemäß vorgesehene Umformkörper ein Teil eines Kombinationswerkzeugs ist, das eine Vielzahl von Arbeitsschritten kombiniert. Dabei kann das Kombinationswerkzeug bspw. ein Hartfeinbearbeitungswerkzeug umfassen, das ein jeweiliges Zahnrad zunächst hartfeinbearbeitet bevor das Zahnrad mittels eines weiteren
- 10 Umformkörpers selektiv glattgewalzt bzw. festgewalzt wird.

- In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass als Zahnrad ein innenverzahntes oder ein außenverzahntes Zahnrad gewählt wird und der mindestens eine
- 15 Umformkörper entsprechend innerhalb oder außerhalb des Zahnrads an dem Zahnrad entlang bewegt wird.

- Um ein innenverzahntes Zahnrad gemäß dem vorgestellten Verfahren zu bearbeiten, kann der erfindungsgemäß vorgesehene Umformkörper in einem
- 20 durch das Zahnrad gebildeten Innenraum bewegt werden, so dass der Umformkörper an jeweiligen Zähnen des Zahnrads abrollt und/oder das Zahnrad mit seinen Zähnen an dem Umformkörper abrollt.

- Bei einem außenverzahnten Zahnrad kann der erfindungsgemäß vorgesehene Umformkörper außen um ein jeweiliges Zahnrad herum geführt werden, so dass der Umformkörper an jeweiligen Zähnen des Zahnrads abrollt und/oder das Zahnrad mit seinen Zähnen an dem Umformkörper bzw. einem den Umformkörper aufweisenden Werkzeug, wie bspw. einem
- 25 Zahnrad, abrollt.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Werkzeug zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads, mit mindestens einem Umformkörper, wobei der mindestens eine Umformkörper dazu konfiguriert ist, an dem Zahnrad entlang geführt zu werden und mit mindestens einer Flanke und/oder
5 mindestens einem Zahnfuß des Zahnrads in Kontakt zu treten, und wobei der mindestens eine Umformkörper weiterhin dazu konfiguriert ist, bei einem Kontakt zwischen dem mindestens einen Umformkörper und mindestens einer Flanke und/oder mindestens einem Zahnfuß des Zahnrads Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke und/oder den
10 mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads einzubringen.

Das vorgestellte Werkzeug dient insbesondere zur Durchführung des vorgestellten Verfahrens.

15 In einer möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Werkzeugs ist vorgesehen, dass der mindestens eine Umformkörper an einer Grundstruktur des Werkzeugs angeordnet ist, die im wesentlichen zahnradförmig ausgestaltet ist, und wobei der mindestens eine Umformkörper als im wesentlichen runde Struktur ausgestaltet ist, die dazu konfiguriert ist, mit
20 dem Zahnrad in Kontakt zu treten und das Zahnrad glatt zu walzen und/oder fest zu walzen, wenn der mindestens eine Umformkörper an dem Zahnrad entlang bewegt wird.

Mittels eines Umformkörpers, der bspw. als Glattwalzrolle, die auf einem
25 Zahn eines als Zahnrad ausgestalteten Werkzeugs angeordnet ist, kann insbesondere ein Zahnfuß eines Zahnrads effizient mit Druck beaufschlagt werden, während das zu bearbeitende Zahnrad und das den Umformkörper aufweisende Werkzeug aneinander, ähnlich dem Abwälzen zweier
Zahnräder im Betrieb, abrollen.

30

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung des vorgestellten Werkzeugs ist vorgesehen, dass das Werkzeug ein Kombinationswerkzeug mit mindestens einem als Wälzkörper ausgestalteten Umformkörper zum Glattwalzen und/oder mit mindestens einem starren Umformkörper zum Festwalzen und/oder mit mindestens einem Hartfeinbearbeitungswerkzeug ist.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Die Erfindung ist anhand einer Ausführungsform in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird unter Bezugnahme auf die Zeichnung schematisch und ausführlich beschrieben.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer möglichen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Figur 1 ist eine Maschine 1 mit einem ersten Werkzeug 3, einem zweiten Werkzeug 5 und einem dritten Werkzeug 7 dargestellt. Die Werkzeuge 3, 5, und 7 drehen sich um ihre jeweiligen Achsen, wie durch die Pfeile 9 angedeutet und stehen dadurch mit jeweiligen an den Werkzeugen 3, 5 und 7 angeordneten Umformkörpern 15, 17 und 19 in Eingriff mit einem Zahnrad 11. Während das Zahnrad 11 sich bewegt, wie durch Pfeil 13 angedeutet, greifen die Umformkörper 15, 17 und 19 der Werkzeuge 3, 5 und 7 in Ausnehmungen des Zahnrads 11 ein. Das erste Werkzeug 3 kontaktiert

dabei mit dem Umformkörper 15 eine rechte Flanke 21 eine Zahns 23 des Zahnrads 11. Das zweite Werkzeug 5 kontaktiert mit dem Umformkörper 17 eine linke Flanke 25 eines Zahns 27 des Zahnrads 11 und das dritte Werkzeug 7 kontaktiert mit dem Umformkörper 19 einen Zahnfuß 29 des Zahnrads 11. Entsprechend werden bei einer Bewegung des Zahnrads 11 alle Flanken und Zahnfüße des Zahnrads 11 durch die Umformkörper 15, 17 und 19 kontaktiert und je nach Ausgestaltung des Umformkörpers als Wälzkörper, der bspw. mittels einer Achse oder einer Gelenkpfanne beweglich an dem Werkzeug 3, 5 oder 7 angeordnet ist, glattgewalzt oder mittels eines fest mit dem Werkzeug 3, 5 oder 7 verbundenen Umformkörpers festgewalzt.

Eine Detailansicht eines Umformkörpers 15 ist an dem Werkzeug 3 gezeigt. Der Umformkörper 15 ist im wesentlichen rund bzw. kugelförmig ausgestaltet und sitzt in einer Aufnahme 31 des Werkzeugs 3. Selbstverständlich können jeweilige Aufnahmen 31 der Werkzeuge 3, 5 und 7 unterschiedliche Umformkörper, wie bspw. eine Mischung aus Hartfeinbearbeitungswerkzeugen, beweglichen Wälzkörpern und festen Umformkörpern tragen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads, bei dem
mindestens ein Umformkörper an dem Zahnrad entlang geführt wird und der
5 mindestens eine Umformkörper mit mindestens einer Flanke und/oder
mindestens einem Zahnfuß des Zahnrads in Kontakt tritt, und bei dem mittels
des Kontakts zwischen dem mindestens einen Umformkörper und der
mindestens einen Flanke und/oder dem mindestens einen Zahnfuß des
Zahnrads Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke und/oder
10 den mindestens einen Zahnfuß des Zahnrads eingebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die mindestens eine Flanke und
der mindestens eine Zahnfuß des Zahnrads gleichzeitig oder zeitlich
aufeinanderfolgend mittels des mindestens einen Umformkörpers mit einem
15 Druck beaufschlagt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem eine Deformation der
mindestens einen Flanke und/oder des mindestens einen Zahnfußes des
Zahnrads durch den mindestens einen Umformkörper mittels einer Variation
20 mindestens eines Parameters der folgenden Liste an Parametern eingestellt
wird: Temperatur des Umformkörpers, Temperatur des Zahnrads, mittels des
mindestens einen Umformkörpers auf die mindestens eine Flanke und/oder
den mindestens einen Zahnfuß aufgebrachter Druck, Drehzahl des
mindestens einen Umformkörpers, Drehzahl des Zahnrads, und
25 Achskreuzwinkel zwischen dem Zahnrad und dem mindestens einen
Umformkörper.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem ein
Achskreuzwinkel zwischen dem mindestens einen Umformkörper und dem
30 Zahnrad oder zwischen dem mindestens einen Umformkörper und einem

jeweiligen Zahn verändert wird, indem ein Durchmesser des mindestens einen Umformkörpers an jeweiligen Kontaktflächen zwischen dem mindestens einen Umformkörper und dem Zahnrad im Verlauf des mindestens einen Umformkörpers oder eines den mindestens einen Umformkörper tragenden Werkzeugs variabel ausgestaltet wird.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem eine Vielzahl Umformkörper an einem Werkzeug angeordnet wird, um Druckeigenspannungen in das Zahnrad einzubringen, und bei dem jeweilige Umformkörper zur Bearbeitung der mindestens einen Flanke oder des mindestens einen Zahnfußes des Zahnrads konfiguriert sind.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem das Zahnrad an dem mindestens einen Umformkörper entlang bewegt wird und/oder der mindestens eine Umformkörper an dem Zahnrad entlang bewegt wird.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem der mindestens eine Umformkörper ein Hartfeinbearbeitungswerkzeug ist.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem als Zahnrad ein innenverzahntes oder ein außenverzahntes Werkzeug gewählt wird und der mindestens eine Umformkörper entsprechend innerhalb oder außerhalb des Zahnrads an dem Zahnrad entlang bewegt wird.

9. Werkzeug zum Erhöhen einer Belastbarkeit eines Zahnrads (11), mit mindestens einem Umformkörper (15, 17, 19), wobei der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) dazu konfiguriert ist, an dem Zahnrad (11) entlang geführt zu werden und mit mindestens einer Flanke (21,25) und/oder mindestens einem Zahnfuß (29) des Zahnrads (11) in Kontakt zu treten, und

wobei der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) weiterhin dazu konfiguriert ist, bei einem Kontakt zwischen dem mindestens einen Umformkörper (15, 17, 19) und der mindestens einen Flanke (21, 25) und/oder dem mindestens einen Zahnfuß (29) des Zahnrads (11)

- 5 Druckeigenspannungen in die mindestens eine Flanke (21, 25) und/oder den mindestens einen Zahnfuß (29) einzubringen.

10. Werkzeug nach Anspruch 9, bei dem der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) an einer Grundstruktur des Werkzeugs (3, 5, 7) angeordnet ist, die im wesentlichen zahnradförmig ausgestaltet ist, und bei dem der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) als im wesentlichen runde Struktur ausgestaltet ist, die dazu konfiguriert ist, mit dem Zahnrad (11) in Kontakt zu treten und das Zahnrad (11) glatt zu walzen und/oder fest zu walzen, wenn der mindestens eine Umformkörper (15, 17, 19) an dem
- 15 Zahnrad (11) entlang bewegt wird.

11. Werkzeug nach Anspruch 9 oder 10, bei dem der Umformkörper (15, 17, 19) starr oder beweglich an der Grundstruktur angeordnet ist und entsprechend dazu konfiguriert ist, das Zahnrad (11) an mindestens einer
- 20 Zahnflanke (21, 25) und/oder mindestens einem Zahnfuß (29) fest zu walzen oder glatt zu walzen.

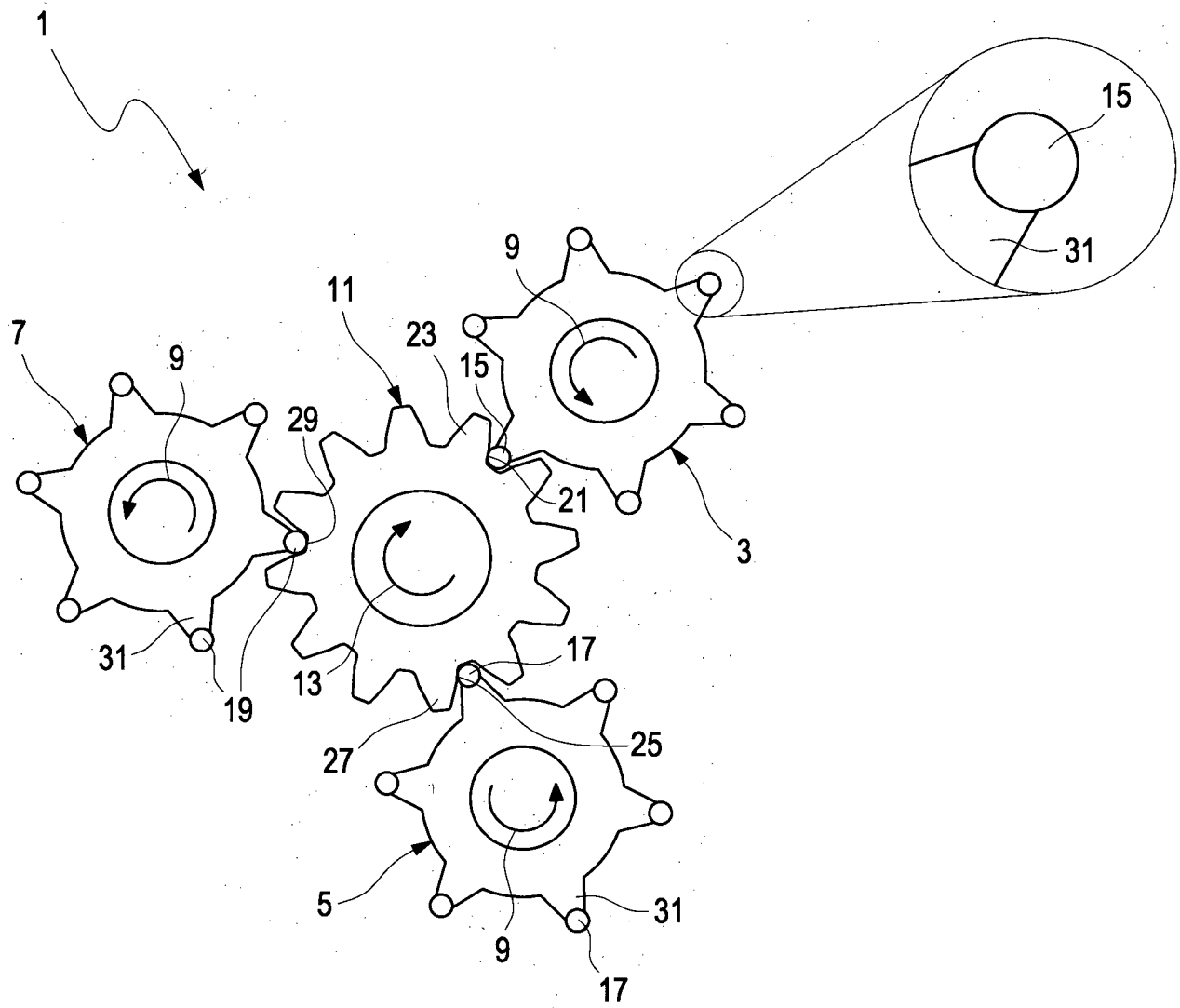


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/000809

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B21H5/02 B23F19/00 B23F19/05
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)

B21H B23F 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	DE 196 25 285 A1 (KAPP WERKZEUGMASCH [DE]) 2 January 1998 (1998-01-02) column 1, line 3 - line 10 column 3, line 35 - column 5, line 13; figure 1 -----	1-4,6-9, 11
X	DE 34 22 354 A1 (GROB ERNST FA [CH]) 14 February 1985 (1985-02-14) page 4, paragraph 1 - paragraph 4 page 5, paragraph 2 - paragraph 4 page 7, paragraph 4 - page 8, last paragraph; claim 1; figures 1-5 -----	1-3,5-11
X	CH 130 484 A (BBC BROWN BOVERI & CIE [CH]) 15 December 1928 (1928-12-15) the whole document ----- -/-	1-3,6-9, 11



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

4 October 2017

Date of mailing of the international search report

13/10/2017

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

Ritter, Florian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000809

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2007 035846 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 14 February 2008 (2008-02-14) paragraph [0005] paragraph [0018] paragraph [0020] paragraph [0025]; figures 3,4 -----	1,3,6-9, 11
X	DE 560 568 C (LEES BRADNER CO) 4 October 1932 (1932-10-04) page 1, line 4 - line 22 page 2, line 29 - page 3, line 50; figures 1-3 -----	1-3,5-9, 11
X	JP S54 41253 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 2 April 1979 (1979-04-02) abstract; figures 1-4 -----	1,3,6,9, 11
X	JP H05 277610 A (AICHI KIKI KK) 26 October 1993 (1993-10-26) abstract; figures 1,2 -----	1,2,6,9, 11
X	DE 27 11 282 A1 (HURTH MASCH ZAHNRAD CARL) 21 September 1978 (1978-09-21) page 6, paragraph 2 - page 10, paragraph 1; figures 1-6 -----	1,3,6-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/000809

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19625285	A1	02-01-1998	CA 2208645 A1 25-12-1997
		DE 19625285 A1	02-01-1998
		EP 0815984 A1	07-01-1998
		JP H10113820 A	06-05-1998
DE 3422354	A1	14-02-1985	CH 659414 A5 30-01-1987
		DE 3422354 A1	14-02-1985
CH 130484	A	15-12-1928	NONE
DE 102007035846	A1	14-02-2008	CN 101118006 A 06-02-2008
		DE 102007035846 A1	14-02-2008
		US 2008032851 A1	07-02-2008
DE 560568	C	04-10-1932	NONE
JP S5441253	A	02-04-1979	NONE
JP H05277610	A	26-10-1993	NONE
DE 2711282	A1	21-09-1978	DE 2711282 A1 21-09-1978
		FR 2383743 A1	13-10-1978
		GB 1565035 A	16-04-1980
		IT 1155755 B	28-01-1987
		JP S5854935 B2	07-12-1983
		JP S53115994 A	09-10-1978

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B21H5/02 B23F19/00 B23F19/05
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B21H B23F 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	DE 196 25 285 A1 (KAPP WERKZEUGMASCH [DE]) 2. Januar 1998 (1998-01-02) Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 10 Spalte 3, Zeile 35 - Spalte 5, Zeile 13; Abbildung 1 -----	1-4,6-9, 11
X	DE 34 22 354 A1 (GROB ERNST FA [CH]) 14. Februar 1985 (1985-02-14) Seite 4, Absatz 1 - Absatz 4 Seite 5, Absatz 2 - Absatz 4 Seite 7, Absatz 4 - Seite 8, letzter Absatz; Anspruch 1; Abbildungen 1-5 -----	1-3,5-11
X	CH 130 484 A (BBC BROWN BOVERI & CIE [CH]) 15. Dezember 1928 (1928-12-15) das ganze Dokument ----- -/-	1-3,6-9, 11



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

4. Oktober 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/10/2017

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

Ritter, Florian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2007 035846 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 14. Februar 2008 (2008-02-14) Absatz [0005] Absatz [0018] Absatz [0020] Absatz [0025]; Abbildungen 3,4 -----	1,3,6-9, 11
X	DE 560 568 C (LEES BRADNER CO) 4. Oktober 1932 (1932-10-04) Seite 1, Zeile 4 - Zeile 22 Seite 2, Zeile 29 - Seite 3, Zeile 50; Abbildungen 1-3 -----	1-3,5-9, 11
X	JP S54 41253 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 2. April 1979 (1979-04-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 -----	1,3,6,9, 11
X	JP H05 277610 A (AICHI KIKI KK) 26. Oktober 1993 (1993-10-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1,2,6,9, 11
X	DE 27 11 282 A1 (HURTH MASCH ZAHNRAD CARL) 21. September 1978 (1978-09-21) Seite 6, Absatz 2 - Seite 10, Absatz 1; Abbildungen 1-6 -----	1,3,6-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/000809

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19625285 A1	02-01-1998	CA 2208645 A1	25-12-1997
		DE 19625285 A1	02-01-1998
		EP 0815984 A1	07-01-1998
		JP H10113820 A	06-05-1998
DE 3422354 A1	14-02-1985	CH 659414 A5	30-01-1987
		DE 3422354 A1	14-02-1985
CH 130484 A	15-12-1928	KEINE	
DE 102007035846 A1	14-02-2008	CN 101118006 A	06-02-2008
		DE 102007035846 A1	14-02-2008
		US 2008032851 A1	07-02-2008
DE 560568 C	04-10-1932	KEINE	
JP S5441253 A	02-04-1979	KEINE	
JP H05277610 A	26-10-1993	KEINE	
DE 2711282 A1	21-09-1978	DE 2711282 A1	21-09-1978
		FR 2383743 A1	13-10-1978
		GB 1565035 A	16-04-1980
		IT 1155755 B	28-01-1987
		JP S5854935 B2	07-12-1983
		JP S53115994 A	09-10-1978