



(19)

(11)

EP 4 100 186 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.04.2025 Patentblatt 2025/14

(21) Anmeldenummer: **21705114.3**(22) Anmeldetag: **04.02.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21H 5/00 (2006.01) **B21H 5/02 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21H 5/02; B21H 5/00; B21H 3/06

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2021/052643

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/156355 (12.08.2021 Gazette 2021/32)

(54) **WALZWERKZEUG UND VERFAHREN ZUM WALZEN EINES PROFILS**

ROLLING TOOL AND METHOD FOR ROLLING A PROFILE

OUTIL DE LAMINAGE ET PROCÉDÉ DE LAMINAGE D'UN PROFILÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **07.02.2020 DE 102020103151**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.12.2022 Patentblatt 2022/50

(73) Patentinhaber: **Profiroll Technologies GmbH
04849 Bad Düben (DE)**

(72) Erfinder:
• **LÜDER, Stefan
06888 Lutherstadt Wittenberg (DE)**

- **FELKE, Michael
06773 Gräfenhainichen (DE)**
- **BRAU, Peter
01458 Ottendorf Okrilla (DE)**

(74) Vertreter: **Bockhorni & Brüntjen Partnerschaft
Patentanwälte mbB
Agnes-Bernauer-Straße 88
80687 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 0 062 441	WO-A1-2019/020619
CN-Y- 2 356 779	DE-B- 1 013 612
DE-C- 51 257	DE-C- 925 522
KR-A- 20110 096 479	TW-A- 200 916 222
US-A- 3 735 619	

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Walzwerkzeug sowie ein Verfahren zum Walzen eines Profils, insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück.

STAND DER TECHNIK

[0002] Aus DE 10 2007 039 959 A1 sind eine Walzmaschine mit inkrementalen Rundwalzwerkzeugen und ein Verfahren zum Kaltwalzen von längsgerichteten Verzahnungen und Profilen auf einem Werkstück bekannt. Dabei sind zwei Walzspindeln parallel zueinander so auf einem Walzschlitten gelagert, dass sie in Zustellrichtung zum Werkstück hin und zugleich in Axialrichtung in Bezug auf das Werkstück frei positionierbar sind. Die Walzspindeln werden von einer CNC-Steuerung der Profilwalzmaschine im Gleichlauf synchron angetrieben und jeweils in Stufen vorgeschoben, um auf dem Werkstück abschnittsweise die Verzahnung anzubringen.

[0003] Es ist bekannt, derartige Maschinen auch mit konstantem Vorschub zu betreiben, wodurch das Werkstück nicht abschnittsweise, sondern kontinuierlich angewalzt wird. Ein derartiges Verfahren wird auch als Vor- oder Durchschubwalzverfahren bezeichnet. Durchschubwalzverfahren werden zumeist bei der Herstellung langer Profile und/oder auf Hohlwellen angewendet, um den Druck auf das Werkstück gering zu halten. Zu hohe Drücke können zu Rissbildungen und Verziehungen am Werkstück führen, was unerwünscht ist.

[0004] Rundwerkzeuge sind aber nicht auf die in der DE 10 2007 039 959 A1 beschriebene Anordnung und Betriebsbedingungen beschränkt. Beispielsweise können auch drei oder mehr Rundwalzwerkzeuge um das Werkstück angeordnet werden, um ein Profil auf einem Werkstück aufzubringen, siehe zum Beispiel DE 803 232 A1.

[0005] Die WO2019020619 A1 offenbart ein Walzwerkzeug zum Walzen eines Profils in einem Durchschubwalzprozess mit einer Walzscheibe, welche einen Einlaufbereich zum Walzen des Werkstücks umfasst, wobei die Walzscheibe eine den Einlaufbereich bildende Fase aufweist.

[0006] Zum Anfassen und Entgraten von stirnseitigen Zahnkanten von Zahnrädern ist es ferner bekannt, Rundwerkzeuge aus mehreren zueinander dreheinstellbaren Walzscheiben zusammenzusetzen, wobei beispielsweise auf EP 1 270 127 B1 verwiesen wird. Das darin beschriebene Werkzeug wird allerdings nicht im Vorschubverfahren betrieben, sondern es erfolgt nach radialer Zustellung zum Werkstück ein axial ortsfestes Rollen des Profils.

[0007] Die eingangs erwähnten Verfahren aus dem Stand der Technik weisen den Nachteil auf, dass die eingesetzten Walzmaschinen typischerweise eine geringe Standzeit aufweisen, d.h., dass nach einer relativ geringen Anzahl von gefertigten Werkstücken die Walzscheiben oder gar die ganze Maschine ausgetauscht

werden müssen. Aufgrund der komplexen Fertigung der Walzwerkzeugprofile durch Schleifen sind damit zumeist erhebliche Kosten verbunden.

5 AUFGABE DER ERFINDUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Walzwerkzeug zum Walzen eines Profils, insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück, sowie ein 10 entsprechendes Verfahren hierzu zu schaffen, welche die Nachteile des Stands der Technik überwinden.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Walzwerkzeug und ein Verfahren zum Herstellen, insbesondere Rollen oder Walzen eines Profils, insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück, gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

[0010] Nach einem ersten Aspekt umfasst ein Walzwerkzeug zum Walzen eines Profils, insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück, ein Walzscheibenpaket, das zumindest eine Hauptscheibe und eine daran lösbar drehfest befestigte Wechselscheibe aufweist. Die Wechselscheibe ist in Bezug auf eine Arbeitsrichtung der Hauptscheibe vorgelagert.

[0011] Die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung 30 als Scheiben bezeichneten Bauteile können sowohl Bau- teile eines Walzbalkens als auch eines Rundwalzwerk- zugs sein.

[0012] Im Sinne der Erfindung wird eine Arbeitsrichtung mit der Richtung des Werkstückvorschubs identifiziert. Im Falle eines Rundwerkzeugs kann die Arbeitsrichtung, muss aber nicht zwangsweise, mit einer Haupt- bzw. Drehachse des Scheibenpaketes zusammenfallen. Im Falle eines Walzbalkens verläuft die Arbeitsrichtung senkrecht zur Bewegung der Walzbalken im Walzprozess. In beiden Ausführungsformen ist die Vorrichtung eingerichtet, einen Durchschubwalzprozess durchzuführen.

[0013] Die Wechselscheibe umfasst dabei einen Einlaufbereich zum Walzen des Werkstücks. Beim Betrieb 45 des Walzwerkzeugs in der Walzmaschine trifft also zu- nächst die Wechselscheibe auf das Werkstück und wird von diesem hauptsächlich beansprucht, d.h. die meiste Umformarbeit wird von der Wechselscheibe verrichtet. Da diese lösbar an der Hauptscheibe befestigt ist, kann 50 diese bei Verschleiß ohne großen Aufwand ausgetauscht werden, was eine erhebliche Materialersparnis mit sich bringt, da die Hauptscheibe sowie gegebenenfalls weitere vorhandene Scheiben idealerweise weiterverwendet werden können.

[0014] Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Wechselscheibe in Arbeitsrichtung stirnseitig eine Profilabsenkung oder eine Fase aufweist, die den Einlaufbereich bildet. Der Bereich der Fase ist dabei so ausgebildet,

dass in diesem Bereich das Profil von der Stirnseite in Richtung Kalibrierung ansteigt. Im Falle eines Zahnprofils werden hier die Zähne immer tiefer, bis sie sich der endgültigen Zahnform annähern. Die Profilabsenkung weist entlang der Arbeitsrichtung dagegen zwar eine einheitliche Profiltiefe auf, wird jedoch in Bezug auf die Arbeitsrichtung unter einem Winkel eingearbeitet, so dass das Werkstück entlang der Arbeitsrichtung nur nach und nach mit dem Werkstück kämmt.

[0015] Die Erfindung kann zum Walzen sowohl kurzer als auch langer Werkstücke eingesetzt werden, insbesondere beispielsweise zur Herstellung von Zahnwellen, Zahnrädern, Rotorwellen u.dgl. Insbesondere eignet sich die Erfindung zur Ausbildung von Außenverzahnungen von Getrieberädern oder Getriebewellen. Auch Schräg- oder Spiralverzahnungen und dergleichen können mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug erzeugt werden. Die Werkstücke können außerdem massiv oder hohl ausgestaltet sein. Durch den relativ geringen Druck auf das Werkstück eignet sich eine Anwendung besonders für hohle Werkstücke und/oder lange Profile.

[0016] Das Profil der Scheiben kann im Prinzip beliebig sein, so können beispielweise Kerbverzahnungen oder Evolventenverzahnungen auf dem Werkstück geschaffen werden.

[0017] Die Wechselscheibe kann aus demselben Material wie oder aus einem anderen Material als die Hauptscheibe gefertigt sein. Aufgrund der Tatsache, dass die Wechselscheibe im Betrieb am meisten Arbeit am Werkstück verrichtet, kann vorteilhaft vorgesehen sein, für die Wechselscheibe ein höherwertiges Material als für die Hauptscheibe zu verwenden, beispielsweise ein Hartmetall. Im Verschleißfall können somit Kosten gespart werden, wobei zugleich die Standzeit erhöht ist. Alternativ kann zum Beispiel auch ein kostengünstigeres Material als für die Hauptscheibe verwendet werden. Die Wechselscheibe und die Hauptscheibe oder auch nur die Wechselscheibe können zudem mit Beschichtungen ausgestattet sein um Materialeigenschaften zu optimieren.

[0018] Im Vergleich zur Hauptscheibe kann eine Breite der Wechselscheibe im Bereich von 2 bis 50 % ausgestaltet sein, bevorzugt im Bereich zwischen 5 und 10 %.

[0019] Ein Anfaswinkel oder ein Profilabsenkungswinkel im Einlaufbereich ist bevorzugt so klein wie möglich, da die Umformung pro Vorschub möglichst klein sein sollte. In der Praxis liegt der Winkel bevorzugt zwischen 5° und 35°, weiter bevorzugt zwischen 10° und 20°, insbesondere etwa 15°. Bei Winkeln kleiner 5° würde der Einlaufbereich zu groß werden, was zu hohen Materialkosten beim Werkzeug führt. Beim Herstellen von Bauteilen mit großem Nachbarbund und nur kurzem Freistich ist der Anfaswinkel oder ein Profilabsenkungswinkel im Einlaufbereich oftmals aber auch durch die Bauteilgeometrie in der Größe begrenzt.

[0020] Das Walzscheibenpaket, insbesondere die Wechselscheibe und/oder die Hauptscheibe können einen Kalibrierbereich aufweisen, der durch eine gleich-

bleibende Profilhöhe, insbesondere gleichbleibende Zahnhöhe und Zahnform, entlang der Arbeitsrichtung gekennzeichnet ist.

[0021] Erfindungsgemäß weist das Walzscheibenpaket, insbesondere die Hauptscheibe einen Entlastungsbereich auf, der bevorzugt durch eine Profilabsenkung entlang der Arbeitsrichtung gekennzeichnet ist. In dem Entlastungsbereich kann bevorzugt eine gleichbleibende Profiltiefe mit Zurücksetzung des Profils unter einem Winkel (Profilabsenkung) vorgesehen sein, alternativ aber auch eine Verringerung der Profiltiefe oder auch eine Änderung der Profilform, so dass das Werkstück beim Vorschub nach und nach weniger mit dem Werkzeug kämmt.

[0022] In einer Ausführungsform ist der Entlastungsbereich in Bezug auf die Arbeitsrichtung nach dem Kalibrierbereich angeordnet. Alternativ kann zum Beispiel auch ein erster Entlastungsbereich vor dem Kalibrierbereich vorgesehen sein und ein zweiter Entlastungsbereich nach dem Kalibrierbereich.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Walzscheibenpaket außerdem eine Anfassscheibe, die durch eine Profilerhöhung entlang der Arbeitsrichtung gekennzeichnet ist. Bei dieser Ausführungsform können Werkstücke, die eine Länge in etwa von der Länge der Hauptscheibe aufweisen, mit Einfädelfasen für das Profil, beispielsweise für die Verzahnung ausgestattet werden. Die Anfasung der Verzahnung auf dem Werkstück dient beispielsweise einer verbesserten Zusammensteckbarkeit, zum Beispiel bei Außensteckverzahnungen von Getrieberädern oder Wellen, die in einer gegenverzahnten Nabe eingesteckt werden.

[0024] Die Anfassscheibe kann lösbar an der Hauptscheibe befestigt und in Bezug auf die Arbeitsrichtung der Hauptscheibe insbesondere nachgelagert sein. Ein Werkstück, welches in der Maschine verarbeitet und an dem Werkzeug vorbeigeführt wird, kommt also zunächst mit der Wechselscheibe in Kontakt, dann mit der Hauptscheibe und schließlich mit der Anfassscheibe. Alternativ kann die Hauptscheibe selbst einen Anfasbereich aufweisen, der zum Beispiel an den Kalibrierbereich oder an den Entlastungsbereich anschließt, d.h. diesem nachgelagert ist. Ein Vorteil einer separaten Anfassscheibe ist die erleichterte Herstellbarkeit des Werkzeugs, da eine einstückige Fertigung des Kalibrier-, Entlastungs- und Anfasbereichs aufwendig ist. Innerhalb einer Transversalebene kann das Profil der Hauptscheibe und/oder der Wechselscheibe homogen, d.h. gleichartig ausgebildet sein. Alternativ kann auch eine inkrementale Profilform innerhalb der Transversalebene vorgesehen sein. Als Transversalebene wird eine Ebene bezeichnet, die senkrecht zur Arbeitsrichtung liegt.

[0025] Nach einem weiteren Aspekt umfasst eine Walzanordnung zumindest eine, bevorzugt zwei, drei oder vier wie oben beschriebene Walzwerkzeuge, welche bevorzugt planetenartig um einen Walzbereich herum angeordnet sind. Die Walzanordnung umfasst zumindest außerdem eine Steuerung, beispielsweise

CNC-Steuerung, die eingerichtet ist, um die Walzwerkzeuge einander zuzustellen und um eine axiale Verschiebung des Werkstücks zu den Werkzeugen zu ermöglichen, beispielsweise mithilfe eines Vorschubs des Werkstücks gegen ortsfest angeordnete Walzwerkzeuge. Alternativ kann die Steuerung die Walzwerkzeuge gegen ein ortsfest angeordnetes Werkstück axial verschieben.

[0026] Bei einem Verfahren zum Walzen eines Profils, insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück mittels eines Walzwerkzeugs, bei welchem während einer Umformung des Werkstücks eine axiale Zustellung des Werkstücks zum Walzwerkzeug entlang einer Arbeitsrichtung erfolgt, z. B. bei ortsfesten Walzwerkzeugen oder ortsfesten Werkstück, ist vorgesehen, dass das Profil in dem Einlaufbereich, einem optionalen Kalibrierbereich und dem Entlastungsbereich des Walzwerkzeugs umgeformt wird.

[0027] Das Verfahren wird mit den oben beschriebenen Walzwerkzeugen durchgeführt. Die Merkmale, welche mit Bezug zu dem Walzwerkzeug offenbart wurden, sind dementsprechend auch mit Bezug zu dem Verfahren als offenbart zu verstehen.

[0028] Die funktionale Breite der einzelnen Bereiche, insbesondere des Einlaufbereichs kann dabei als Funktion der axialen Zustellgeschwindigkeit eingestellt werden. Insbesondere kann zum Beispiel die Breite eines Kalibrierbereiches auf die axiale Zustellgeschwindigkeit so abgestimmt sein, dass jeder Bereich auf dem Werkstück zumindest einmal mit einem entsprechenden Gegenstück auf dem Kalibrierbereich in Kontakt kommt.

[0029] Die Zustellung des Werkstücks zum Walzwerkzeug entlang der Arbeitsrichtung ist bevorzugt eine Vorschubbewegung mit konstanter oder variabler Vorschubgeschwindigkeit.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0030] Die Erfindung wird mit Bezug zu den Figuren näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Walzanordnung mit einem darin angeordneten Werkstück in Draufsicht,
- Fig. 2 eine Frontansicht eines Walzwerkzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 3 eine Schnittansicht des Walzwerkzeugs entlang A-A in Fig. 2,
- Fig. 4 einen vergrößerten Bereich B aus Fig. 3 gemäß einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 5 einen vergrößerten Bereich B aus Fig. 3 gemäß einer zweiten Ausführungsform,
- Fig. 6 eine Schnittansicht entsprechend der Darstellung in Fig. 3 durch ein Walzwerkzeug nach einer weiteren Ausführungsform und
- Fig. 7 einen vergrößerten Bereich C aus Fig. 6.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0031] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft

anhand eines Rundwerkzeugs dargestellt und beschrieben. Die Erfindung ist aber ebenso bei Walzbalken als Walzwerkzeuge anwendbar.

[0032] Fig. 1 zeigt eine Walzanordnung 2 einer Walzmaschine mit zwei parallel und auf Abstand zueinander angeordneten Walzwerkzeugen 10, insbesondere Rundwalzwerkzeugen, welche zwischen sich eine lichte Weite zur Aufnahme eines Werkstücks 4 definieren.

[0033] Die Walzmaschine ist beispielsweise zum Kaltwalzen von Profilen 6 wie z. B. wie dargestellt von längsgerichteten Verzahnungen von wellenförmigen Werkstücken 4 ausgebildet. Die Walzwerkzeuge 10 sind beispielsweise auf computergesteuert frei positionierbaren Walzschlitten angeordnet. Im Betrieb der Walzmaschine werden die Walzwerkzeuge 10 über eine Steuerung (nicht dargestellt), etwa eine CNC-Steuerung, synchron rotierend angetrieben und gleichzeitig mittels der Steuerung in Richtung aufeinander zugestellt, so dass das Werkstück 4 mit dem Profil der Walzwerkzeuge 10 in Kontakt bzw. in Eingriff gerät. Über die Steuerung wird das Werkstück 4 in einer Arbeitsrichtung 8 durch die Walzwerkzeuge 10 durchgeschoben, die hier beispielsweise mit Hauptachsen 30 der Walzwerkzeuge 10 zusammenfällt. Der Vorschub entsteht durch eine Relativbewegung zwischen Werkstück 4 und Walzwerkzeugen 10, z. B. durch Verschiebung des Werkstücks 4 gegenüber ortsfesten Walzwerkzeugen 10, oder durch Verschiebung der Walzwerkzeuge 10 gegenüber dem ortsfest gehaltenen Werkstück 4. Der Vorschub kann mit kontinuierlicher oder veränderlicher Geschwindigkeit erfolgen. Nach dem Walzen des Werkstücks 4 weist dieses das Profil 6 auf. Das Werkstück 4 ist bei dem Vorgang in einer Werkstückhalterung 9, beispielsweise zwischen Zentrierspitzen gelagert.

[0034] Fig. 2 zeigt ein Walzwerkzeug 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Frontansicht. Die Perspektive zeigt mit den Worten der vorliegenden Offenbarung eine Transversalebene des Walzwerkzeugs 10, da die dargestellte Ebene senkrecht zu der Hauptachse 30 des Walzwerkzeugs 10 liegt. Die Hauptachse 30 fällt in vielen Anwendungsfällen mit der Arbeitsrichtung 8 zusammen, wie mit Bezug zu Figur 1 beschrieben.

[0035] Das Walzwerkzeug 10, insbesondere Rundwalzwerkzeug, weist entlang seines äußeren Umfangs 12 einen mit einem Zahnprofil ausgestatteten Profilbereich 12 auf. Die Zähne des Profilbereichs 12 können eine beliebige Form aufweisen, beispielsweise im Schnitt keilförmig, kerbförmig oder evolventenförmig gestaltet sein. In der dargestellten Ansicht kann der Profilbereich 12 über den Umfang des Walzwerkzeugs homogen oder inhomogen ausgestaltet sein. Möglich sind zum Beispiel inkrementelle Erhöhungen der Zähne über den Umfang des Walzwerkzeugs 10. Möglich ist aber auch, dass das Profil über den Umfang im Wesentlichen gleich ausgebildet ist, da sich Zahnform, Höhe und/oder Größe der Zähne entlang der Arbeitsrichtung 8 ändern, wie auch mit Bezug zu den weiteren Figuren näher beschrieben wird.

[0036] Das Walzwerkzeug 10 umfasst ein Walzschei-

benpaket 14, welches mit Bezug zu Fig. 3 näher beschrieben wird. Im Zentrum des Walzwerkzeugs 10 befindet sich eine Aufstecköffnung 16 zur Aufnahme in einer Werkzeugspindel (nicht dargestellt). Die Aufstecköffnung 16 ist in dieser Ausführungsform nicht kreisrund ausgebildet, sondern weist zwei Tangentialkeilnuten 17 auf, was aber rein beispielhaft ist. Die Antriebsmöglichkeiten des Walzwerkzeugs 10 durch die Werkzeugspindel können vielfältig ausgestaltet sein und z. B. mehr als zwei Tangentialkeilnuten 17 oder eine Passfederverbindung umfassen.

[0037] Das Walzwerkzeug 10 wird bevorzugt in einer Walzanordnung (nicht dargestellt) verbaut, wie beispielsweise mit Bezug zu Figur 1 beschrieben. Hierbei können beispielsweise 1, 2, 3 oder 4 derartige Walzwerkzeuge 10 vorgesehen sein, die an unterschiedlichen Stellen auf das typischerweise runde Werkstück 4 einwirken.

[0038] Das dargestellte Walzwerkzeug 10 weist eine Reihe von Befestigungselementen 18 auf, die hier beispielsweise regelmäßig in 45° Abstand zueinander in gleichem Abstand um die Hauptachse 30 herum angeordnet sind. Mithilfe der Befestigungselemente 18 werden die einzelnen Scheiben des Walzscheibenpakets 14 lösbar und drehsicher aneinander befestigt, was besser aus Fig. 3 hervorgeht.

[0039] Fig. 3 zeigt das Walzwerkzeug 10 aus Fig. 2 entlang des Schnittes A-A. Der Profilbereich 12 in der Umgebung B ist in den Figuren 4 und 5 noch einmal vergrößert dargestellt.

[0040] Das Walzscheibenpaket 14 umfasst eine Hauptscheibe 24 und eine daran befestigte Wechselscheibe 26, die in Bezug auf die Arbeitsrichtung 8 der Hauptscheibe 24 vorgelagert ist. Die Wechselscheibe 26 ist mittels einer Spannscheibe 28 an der Hauptscheibe 24 befestigt. Der Durchmesser der Spannscheibe 28 ist etwas geringer als der Durchmesser der Hauptscheibe 24, sodass kein Eingriff mit dem Werkstück erfolgt. Mit b_1 wird eine Breite des Walzscheibenpakets 14 bezeichnet. Mit b_2 wird eine Arbeitsbreite der Hauptscheibe 24 und der Wechselscheibe 26 zusammen bezeichnet.

[0041] Die Befestigungselemente 18, welche mit Bezug zu Fig. 2 beschrieben wurden, sind hier einmal als Stift 20 und einmal als Schraube 22, zum Beispiel Zylinderstift und Zylinderschraube, ausgeführt. Die Wahl der Befestigungselemente 18 wird der Fachmann zweckmäßigerweise so treffen, dass die einzelnen Scheiben des Walzscheibenpakets 14 ausreichend fest aneinander befestigt sind. Die Verdreh sicherung und die Verschiebesicherung werden dabei groß genug eingerichtet, um statische und dynamische Kräfte aus dem Arbeitsprozess aufzunehmen. Die Lösbarkeit und die Montierbarkeit werden so festgelegt, dass die Scheiben leicht vom Nutzer gewechselt werden können, insbesondere bevorzugt ohne Spezialwerkzeuge. Ort und Ausrichtung der Befestigungselemente 18 werden idealerweise so aufeinander abgestimmt, dass die Scheiben gewechselt werden können, ohne das Werkzeug 10 von der Walzmaschine abbauen zu müssen.

[0042] Die Fig. 4 und 5 zeigen zwei verschiedene Ausführungsformen von Walzwerkzeugen 10 im vergrößerten Bereich B aus Fig. 3. Die Ausführungsformen unterscheiden sich durch die Ausgestaltung der Einlaufbereiche 32 und durch Vorhandensein / Nichtvorhandensein eines Kalibrierbereichs 34. Der Kalibrierbereich 34 ist durch ein gleichbleibendes Profil entlang der Arbeitsrichtung 8 gekennzeichnet.

[0043] Die einzelnen Scheiben des Walzscheibenpaketes 14 sind in Fig. 4 und 5 nicht dargestellt. Vielmehr sind hier verschiedene Ausführungsformen möglich, wie im Folgenden näher beschrieben wird.

[0044] Fig. 4 zeigt das Walzwerkzeug 10 mit einem Einlaufbereich 32 der Breite b_3 , einem Kalibrierbereich 34 der Breite b_4 und einem nachgeordneten Entlastungsbereich 36 der Breite b_5 .

[0045] Die Wechselscheibe kann gemäß einer Ausführungsform lediglich einen Teil des Einlaufbereichs 32 umfassen. Die Hauptscheibe umfasst dann ebenfalls einen Teil des Einlaufbereichs 32, sowie den Kalibrierbereich 34 und den Entlastungsbereich 36.

[0046] Die Wechselscheibe kann gemäß einer alternativen Ausführungsform den gesamten Einlaufbereich 32 umfassen. Die Hauptscheibe umfasst dann den Kalibrierbereich 34 und den Entlastungsbereich 36.

[0047] Die Wechselscheibe kann gemäß einer weiteren alternativen Ausführungsform den gesamten Einlaufbereich 32 und einen Teil des Kalibrierbereichs 34 umfassen. Die Hauptscheibe umfasst dann den restlichen Teil des Kalibrierbereichs 34 und den Entlastungsbereich 36. Diese Ausführungsform hat Montagevorteile, da die Zahnprofile der Scheiben dort, wo diese zusammenstoßen, gleich hoch sind und gleichartig ausgebildet sind.

[0048] Die Wechselscheibe kann gemäß einer noch weiteren alternativen Ausführungsform den Einlaufbereich 32 und den gesamten Kalibrierbereich 34 umfassen. Die Hauptscheibe umfasst dann den Entlastungsbereich 36.

[0049] Schließlich kann in einer noch weiteren Ausführungsform die Wechselscheibe den Einlaufbereich 32, den gesamten Kalibrierbereich 34 und einen Teil des Entlastungsbereichs 36 umfassen. Die Hauptscheibe umfasst dann den restlichen Teil des Entlastungsbereichs 36.

[0050] Im Einlaufbereich 32 weist die Wechselscheibe nach der dargestellten Ausführungsform eine Fase 40 auf, in der eine Profiltiefe der Zähne in Arbeitsrichtung zunimmt. Die Fase 40 kann beispielsweise eine Zunahme des Profils von 0 auf eine maximale Profiltiefe umfassen. Alternativ beginnt die Fase 40 nicht bei einer Profiltiefe Null, sondern bei einer Einlauftiefe t_1 , die beispielsweise zwischen einem Zehntel und der Hälfte der Profiltiefe im Kalibrierbereich entspricht. Mit Einlauftiefe t_1 wird dabei typischerweise ein Wert bezeichnet, der sich aus der Hälfte der Differenz aus einem Vordrehdurchmesser und einem Fußkreisdurchmesser ergibt.

[0051] Die Zunahme der Profiltiefe kann wie darge-

stellt linear sein. Alternativ kann die Fase 40 einen Radius oder Stufen aufweisen oder auch in Form einer Doppelfase ausgeführt sein.

[0052] Im linearen Fall kann die Fase 40 über einen Anfaswinkel w_1 gekennzeichnet sein, welcher sich, wie aus Fig. 4 ersichtlich, als Tangensfunktion aus der Einlauftiefe t_1 (bei Annahme Beginn Profiltiefe bei 0) und der Breite b_3 des Einlaufbereichs 32 ergibt. Bevorzugt liegt der Anfaswinkel w_1 zwischen 10° und 20° .

[0053] Der Entlastungsbereich 36 ist in Bezug auf die Arbeitsrichtung 8 nach dem Kalibrierbereich 34 angeordnet und durch eine Profilabsenkung gekennzeichnet. Hierbei sind verschiedenste Ausführungsformen möglich, die aus dem Stand der Technik bekannt sind. Typischerweise ist dabei das Profil unter einem Entlastungswinkel w_3 eingearbeitet. Bevorzugt liegt der Entlastungswinkel w_3 zwischen $0^\circ 10'$ und 1° .

[0054] Fig. 5 zeigt eine alternative Ausführungsform mit Einlaufbereich 32 und Entlastungsbereich 36, also ohne Kalibrierbereich 34. Ein wesentlicher Unterschied der Ausführungsform nach Fig. 5 gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 4 ist die Ausgestaltung des Einlaufbereichs 32. In Fig. 5 ist der Einlaufbereich 32 durch eine Profilabsenkung 42 ausgebildet. Bei der Profilabsenkung 42 ist die Profiltiefe t_2 über die Breite b_3 gleichbleibend groß, jedoch mit einem ersten Profilabsenkungswinkel w_2 zur Arbeitsrichtung eingearbeitet. Der Bereich ist im Vergleich zum Kalibrierbereich 34 also konisch ausgebildet. Bevorzugt liegt der erste Profilabsenkungswinkel w_2 zwischen 10° und 20° .

[0055] Fig. 6 zeigt ein Walzwerkzeug 10 nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die Darstellung in Fig. 6 ist analog Fig. 3 gewählt, wobei lediglich der obere Teil des Walzwerkzeugs 10 im Schnitt dargestellt wurde. Das Walzwerkzeug 10 umfasst einen Profilbereich 12, der mit Umgebung C vergrößert in Fig. 7 dargestellt ist.

[0056] Das Walzscheibenpaket 14 umfasst in der Ausführungsform nach Fig. 6 und Fig. 7 zusätzlich zur Hauptscheibe 24, Wechselscheibe 26 und Spannscheibe 28 noch eine Anfassscheibe 44, die in Bezug auf die Arbeitsrichtung 8 der Hauptscheibe 24 nachgeordnet ist. Das Werkstück 4 wird somit zunächst von der Wechselscheibe 26 umgeformt, dann von der Hauptscheibe 24 und schließlich von der Anfassscheibe 44.

[0057] Fig. 7 zeigt den Bereich C in vergrößerter Darstellung. Im Gegensatz zu den Darstellungen nach Fig. 4 und 5 sind hier wiederum die Hauptscheibe 24, die Wechselscheibe 26 und die Anfassscheibe 44 in Bezug auf die funktionalen Bereiche dargestellt. Die Wechselscheibe 26 umfasst hier beispielhaft ausschließlich den Einlaufbereich 32 und keine Teile vom Kalibrierbereich 34 oder Entlastungsbereich 36. Die Hauptscheibe 24 umfasst hier rein beispielhaft ausschließlich einen Entlastungsbereich 36, und ebenfalls keinen Kalibrierbereich 34. Andere Ausführungsformen wie oben beschrieben sind aber selbstverständlich möglich.

[0058] In Arbeitsrichtung 8 nach der Hauptscheibe 24

schließt sich die Anfassscheibe 44 an, und zwar mit schrägem Profil und einem zweiten Profilabsenkungswinkel w_4 . Der erste Profilabsenkungswinkel w_2 und der zweite Profilabsenkungswinkel w_4 können gleich oder unterschiedlich groß sein. Typischerweise sind die Profilabsenkungswinkel w_2 und w_4 unterschiedlich groß, da der zweite Profilabsenkungswinkel w_4 durch die Bauteilgeometrie vorgegeben ist. Beispielsweise liegt der zweite Profilabsenkungswinkel w_4 zwischen 2° und 10° .

[0059] Das in Fig. 7 dargestellte Walzwerkzeug 10 ist speziell für Werkstücke 4 ausgebildet, deren nutzbare Profilhöhe bzw. Verzahnungslänge in etwa der Breite b_{12} der Hauptscheibe 24 entspricht. Im Betrieb wird das Werkstück 4 durch den Einlaufbereich 32 angewalzt, durchläuft hiernach ggf. den Kalibrierbereich (nicht dargestellt) und den Entlastungsbereich 36 der Hauptscheibe 24, und wird hiernach über einen Teil der Breite b_{14} der Anfassscheibe 44 geführt. Die Anfassscheibe 44 erzeugt auf dem Werkstück 4 eine Anfasung des Profils.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0060]

25	2	Walzanordnung
	4	Werkstück
	6	Profil
	8	Arbeitsrichtung
	9	Werkstückhalterung
30	10	Walzwerkzeug
	12	Profilbereich
	14	Walzscheibenpaket
	16	Aufstecköffnung
	17	Tangentialkeilnuss
35	18	Befestigungselement
	20	Stift
	22	Schraube
	24	Hauptscheibe
	26	Wechselscheibe
40	28	Spannscheibe
	30	Hauptachse
	32	Einlaufbereich
	34	Kalibrierbereich
	36	Entlastungsbereich
45	40	Fase
	42	Profilabsenkung
	44	Anfassscheibe
	b_1	Breite Walzscheibenpaket
	b_2	Arbeitsbreite
50	b_3	Breite Einlaufbereich
	b_4	Breite Kalibrierbereich
	b_5	Breite Entlastungsbereich
	b_{10}	Breite Wechselscheibe
	b_{12}	Breite Hauptscheibe
55	b_{14}	Breite Anfassscheibe
	t_1	Einlauftiefe
	t_2	Profiltiefe
	w_1	Anfaswinkel

- w₂ erster Profilabsenkungswinkel
 w₃ Entlastungswinkel
 w₄ zweiter Profilabsenkungswinkel

Patentansprüche

1. Walzwerkzeug (10) zum Walzen eines Profils (6) in einem Durchschubwalzprozess, insbesondere einer Steckverzah-

nung auf einem Werkstück (4), mit einem Walzscheibenpaket (14), das zumindest eine Hauptscheibe (24) und eine daran befestigte Wechselscheibe (26) umfasst, wobei die Wechselscheibe (26) in Bezug auf eine Arbeitsrichtung (8), welche mit einem Werkstückvorschub identifiziert ist, der Hauptscheibe (24) vorgelagert ist, wobei die Wechselscheibe (26) aus demselben oder einem anderen Material wie die Hauptscheibe (24) gefertigt ist und einen Einlaufbereich (32) zum Walzen des Werkstücks (4) umfasst, wobei die Wechselscheibe (26) eine den Einlaufbereich (32) bildende Fase (40) oder eine Profilabsenkung (42) aufweist, und wobei Walzscheibenpaket (14) einen Entlastungsbereich (36) aufweist.

2. Walzwerkzeug (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wechselscheibe (26) aus einem Hartmetall gefertigt ist.

3. Walzwerkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Anfaswinkel (w₁) oder ein Profilabsenkungswinkel (w₂) im Einlaufbereich (32) zwischen 5° und 35°, bevorzugt zwischen 10° und 20° liegt, insbesondere etwa 15°.

4. Walzwerkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Walzscheibenpaket (14) einen Kalibrierbereich (34) aufweist, der durch eine gleichbleibende Profilhöhe entlang der Arbeitsrichtung (8) gekennzeichnet ist.

5. Walzwerkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptscheibe (24) den Entlastungsbereich (36) aufweist.

6. Walzwerkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Walzscheibenpaket (14) eine Anfassscheibe (44) umfasst, die durch eine Profilerhöhung entlang der Arbeitsrichtung (8) gekennzeichnet ist und die in Bezug auf die Arbeitsrichtung (8) der Hauptscheibe (24) nachgelagert ist.

7. Walzwerkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Profil der Hauptscheibe (24) und/oder Wechselscheibe (26) innerhalb einer Transversalebene gleichartig ausgebildet sind.

8. Walzanordnung (2) mit zumindest einer, bevorzugt zwei, drei oder vier gleichartig ausgebildeten Walzwerkzeugen (10), die entsprechend einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind, und mit einer Steuerung, die eingerichtet ist, um die Walzwerkzeuge (10) einander zuzustellen und eine axiale Verschiebung des Werkstücks (4) zu den Werkzeugen (10) zu ermöglichen.

9. Verfahren zum Walzen eines Profils (6), insbesondere einer Steckverzahnung auf einem Werkstück (4) mittels eines Walzwerkzeugs (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei während einer Umformung des Werkstücks (4) eine axiale Zustellung des Werkstücks (4) zum Walzwerkzeug (10) entlang einer Arbeitsrichtung (8) erfolgt, welche mit einem Werkstückvorschub identifiziert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil (6) in dem Einlaufbereich (32), einem optionalen Kalibrierbereich (34) und dem Entlastungsbereich (36) des Walzwerkzeugs (10) umgeformt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Zustellung des Werkstücks (4) zum Walzwerkzeug (10) entlang der Arbeitsrichtung (8) eine Vorschubbewegung mit konstanter oder variabler Vorschubgeschwindigkeit ist.

Claims

1. Rolling tool (10) for rolling a profile (6) in a push-through rolling process, in particular a plug-in tooth-ing on a workpiece (4), having a rolling disc packet (14) which comprises at least one main disc (24) and a replaceable disc (26) attached thereto, the replaceable disc (26) being upstream from the main disc (24) in a working direction (8) identified with a workpiece advancement, wherein the replaceable disc (26) is made from the same material as or a different material from the main disc (24) and comprises an entry region (32) for rolling the workpiece (4), wherein the replaceable disc (26) has a chamfer (40) or profile lowering (42) forming the entry region (32), and wherein the rolling disc packet (14) has a relief region (36).
2. Rolling tool (10) according to claim 1, **characterised in that** the replaceable disc (26) is made from a hard metal.
3. Rolling tool (10) according to either of the preceding

- claims, **characterised in that** a first chamfer approach angle (w_1) or a profile lowering angle (w_2) in the entry region (32) is between 5° and 35° , preferably between 10° and 20° , in particular approximately 15° . 5
4. Rolling tool (10) according to any of the preceding claims, **characterised in that** the rolling disc packet (14) has a calibration region (34) **characterised by** a constant profile height along the working direction (8). 10
5. Rolling tool (10) according to any of the preceding claims, **characterised in that** the main disc (24) has the relief region (36). 15
6. Rolling tool (10) according to any of the preceding claims, **characterised in that** the rolling disc packet (14) comprises a chamfer disc (44) which is **characterised by** a profile elevation along the working direction (8) and which is downstream from the main disc (24) in terms of the working direction (8). 20
7. Rolling tool (10) according to any of the preceding claims, **characterised in that** profiles of the main disc (24) and/or replaceable disc (26) are formed identically within a transverse plane. 25
8. Rolling arrangement (2), having at least one, preferably two, three or four, identically formed rolling tools (10) formed according to any of the preceding claims, and having a control system set up to deliver the rolling tools (10) to one another and to enable axial displacement of the workpiece (4) with respect to the tools (10). 30
9. Method for rolling a profile (6), in particular a plug-in tooth on a workpiece (4) by means of a rolling tool (10) according to any of preceding claims 1 to 7, wherein, during a deformation of the workpiece (4), the workpiece (4) is delivered axially to the rolling tool (10) along a working direction (8) identified with a workpiece advancement, **characterised in that** the profile (6) is deformed in the entry region (32), an optional calibration region (34) and the relief region (36) of the rolling tool (10). 35
10. Method according to claim 9, wherein the delivery of the workpiece (4) to the rolling tool (10) along the working direction (8) is an advancement movement of constant or variable advancement speed. 50
- à usiner (4), comportant un bloc de disques de laminage (14) qui comprend au moins un disque principal (24) et un disque interchangeable (26) fixé sur celui-ci, dans lequel le disque interchangeable (26) est situé en amont du disque principal (24) par rapport à une direction de travail (8) qui est identifiée par une avance de la pièce à usiner, dans lequel le disque interchangeable (26) est fabriqué à partir du même matériau que le disque principal (24) ou d'un matériau différent et comprend une zone d'entrée (32) pour le laminage de la pièce à usiner (4), dans lequel le disque interchangeable (26) comporte un chanfrein (40) formant la zone d'entrée (32) ou une réduction de profil (42), et dans lequel le bloc de disques de laminage (14) comporte une zone de dégagement (36). 5
2. Outil de laminage (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le disque interchangeable (26) est fabriqué à partir d'un métal dur. 10
3. Outil de laminage (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** premier angle de chanfreinage (w_1) ou un angle de réduction de profil (w_2) dans la zone d'entrée (32) est compris entre 5° et 35° , de préférence entre 10° et 20° , et est en particulier d'environ 15° . 15
4. Outil de laminage (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bloc de disques de laminage (14) comporte une zone de calibrage (34) qui est **caractérisée par** une hauteur de profil constante le long de la direction de travail (8). 20
5. Outil de laminage (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le disque principal (24) comporte la zone de dégagement (36). 25
6. Outil de laminage (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bloc de disques de laminage (14) comprend un disque de chanfreinage (44) qui est **caractérisé par** une augmentation de profil le long de la direction de travail (8) et est situé en aval du disque principal (24) par rapport à la direction de travail (8). 30
7. Outil de laminage (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** profil du disque principal (24) et/ou du disque interchangeable (26) est formé de la même manière dans un plan transversal. 35
8. Ensemble de laminage (2) comportant au moins un, de préférence deux, trois ou quatre outils de laminage (10) formés de la même manière qui sont réalisés selon l'une des revendications précédentes, et comportant une commande qui est conçue pour 40

Revendications

1. Outil de laminage (10) pour le laminage d'un profilé (6) dans un processus de laminage par poussée, en particulier d'une denture de cannelure sur une pièce

rapprocher les outils de laminage (10) les uns des autres et pour permettre un déplacement axial de la pièce à usiner (4) vers les outils (10).

9. Procédé de laminage d'un profilé (6), en particulier 5
d'une denture de cannelure sur une pièce à usiner (4), au moyen d'un outil de laminage (10) selon l'une des revendications 1 à 7 précédentes, dans lequel, lors d'un formage de la pièce à usiner (4), un rapprochement axial de la pièce à usiner (4) vers l'outil de laminage (10) a lieu le long d'une direction de travail (8) qui est identifiée par une avance de la pièce à usiner, **caractérisé en ce que** le profilé (6) est formé dans la zone d'entrée (32), une zone de calibrage facultative (34) et la zone de dégagement (36) de 10
l'outil de laminage (10). 15
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le rapprochement de la pièce à usiner (4) vers l'outil de laminage (10) le long de la direction de travail (8) 20
est un mouvement d'avance à vitesse d'avance constante ou variable.

25

30

35

40

45

50

55

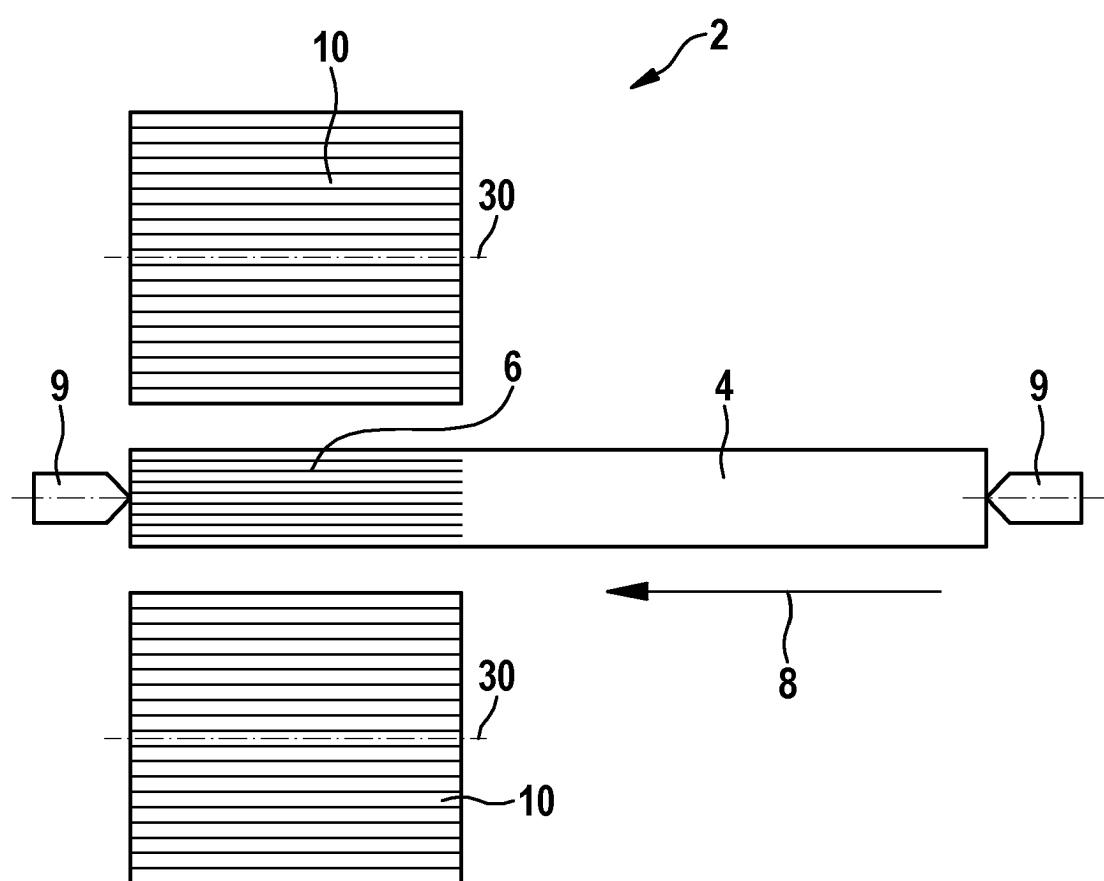


Fig. 1

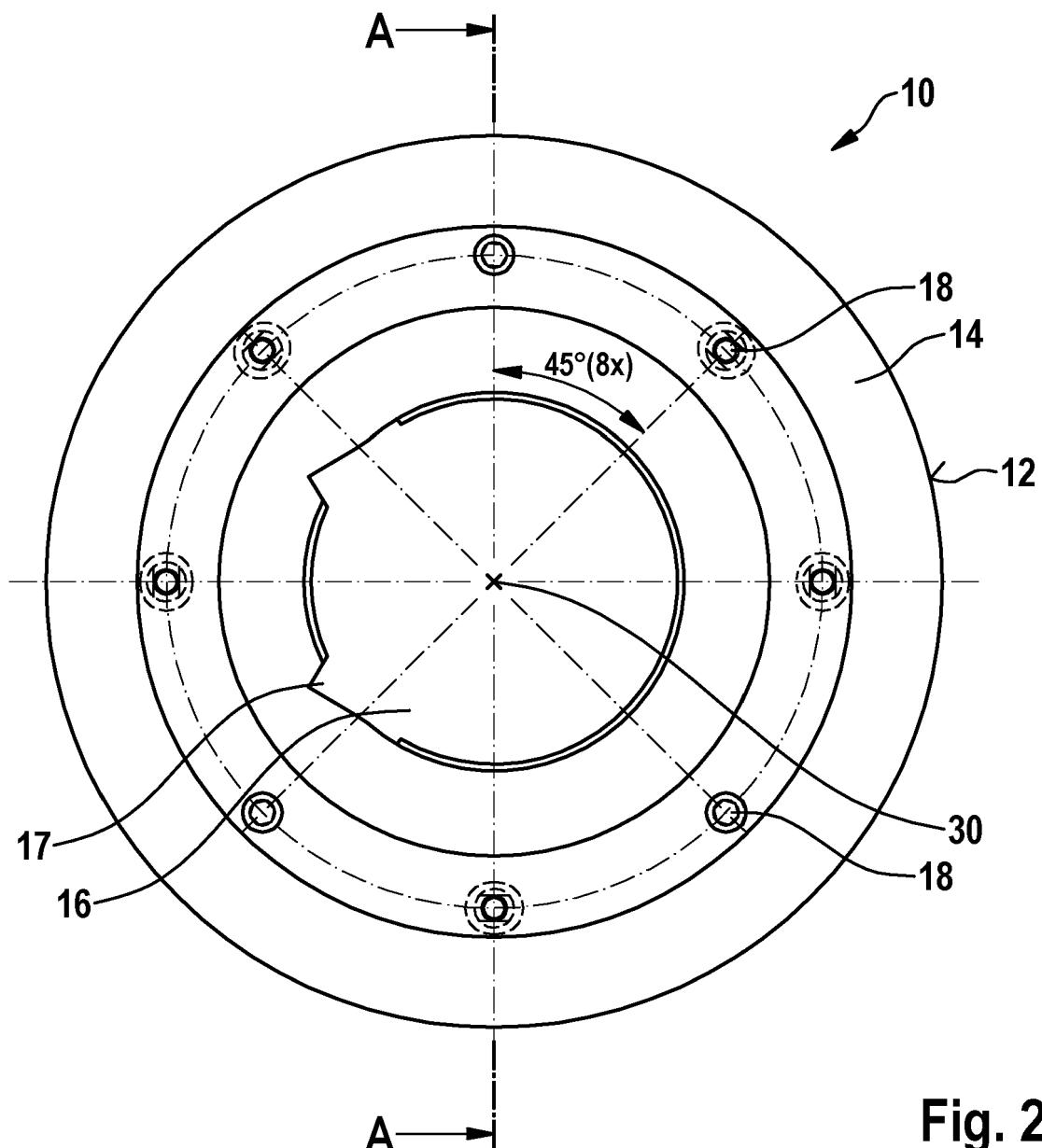


Fig. 2

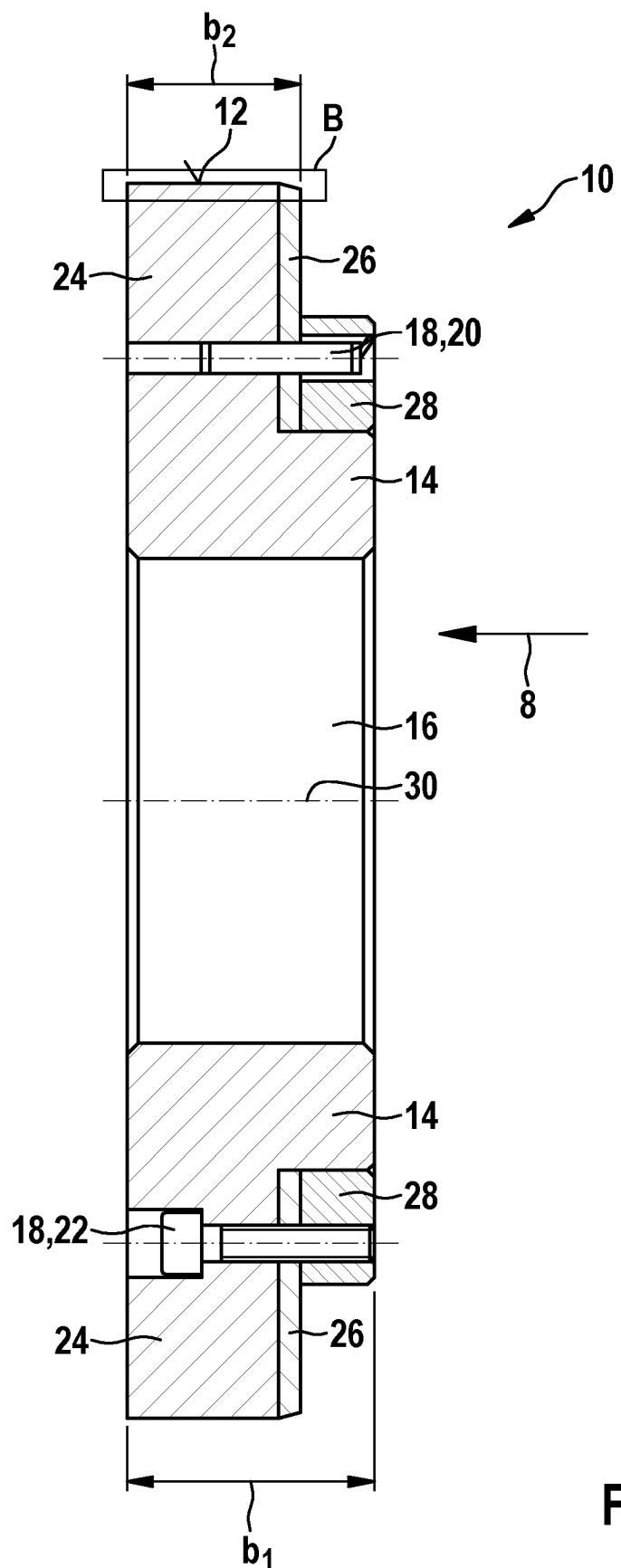


Fig. 3

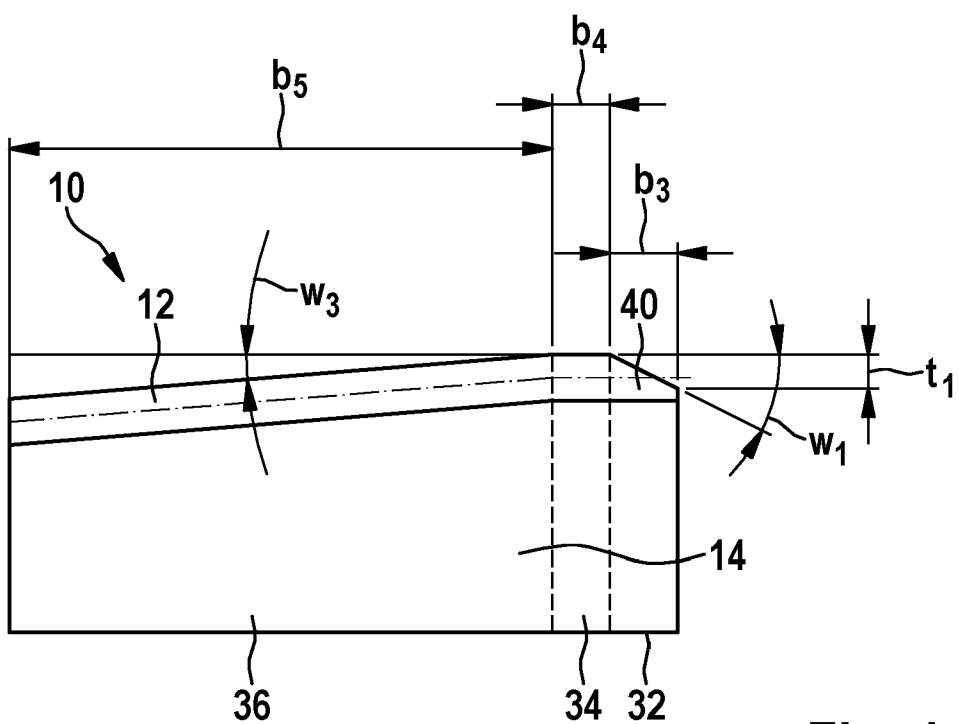


Fig. 4

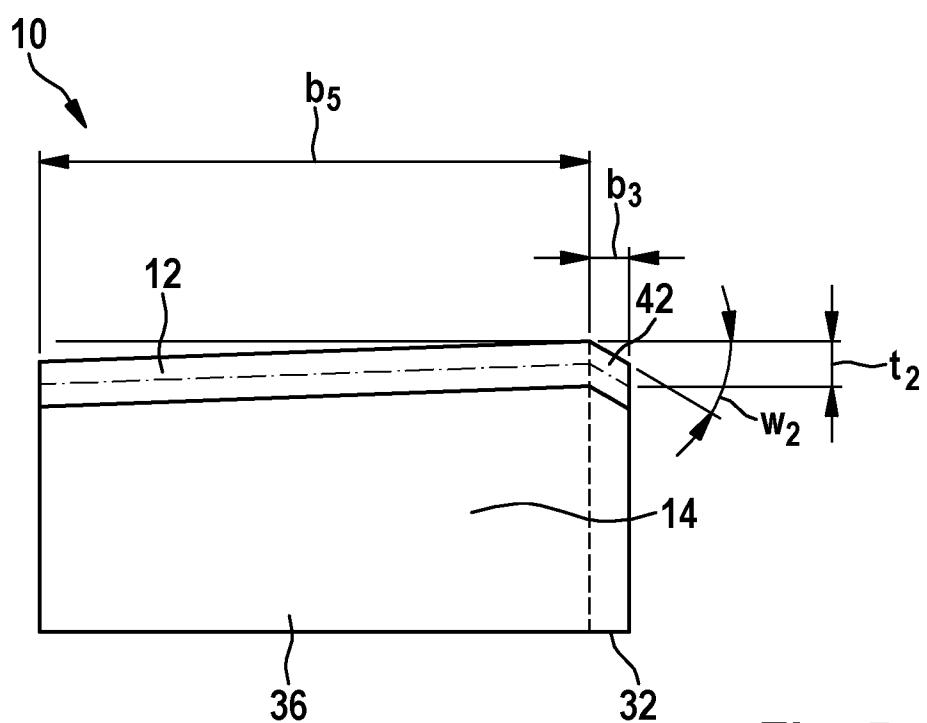


Fig. 5

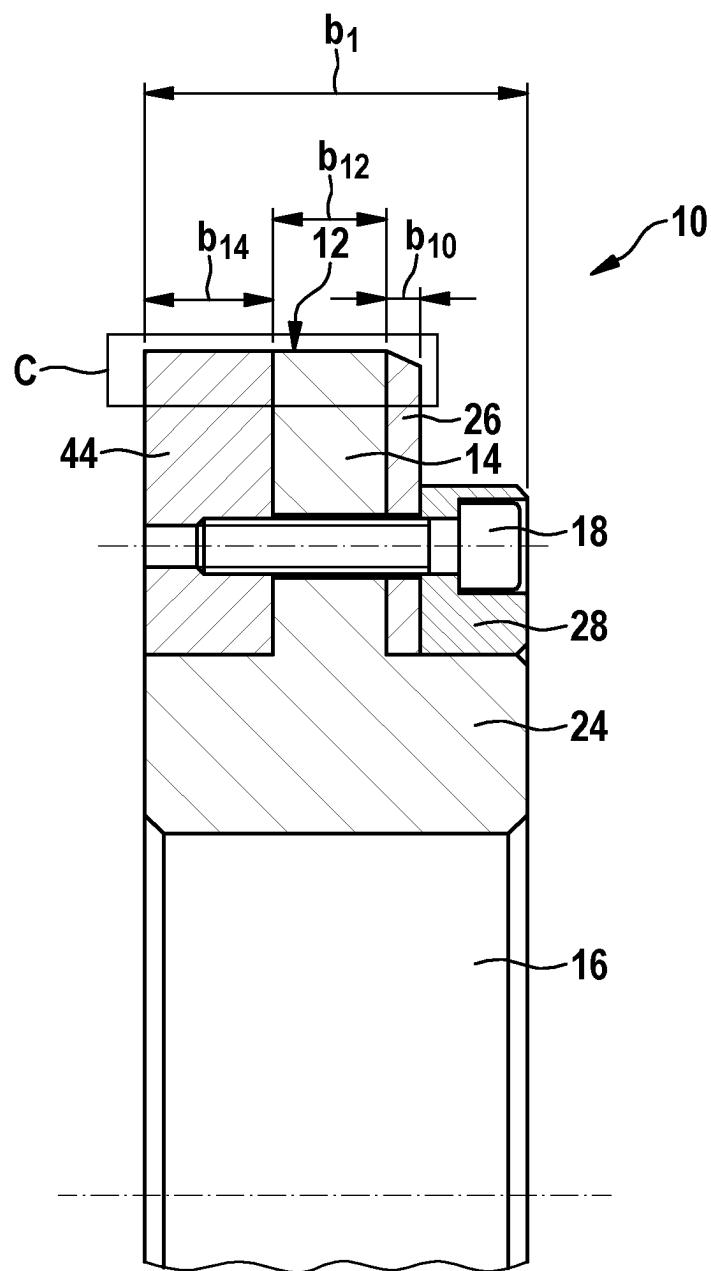


Fig. 6

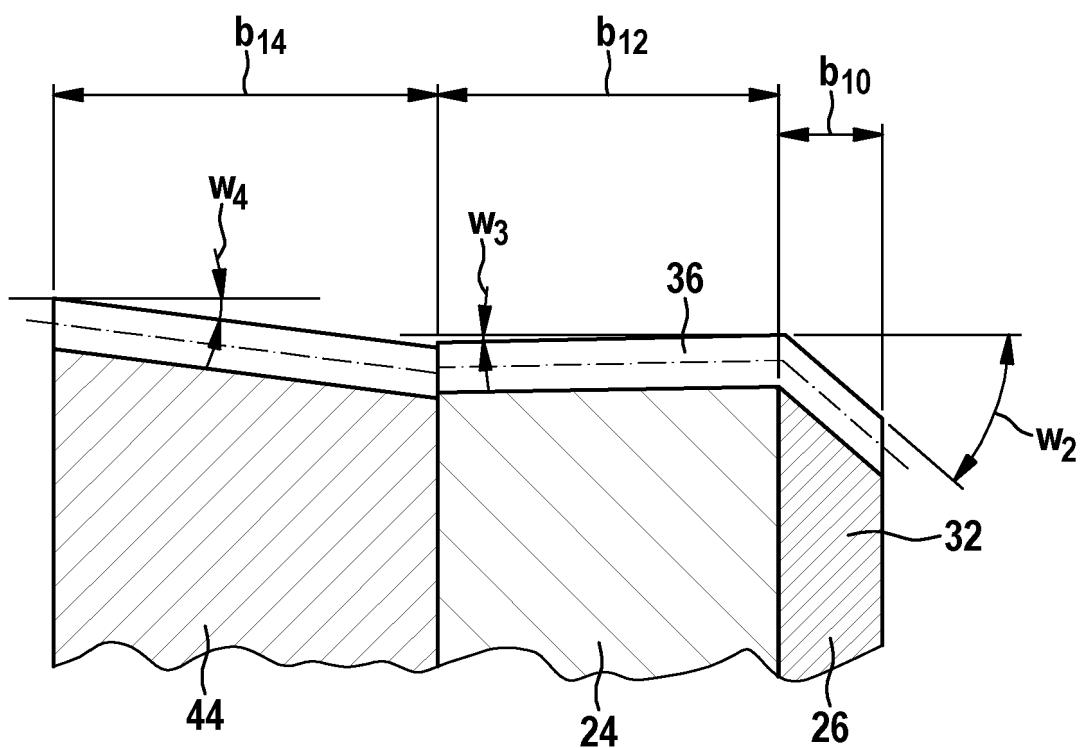


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007039959 A1 **[0002] [0004]**
- DE 803232 A1 **[0004]**
- WO 2019020619 A1 **[0005]**
- EP 1270127 B1 **[0006]**