

(19)



(11)

EP 4 347 151 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.05.2025 Patentblatt 2025/21

(21) Anmeldenummer: **22732951.3**

(22) Anmeldetag: **02.06.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21H 1/20 (2006.01) B21H 5/02 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21H 1/20; B21H 5/02

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2022/065014

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/253942 (08.12.2022 Gazette 2022/49)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM KALTUMFORMENDEN PROFILIEREN VON WERKSTÜCKEN**

DEVICE AND METHOD FOR THE COLD-FORMING PROFILING OF WORKPIECES

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE PROFILAGE DE PIÈCES PAR FORMAGE À FROID

(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: **04.06.2021 CH 6542021**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2024 Patentblatt 2024/15

(73) Patentinhaber: **Ernst Grob AG**
8708 Maennedorf (CH)

(72) Erfinder:
• **DÉRIAZ, Daniel**
8708 Männedorf (CH)
• **KAPKIN, Ekrem**
8708 Männedorf (CH)

(74) Vertreter: **Frei Patent Attorneys**
Frei Patentanwaltsbüro AG
Hagenholzstrasse 85
8050 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 688 617 WO-A1-2005/075125
WO-A1-2007/009267 WO-A1-2020/099536
CH-A- 372 535

EP 4 347 151 B1

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 bezieht sich auf das Gebiet der Erzeugung von Profilierungen, insbesondere durch Kaltumformen, zum Beispiel in rotationssymmetrischen Voll- oder Hohlteilen. Sie bezieht sich auf Vorrichtungen und Verfahren gemäss den Gattungsbegriffen der Patentansprüche.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren bekannt, Voll- oder Hohlteile kaltumformend zu profilieren.

[0003] Es ist beispielsweise bekannt, Hohlteile in einem einzigen Schritt mit einer Profilierung zu versehen, indem in unprofiliertes Blechteil durch eine Vorrichtung umgeformt wird, die über einen Umfang verteilt eine Vielzahl von Werkzeugen aufweist, die bei einem Einschleichen des Blechteils in die Vorrichtung jeweils dort, wo Profillücken zu erzeugen sind, in das Blechteil eingreifen. Ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines innen- und/oder außenverzahnten topfförmigen Blechteils mit zur Topfmittelachse verlaufenden Zähnen ist beispielsweise aus DE102014002971A1 bekannt.

[0004] Nachteilig an derartigen Verfahren ist, dass sie sehr unflexibel sind, weil zum Beispiel eine Veränderung der Profillückenform ein Ersetzen sämtlicher Werkzeuge erforderlich macht und eine Umstellung auf das Bearbeiten von Blechteilen mit einem anderen Durchmesser das Erstellen einer neuen, entsprechend angepassten Vorrichtung bedingt.

[0005] In anderen Kaltumformverfahren werden Werkstücke zum Erzeugen einer Profilierung periodisch durch umlaufend angetriebene Werkzeuge hämmernd bearbeitet, wie dies zum Beispiel aus WO 2005/075125 A1 bekannt ist. Dieses Verfahren ist sehr flexibel im Einsatz, weil eine Umstellung auf andere Produkte oder geänderte Produktspezifikationen mit sehr geringem Aufwand möglich ist. Ausserdem ermöglicht das Verfahren das Erzeugen sehr langer Profilierungen, auch wenn dies starke Materialumformungen erfordert, wie zum Beispiel für Verzahnungen mit grossem Modul in Vollmaterial. Andererseits ist ein Fortführen einer Profilierung bis nahe an eine radial nach aussen weit vorstehende Schulter mit dem aus WO 2005/075125 A1 bekannten Verfahren wegen der Umlaufbewegung der Werkzeuge nicht gut möglich.

[0006] Ein Verfahren, das es erlaubt, eine Profilierung in ein Werkstück bis nahe an eine nach aussen vorstehende Schulter des Werkstücks heran zu erzeugen, ist beispielsweise aus WO 2007/009267 A1 bekannt. In dem dort beschriebenen Verfahren wird ein zylindrisches dünnwandiges Hohlteil, das auf einem aussenprofilierten Dorn sitzt, kaltumformend mit einer im wesentlichen parallel zur Längsachse des Hohlteiles verlaufenden Profilierung versehen, indem radial zur Längsachse des Hohlteiles auf das Hohlteil von aussen mindestens ein Profilierungswerkzeug schlagartig hämmernd zur Einwirkung gebracht wird. Dabei wird das Profilierungswerkzeug jeweils in einer zur Längsachse senkrechten

Richtung oszillierend, also durch eine radial verlaufende, lineare Hin- und Herbewegung auf der Oberfläche des Hohlteils zur Einwirkung gebracht. Und das Profilierungswerkzeug wird bei gleichbleibender radialer Zustelltiefe axial relativ zu dem Hohlteil verschoben, bis die gewünschte Profillänge erreicht ist, wobei die Bearbeitung des Hohlteils an einer nach aussen abstehenden Schulter des Hohlteils begonnen werden kann.

[0007] Bei besonders hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität kann es erforderlich sein, dass anschliessend an das Verfahren gemäss WO 2007/009267 A1 eine Nachbearbeitung des Hohlteiles durchzuführen ist, weil das Hohlteil durch das Profilierungswerkzeug bei jedem Eingriff nur in einem kurzen axialen Abschnitt bearbeitet wird, was eine geringe, schuppenartige Rauigkeit zufolge haben kann.

[0008] Weiter ist aus WO 2020/099536, welche die Basis für den Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche bildet, ein Verfahren bekannt, das es ermöglicht, Profilierungen bis sehr nahe an eine radial nach aussen weit vorstehende Schulter heran zu erzeugen. Das Verfahren ermöglicht es, Profilierungen auch dann zu erzeugen, wenn dies starke Materialumformungen erfordert, zum Beispiel im Falle von Verzahnungen mit einem grossen Modul, vor allem in Vollmaterial. Und zudem kann mit dem Verfahren eine hohe Oberflächenqualität erreicht werden, die in der Regel keine Nachbearbeitung erfordert, wobei allerdings, zumindest in Vollmaterial, die Länge von auf diese Weise erzeugen Profilierungen recht beschränkt ist, jedenfalls wenn an die Profilierung hohe Genauigkeitsanforderungen gestellt werden.

[0009] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, Verfahren zur Herstellung eines mit einer Profilierung versehenen Profilkörpers sowie entsprechende Vorrichtungen zu schaffen, die die oben genannten Nachteile nicht aufweisen.

[0010] Beispielsweise soll es ermöglicht werden, das Verfahren bzw. die Vorrichtung für die Herstellung anderer Produkte bzw. für die Realisierung geänderter Produktspezifikationen einfach und kostengünstig umzurüsten.

[0011] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilerstellung mit besonders hoher Oberflächengüte zu ermöglichen.

[0012] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, Profilierungen grosser Länge zu erzeugen, insbesondere bei Profilierungen, die starke Materialumformungen erfordern, wie zum Beispiel bei Verzahnungen mit grossem Modul, insbesondere in Vollmaterial.

[0013] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine besonders präzise Profilierungserstellung zu ermöglichen, insbesondere in Vollmaterial und bei grossen Profilierungslängen.

[0014] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilerstellung mit besonders hoher Produktivität zu ermöglichen.

[0015] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilierung bis nahe an einen Werkstückvor-

sprung, zum Beispiel nahe an eine nach aussen absteigende Schulter des zu profilierenden Werkstücks zu ermöglichen.

[0016] Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilierung zwischen zwei Profilierungsbegrenzungsstrukturen und bis nahe an diese heran zu ermöglichen.

[0017] Mindestens eine dieser Aufgaben kann durch im folgenden beschriebenen Vorrichtungen und/oder Verfahren gelöst werden.

[0018] In dem Verfahren wird ein Werkzeughalter und mit diesem ein Werkzeug, das von dem Werkzeughalter gehalten wird, zu einer komplexen Bewegung angetrieben, die mindestens zwei Komponenten aufweist, nämlich eine umlaufende Bewegung, beispielsweise entlang einer Umlaufbahn, ähnlich einem Planeten, und eine Drehbewegung um die eigene Achse. Dabei sind diese zwei Bewegungen miteinander synchronisiert. Die umlaufende Bewegung kann eine periodische Bewegung sein. Zur Erzeugung der Drehbewegung kann eine entsprechende Antriebsvorrichtung vorgesehen sein.

[0019] Durch die umlaufende Bewegung kann der Werkzeughalter und damit auch das Werkzeug periodisch an ein zu bearbeitendes Werkstück herangeführt werden und auf dieses umformend einwirken und sich dann wieder vom Werkstück entfernen, um sich danach wieder diesem anzunähern usw. Beispielsweise kann das Werkzeug einmal pro Umlauf (oder auch bei jedem zweiten oder jedem dritten Umlauf) in umformenden Eingriff mit dem Werkstück gebracht werden.

[0020] Durch das im weiteren näher erklärte Vorsehen einer Drehbewegung einer Werkzeugachse um die Drehachse des Werkzeughalters zusammen mit der Umlaufbewegung des Werkzeughalters kann das Werkzeug in neuartiger Weise wiederholt das Werkstück kaltumformend bearbeiten. Das Werkzeug kann einen Wirkbereich aufweisen, der das Werkstück in einem Bearbeitungsbereich des Werkstücks wiederholt bearbeitet. Dabei kann eine Rotationsrichtung des Werkzeughalters um die Drehachse insbesondere einer Rotationsrichtung der umlaufenden Bewegung entgegengesetzt sein.

[0021] Obschon ähnlich dem Verfahren aus der genannten WO 2005/075125 A1, ergeben sich aufgrund der Verschiedenheit von Werkzeugachse und Werkzeughalter-Drehachse (die in WO 2005/075125 A1 identisch sind) wichtige Unterschiede zwischen den Verfahren, wie aus dem weiteren klar wird.

[0022] Es kann also periodisch (wegen der Umlaufbewegung) ein Eingriff des Werkzeuges in das Werkstück jeweils während einer kurzen Zeitdauer stattfinden, und innerhalb dieser kurzen Zeitdauer, in der das Werkzeug (genauer: der Wirkbereich des Werkzeugs) mit dem Werkstück in Kontakt ist, rotiert das Werkzeug nicht nur gegebenenfalls um die Werkzeugachse, sondern auch um die Drehachse des Werkzeughalters, so dass (während der genannten kurzen Zeitdauer) zusätzlich zu der durch den Werkzeughalter vermittelten Umlaufbewegung eine Bewegung des Werkzeugs hinzukommt, die

der Umlaufbewegung entgegengesetzt sein kann. So kann die Länge eines Kontaktbereichs, in dem der Wirkbereich des Werkzeugs mit dem Werkstück während eines umformenden Eingriffs in Kontakt ist, geringer sein, als es bei dem Verfahren gemäss der genannten WO 2005/075125 A1 der Fall wäre. Ausserdem unterscheidet sich dies klar von der nicht-hämmernden, sondern abrollenden Bearbeitung, wie sie zum Beispiel aus der genannten WO 2020/099536 bekannt ist.

[0023] Die Bearbeitung des Werkstücks zur Erstellung der Profilierung setzt sich aus einer Vielzahl von axial zueinander verschobenen Einzelbearbeitungsschritten entlang der axialen Profilerstreckung zusammen, die einander nur zu einem geringen Teil überlappen. Eine hohe Oberflächenqualität und vor allem eine hohe Präzision der Profilierung kann so erreichbar sein. Entsprechend kann eine Nachbearbeitung, wie sie im Falle des Verfahrens gemäss WO 2007/009267 A1 bei besonders hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität nötig sein kann, vermeidbar sein.

[0024] Und durch die Drehbewegung des Werkzeughalters um die eigene Achse zusammen mit der genannten Synchronisation kann bewirkt werden, dass sich der Werkzeughalter jeweils in einer gewünschten bzw. vorbestimmten azimuthalen Ausrichtung befindet, wenn das Werkzeug mit dem Werkstück in Eingriff gebracht wird, zum Beispiel immer in der gleichen azimuthalen Ausrichtung. Aufgrund der genannten Drehbewegung findet während jedes Eingriffs eine Veränderung der azimuthalen Ausrichtung des Werkzeughalters statt; über die Zeitdauer des Eingriffs verändert sich die azimuthale Ausrichtung, beispielsweise bei jedem Eingriff des Werkzeugs in gleicher Weise.

[0025] Beispielsweise kann die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert sein, dass der Werkzeughalter bei jedem der umformenden Eingriffe dieselben azimuthalen Orientierungen durchläuft.

[0026] Die Begriffe Azimut und azimuthal beziehen sich im vorliegenden Text, sofern nichts anderes angegeben ist, auf die Drehachse des Werkzeughalters.

[0027] Die Synchronisation ermöglicht einen sinnvollen Einsatz eines Werkzeuges, das um eine Werkzeugachse rotierbar gelagert ist, die von der genannten Drehachse verschieden ist. Insbesondere kann ein Werkzeug eingesetzt werden, das einen rotationssymmetrischen Wirkbereich aufweist. Das Werkzeug kann somit zum Beispiel eine Walzrolle sein, wie sie beispielsweise aus der genannten WO 2005/075125 A1 bekannt ist.

[0028] Durch die Eigenrotation des Werkzeughalters um seine Drehachse, während die Werkzeugachse um die Drehachse rotierend ist, kann sich das Werkzeug nach erfolgtem Eingriff relativ schnell wieder vom Werkstück entfernen, so dass ein Kontakt mit einem Werkstückvorsprung, zum Beispiel einer Werkstückschulter, vermieden werden kann, und somit ein Umformen des Werkstückvorsprungs durch das Werkzeug unterbleiben kann.

[0029] Um eine gewünschte axiale Erstreckung der Profilierung zu erreichen, kann ein Axialvorschub des Werkstücks vorgesehen sein.

[0030] Die Drehbewegung kann zum Beispiel während des gesamten Umlaufs bzw. kontinuierlich stattfinden. Dadurch kann eine gute Synchronisierbarkeit der Drehbewegung des Werkzeughalters mit der Umlaufbewegung des Werkzeughalters erreicht werden.

[0031] Beispielsweise kann die Synchronisation der zwei Bewegungen mechanisch realisiert werden. Es kann also für diese Synchronisation eine mechanische Synchronisationsvorrichtung vorgesehen sein. Die genannten Bewegungen können aber auch anders miteinander synchronisiert werden, beispielsweise elektronisch, also durch eine elektronische Synchronisationsvorrichtung.

[0032] In einigen Ausführungsbeispielen weist die genannte, im weiteren auch als zweite Synchronisationsvorrichtung bezeichnete Synchronisationsvorrichtung ein Planetengetriebe auf. Zum Beispiel kann sie ein Hohlrad aufweisen sowie ein in dem Hohlrad laufendes Planetenrad, wobei das Planetenrad einen Teil des Werkzeughalters darstellen kann oder zumindest fest mit dem Werkzeughalter verbunden ist bzw. sich mit der Drehbewegung des Werkzeughalters um die Drehachse mitdreht sowie auch die genannte Umlaufbewegung mitmacht. Die Achse des Planetenrades kann koaxial mit der Drehachse sein.

[0033] Das Planetengetriebe kann andererseits auch den Werkzeughalter zu dessen Drehbewegung um seine Drehachse antreiben. Die oben bereits erwähnte Antriebsvorrichtung zum Erzeugen der Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse des Werkzeughalters kann also ein Planetengetriebe aufweisen.

[0034] Somit kann ein Planetengetriebe vorgesehen sein, das gleichzeitig die Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse erzeugt und diese Drehbewegung mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters synchronisiert.

[0035] Die genannte, zum Beispiel planetenartige Umlaufbewegung kann dem Werkzeughalter durch einen Umlaufkörper vermittelt werden. Der Werkzeughalter kann in dem Umlaufkörper gelagert sein, insbesondere um seine Drehachse drehbar gelagert sein. Der Umlaufkörper kann beispielsweise eine Rotation um eine Umlaufkörperachse durchführen, und die Drehachse des Werkzeughalters ist von der Umlaufkörperachse beabstandet, so dass die Drehachse eine umlaufende Bewegung im wesentlichen entlang einer Kreisbahn durchführt.

[0036] Diese umlaufende Bewegung kann, wenn das erwähnte Planetengetriebe vorgesehen ist, die Drehbewegung des Werkstückhalters erzeugen, vermittelt durch das Planetengetriebe. Die Umlaufkörperachse kann dafür koaxial zu einer Achse des Hohlrades ausgerichtet sein. Entsprechend kann die oben bereits erwähnte Antriebsvorrichtung zum Erzeugen der Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse also

den Umlaufkörper sowie ein Planetengetriebe aufweisen. Ebenso kann eine Antriebswelle zum Antreiben des Umlaufkörpers zu seiner Rotation um seine Umlaufkörperachse zu der genannten Antriebsvorrichtung gehören.

[0037] Eine Antriebswelle zum Antreiben des Umlaufkörpers zu seiner Rotation um seine Umlaufkörperachse kann, zusätzlich zu dem Umlaufkörper, auch zu einer Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Bewegung des Umlaufkörpers gehören.

[0038] Weiter kann eine radiale Zustellung des Werkzeughalters -senkrecht zu einer Längsachse des Werkstücks bzw. eines das Werkstück haltenden Werkstückhalters - vorgesehen sein, so dass im Laufe der Bearbeitung ein immer tieferer Eingriff des Werkzeugs in das Werkstück ermöglicht wird. Der Werkzeughalter kann soweit radial zugestellt werden, bis eine gewünschte Profiltiefe erreicht ist.

[0039] Beispielsweise kann die radiale Zustellung dadurch realisiert werden, dass der Umlaufkörper oder insbesondere eine Umlaufkörperachse des Umlaufkörpers auf die Längsachse zu bewegt wird, also in diesem Sinne einen radialen Vorschub erfährt.

[0040] Zum Beispiel kann der Umlaufkörper in einem Profilierungskopf gelagert sein, insbesondere in dem Profilierungskopf um seine Umlaufkörperachse drehbar gelagert sein, und der Profilierungskopf ist antreibbar zu einer Bewegung auf die Längsachse zu. Entsprechend kann der Umlaufkörper, während er um seine Umlaufkörperachse rotiert, mittels eines Antriebs für die radiale Zustellung auf die Längsachse zu bewegt werden. Und die Umlaufkörperachse kann entsprechend auf die Längsachse zu bewegt werden.

[0041] Dadurch kann die beschriebene komplexe Bewegung des Werkzeughalters (und des Werkzeuges) noch eine weitere Komponente aufweisen, nämlich die beschriebene radial zu der Längsachse verlaufende Bewegung (radiale Zustellbewegung). Die Drehachse des Werkzeughalters kann entsprechend eine Bewegung durchführen, die sich aus einer Kreisbewegung ergibt, die mit einer linearen Bewegung des Kreismittelpunktes überlagert ist, insbesondere, wobei die lineare Bewegung in einer Ebene stattfindet, die durch die Kreisbewegung definiert ist.

[0042] Weiter kann eine Rotationsbewegung des Werkstücks bzw. des Werkstückhalters um die Längsachse vorgesehen sein, beispielsweise erzeugt mittels einer entsprechenden Antriebsvorrichtung, zum Beispiel mittels eines Torquemotors, so dass das Werkstück mittels des Werkzeugs an verschiedenen über den Umfang des Werkstücks verteilten Positionen bearbeitbar ist. So können mittels des Werkzeuges verschiedene Profillücken der zu erzeugenden Profilierung erzeugbar sein. Wie weiter unten erläutert wird, können mehrere Werkzeuge vorgesehen sein, so dass nicht notwendigerweise ein einziges Werkzeug (oder jedes der Werkzeuge) zu der Ausbildung aller Profillücken der Profilierung beiträgt. Dennoch kann vorgesehen sein, dass das Werkzeug an

jeder Position entlang des Umfangs des Werkstücks mit dem Werkstück in Eingriff kommt, an der eine Profillücke der Profilierung zu erzeugen ist, und so zur Ausbildung aller Profillücken der Profilierung beiträgt.

[0043] Die genannte Rotationsbewegung kann eine variierende, insbesondere eine zumindest abschnittsweise periodisch variierende Rotationsgeschwindigkeit aufweisen. Die genannte Rotationsbewegung kann zum Beispiel eine intermittierenden Rotation sein.

[0044] Es kann vorgesehen sein, dass die Rotationsgeschwindigkeit der Rotationsbewegung des Werkstücks bzw. des Werkstückhalters aufeinanderfolgende Phasen relativ höherer Rotationsgeschwindigkeit und relativ geringerer Rotationsgeschwindigkeit aufweist. Die Bearbeitung des Werkstückes durch das Werkzeug kann insbesondere jeweils während Phasen relativ geringerer Rotationsgeschwindigkeit stattfinden. Je langsamer das Werkstück während des Eingriffs des Werkzeugs rotiert bzw. je länger das Werkstück in den Phasen relativ geringerer Rotationsgeschwindigkeit langsam rotiert oder stillsteht, desto besser kann eine hohe Präzision der letztlich erzeugten Profilierung erreicht werden.

[0045] Es kann zum Beispiel vorgesehen sein, dass das Werkzeug das Werkstück in solchen Phasen der Rotationsbewegung bearbeitet, in denen das Werkstück stillsteht. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass das Werkzeug das Werkstück in Phasen des Rotationsstillstandes einer intermittierenden Rotation des Werkstückes bearbeitet (Rotationsstillstand hat die Rotationsgeschwindigkeit null).

[0046] Andererseits ist es auch möglich, vorzusehen, dass die genannte Rotationsbewegung eine konstante Rotationsgeschwindigkeit aufweist. Das kann eine erhöhte Produktivität zufolge haben.

[0047] Es kann eine Synchronisation der Rotationsbewegung des Werkstückhalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters vorgesehen sein. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Bearbeitung des Werkstücks immer wieder an den gleichen Positionen entlang des Umfangs des Werkstücks stattfindet.

[0048] Beispielsweise kann eine entsprechend im weiteren auch als erste Synchronisationsvorrichtung bezeichnete Synchronisationsvorrichtung eine elektronische Synchronisationsvorrichtung sein.

[0049] In dem oben geschilderten Ausführungsbeispiel mit Planetengetriebe und Umlaufkörper kann die erste Synchronisationsvorrichtung zum Beispiel den Antrieb für die Rotation des Werkstücks bzw. Werkstückhalters mit der Antriebswelle für das Antreiben des Umlaufkörpers zu seiner Rotation um seine Umlaufkörperachse synchronisieren.

[0050] Das Verfahren kann insbesondere also ein Verfahren zur Herstellung eines mit einer Profilierung versehenen Profilkörpers durch Kaltumformen eines Werkstücks sein, wobei das Werkstück eine Längsachse und in einem Bearbeitungsbereich eine Aussenfläche aufweisen kann, in welche die Profilierung einzubringen ist. Die Aussenfläche kann entlang der Längsachse er-

streckt sein. Insbesondere kann die Aussenfläche zu der Längsachse konzentrisch sein, beispielsweise konisch oder zylindrisch sein. Andere Formen der Aussenfläche, zum Beispiel polygonale, beispielsweise bei prismatischen Bearbeitungsbereichen, sind aber auch möglich.

[0051] Das Werkstück führt dabei eine Rotationsbewegung um die Längsachse durch. Und das Werkstück, insbesondere die genannte Aussenfläche, wird durch ein Werkzeug in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet, in denen jeweils das Werkzeug oder, genauer, ein Wirkbereich des Werkzeugs mit dem Bearbeitungsbereich in Kontakt kommt. Die entsprechende Werkzeugbewegung ist auch weiter oben schon beschrieben.

[0052] Das Werkzeug ist durch einen Werkzeughalter gehalten, und der Werkzeughalter ist in einem Umlaufkörper um eine Drehachse des Werkzeughalters drehbar gelagert und wird zu einer Drehbewegung um seine Drehachse angetrieben. Und der Werkzeughalter wird durch den Umlaufkörper zu einer umlaufenden Bewegung angetrieben; insbesondere wird der Werkzeughalter durch den Umlaufkörper zu einer Bewegung entlang einer Umlaufbahn angetrieben.

[0053] Das Werkzeug ist in dem Werkzeughalter um eine Werkzeugachse rotierbar gelagert, wobei die Werkzeugachse nicht identisch mit der Drehachse des Werkzeughalters ist.

[0054] Insbesondere kann die Werkzeugachse von der Drehachse des Werkzeughalters beabstandet sein. Die beiden Achsen können beispielsweise zueinander parallel ausgerichtet sein. Im allgemeinen Fall, der auch nicht-parallel ausgerichtete Achsen umfasst, bedeutet «beabstandet», dass sich die Achsen, mathematisch als Geraden aufgefasst, nicht schneiden.

[0055] Wenn man das hier beschriebene Verfahren mit dem in der genannten WO 2005/075125 A1 vergleicht, findet man, dass bei etwa gleichem Durchmesser des Umlaufkörpers etwa gleich viel Kraft für die Umformung zur Verfügung steht, so dass bei grossen Durchmessern starke Umformungen auch in Vollmaterial und für grosse Verzahnungsmodule möglich sind. Allerdings kann in dem hier beschriebenen Verfahren eine Länge einer Strecke (parallel zur Achse des Werkstückhalters oder parallel zu einer Richtung der Profilierung), in welcher das Werkzeug dem Werkstück nahe ist, zum Beispiel eine Länge einer Strecke, entlang der das Werkzeug (genauer: der Wirkbereich des Werkzeuges) mit dem Werkstück während eines Eingriffs in Kontakt ist, kürzer sein, als dies in der genannten WO 2005/075125 A1 der Fall ist. Denn durch die Überlagerung der Umlaufbewegung mit der Drehbewegung des Werkzeughalters bei nicht-koaxialer Lagerung des Werkzeuges im Werkzeughalter kann die Werkzeugbewegung in Werkstücknähe als eine Bewegung entlang einer Hypozykloide, zum Beispiel einer Ellipse, beschrieben werden, und diese wiederum kann, in der Nähe des Eingriffs, näherungsweise durch eine Kreisbewegung beschrieben werden, wobei der Durchmesser dieser Kreisbewegung

deutlich kleiner sein kann als der Durchmesser der Umlaufbewegung. Somit ist es möglich, Profilierungen bis näher an eine nach aussen abstehende Schulter des zu profilierenden Werkstücks heran zu erzeugen als es, bei gleicher Umlaufbewegung, gemäss dem Verfahren aus WO 2005/075125 A1 der Fall ist.

[0056] Aber auch in dem Verfahren gemäss der genannten WO 2005/075125 A1 können Profilierungen bis ähnlich nahe an eine nach aussen abstehende Schulter des zu profilierenden Werkstücks heran erzeugt werden. Dies funktioniert aber nur, wenn der Umlaufdurchmesser entsprechend klein gewählt wird, zum Beispiel ähnlich klein wie der soeben genannte Durchmesser der Kreisbewegung. Das hat allerdings zur Folge, dass die zum Umformen des Werkstücks zur Verfügung stehenden Kräfte dann deutlich kleiner sind, so dass beispielsweise grosse Verzahnungsmodule in Vollmaterial nicht herstellbar sind.

[0057] Wenn man das hier beschriebene Verfahren andererseits mit dem Verfahren aus der genannten WO 2020/099536 (mit einem sektoriellen Werkzeug) vergleicht, findet man, dass hier quasi beliebige Profilierungslängen erzeugbar sind, bei sehr guter und entlang der ganzen Profilierung gleichbleibender Qualität. In dem Verfahren gemäss WO 2020/099536 hingegen ist dies nur bei Profilierungslängen der Fall, die maximal der Länge des Wirkbereichs des sektoriellen Werkzeugs entsprechen. Denn das Materialverhalten, insbesondere Fliessverhalten, des Werkstückmaterials ist entlang der Profilierung in der Regel nicht konstant, so dass enge Profilierungstoleranzen bei langen Profilierungen kaum eingehalten werden können. Zum Beispiel kann Material eines rohrförmigen Werkstücks an einem Werkstückende viel einfacher verformt werden und fliessen als in der Mitte des Werkstücks. Somit ist die Anwendbarkeit des Verfahrens mit sektoriellem Werkzeug gemäss WO 2020/099536 auf eher kurze Profilierungen beschränkt.

[0058] Das Werkzeug kann insbesondere frei um die Werkzeugachse rotierbar sein. So kann das Werkzeug durch die Eingriffe in das Werkstück in Rotation um die Werkzeugachse versetzt werden.

[0059] Das Werkzeug kann einen bezüglich der Werkzeugachse rotationssymmetrischen Wirkbereich aufweisen. Auf diese Weise kann das Resultat eines Eingriffs unabhängig sein von einer während des Eingriffs vorliegenden Rotationsorientierung des Werkzeugs bezüglich der Werkzeugachse.

[0060] Das Werkzeug kann beispielsweise als eine Walzrolle ausgebildet sein.

[0061] Weiter kann vorgesehen sein,

- dass die Rotationsbewegung des Werkstücks mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters synchronisiert ist; und
- dass die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters synchronisiert ist.

[0062] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Rotationsbewegung des Werkstücks mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert ist, dass an verschiedenen über einen Umfang des Werkstücks verteilten Positionen jeweils mehrere der umformenden Eingriffe stattfinden. Die genannten Positionen können, wenn ein Aussenprofil erstellt wird, Positionen sein, an denen Profillücken der Profilierung zu erstellen sind. Wenn durch das Verfahren eine Innenprofilierung des Werkstücks erzeugt wird, können die Positionen solche Positionen sein, die zwischen benachbarten zu erstellenden Profillücken der Innenprofilierung liegen.

[0063] Und insbesondere kann auch vorgesehen sein, dass die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert ist, dass das Werkzeug bei jedem der umformenden Eingriffe dieselben azimutalen Orientierungen durchläuft.

[0064] Wenn die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert ist, dass azimutale Orientierungen, die das Werkzeug während des jeweiligen umformenden Eingriffs durchläuft, in jedem der umformenden Eingriffe identisch ist, kann beispielsweise eine Profilierung erstellt werden, die bis nahe an eine Profilierungsbegrenzungsstruktur beispielsweise an einen Werkstückvorsprung heran geht.

[0065] Desweiteren kann vorgesehen sein, dass zur fortschreitenden Ausbildung der Profilierung in dem Werkstück eine Relativbewegung des Werkstücks gegenüber dem Umlaufkörper parallel zu der Längsachse stattfindet. Insbesondere kann der Umlaufkörper, wie oben beschrieben, eine Umlaufkörperachse aufweisen, um die er rotiert, und es findet eine Relativbewegung des Werkstücks gegenüber der Umlaufkörperachse parallel zu der Längsachse statt.

[0066] Zum Beispiel kann das Werkstück zu einer Bewegung parallel zu der Längsachse angetrieben werden (Axialvorschub).

[0067] Durch einen Axialvorschub kann bewirkt werden, dass die Werkzeugeingriffe im Laufe des Verfahrens an verschiedenen axialen Positionen (bezüglich der Längsachse) stattfinden. Beispielsweise kann ein das Werkstück haltender Werkstückhalter mittels eines Antriebs in eine Richtung parallel zu der Längsachse angetrieben werden.

[0068] Das Verfahren kann auch als ein Verfahren zum Profilieren eines Werkstücks angesehen werden und/oder als ein Verfahren zum Erzeugung einer Profilierung in einem Werkstück.

[0069] Das Werkstück kann ein Hohlteil sein, insbesondere ein rotationssymmetrisches, beispielsweise zylindrisches Hohlteil.

[0070] Das Werkstück kann ein Vollteil sein, insbesondere ein rotationssymmetrisches, beispielsweise zylindrisches Vollteil.

[0071] Das Werkstück kann ein metallenes Werkstück sein.

[0072] Der Bearbeitungsbereich kann ein Bereich sein, in den die Profilierung einzubringen ist, also ein zu profilierender Bereich. Der Bearbeitungsbereich kann ein axial begrenzter Abschnitt des Werkstücks sein, beispielsweise ein Endstück eines rohr- oder stangenförmigen Werkstücks.

[0073] Das Werkstück kann einen an den Bearbeitungsbereich anschliessenden zweiten Bereich aufweisen. Dieser zweite Bereich kann, angrenzend an den Bearbeitungsbereich, eine Profilierungsbegrenzungsstruktur aufweisen, beispielsweise einen Werkstückvorsprung, der zumindest in einem (azimutalen) Winkelbereich um die Längsachse eine radiale Ausdehnung aufweist, die grösser ist als eine radiale Ausdehnung der Aussenfläche in dem Bearbeitungsbereich dort, wo dieser an den Werkstückvorsprung angrenzt. Die Profilierungsbegrenzungsstruktur kann ein Profilierungshindernis, beispielsweise eine Werkstückschulter sein.

[0074] Eine Profilierungsbegrenzungsstruktur kann ein Ende oder eine Begrenzung der Profilierung bilden.

[0075] Die Aussenfläche kann in dem Bearbeitungsbereich beispielsweise rotationssymmetrisch, zum Beispiel zylindrisch oder auch konisch sein. Die Aussenfläche kann aber auch abweichend davon ausgestaltet sein, zum Beispiel polygonal.

[0076] Die Profilierung kann eine Aussenprofilierung sein. Diese kann in einem Hohlteil oder in einem Vollteil erstellt sein. Es ist bei Hohlteilen beispielsweise auch möglich, dass gleichzeitig eine Aussen- und eine Innenprofilierung erzeugt wird, zum Beispiel wenn vorgesehen ist, dass das Werkstück in seinem Bearbeitungsbereich auf einem aussenprofilierten Dorn sitzt. Weiter ist es auch möglich, dass in einem Hohlteil eine Innenverzahnung erzeugt wird, ohne dass dadurch gleichzeitig auch noch eine Aussenverzahnung erzeugt wird. Auch dafür kann vorgesehen sein, dass das Werkstück in seinem Bearbeitungsbereich auf einem aussenprofilierten Dorn sitzt.

[0077] Die Profilierung kann eine Vielzahl von Profillücken aufweisen (Vertiefungen des Werkstücks im Bearbeitungsbereich), die über den Umfang verteilt sind, insbesondere zum Beispiel gleichmässig über den Umfang verteilt sind. Die Profillücken können aber auch ungleichmässig über den Umfang verteilt sein.

[0078] Die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters kann eine kontinuierliche Bewegung sein und kann insbesondere mit einer konstanten Geschwindigkeit erfolgen.

[0079] Die Drehbewegung des Werkzeughalters kann eine kontinuierliche Bewegung sein und kann insbesondere mit konstanter Rotationsgeschwindigkeit erfolgen.

[0080] Insbesondere können diese beiden Geschwindigkeiten ein zeitlich konstantes Verhältnis zueinander aufweisen.

[0081] Die umlaufende Bewegung kann eine kreisförmige Bewegung sein.

[0082] Eine Trajektorie (Bewegungspfad), die die Bewegung des Werkzeughalters beschreibt, kann sich ins-

besondere aus einer Überlagerung der umlaufenden Bewegung mit einer zu der Längsachse senkrechten (radialen) Bewegung ergeben.

[0083] In manchen Ausführungsformen führt der Umlaufkörper eine Rotation um eine Umlaufkörperachse durch. Dadurch kann die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters erzeugt werden. Die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters kann in einer zu der Umlaufkörperachse senkrechten Ebene stattfinden.

[0084] Die Umlaufkörperachse und die Drehachse können zueinander parallel ausgerichtet sein.

[0085] Eine Rotationsrichtung der Drehbewegung des Werkzeughalters (um die Drehachse) kann beispielsweise einer Rotationsrichtung der Umlaufbewegung (um die Umlaufkörperachse) entgegengesetzt sein (entgegengesetzter Drehsinn).

[0086] Die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters kann in einer Ebene stattfinden, zu der die Längsachse parallel ausgerichtet ist, und/oder eine zur Werkzeugachse senkrechte Ebene steht senkrecht auf einer zur Längsachse senkrechten Ebene. Dies kann insbesondere zur Erzeugung einer parallel zur Längsachse verlaufenden Profilierung, beispielsweise einer Geradverzahnung, vorgesehen sein, insbesondere wenn die Rotationsbewegung des Werkstücks bzw. des Werkstückhalters während des Eingriffs verlangsamt ist oder eine intermittierende Rotationsbewegung vorgesehen ist.

[0087] Andererseits, beispielsweise wenn eine Schrägverzahnung zu erzeugen ist oder wenn das Werkstück während des Eingriffs noch rotiert, wie beispielsweise bei konstanter Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks bzw. Werkstückhalters, kann eine andere Ausrichtung vorgesehen sein. Zum Beispiel kann dann vorgesehen sein, dass eine zur Werkzeugachse senkrechte Ebene mit der Längsachse einen von null verschiedenen Schwenkwinkel einschliesst. Dieser Schwenkwinkel kann beispielsweise abhängig von dem Schrägungswinkel der Profilierung bzw. von der Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks bzw. Werkstückhalters während des Eingriffs gewählt werden.

[0088] Die Rotation des Umlaufkörpers kann eine kontinuierliche Bewegung sein und insbesondere eine konstante Rotationsgeschwindigkeit aufweisen. Und die Drehbewegung des Werkzeughalters kann eine kontinuierliche Bewegung sein und insbesondere eine konstante Rotationsgeschwindigkeit aufweisen. Und diese beiden Rotationsgeschwindigkeiten können ein zeitlich konstantes Verhältnis zueinander aufweisen. Eine Synchronisation dieser beiden Rotationsgeschwindigkeiten kann beispielsweise mittels eines Planetengetriebes erreicht werden, wie oben bereits beschrieben.

[0089] Das Planetengetriebe kann ein Hohlrad und ein in dem Hohlrad laufendes Planetenrad aufweisen. Das Planetenrad kann Teil des Werkzeughalters sein. Und es kann mit diesem zusammen die Drehbewegung ausführen. Die Position des Planetenrades kann relativ zu der Position der Werkzeugachse fixiert sein.

[0090] Das Hohlrad kann in einem Profilierungskopf fixiert sein, in dem der Umlaufkörper gelagert ist, insbesondere drehbar gelagert ist.

[0091] Der Profilierungskopf kann ein Lagergehäuse zur Aufnahme bzw. Lagerung von Teilen der Vorrichtung sein. Zum Beispiel kann in dem Profilierungskopf

- der Umlaufkörper gelagert sein, insbesondere drehbar gelagert sein;
- ein Antrieb für die Rotation des Umlaufkörper gelagert sein; und
- ein Hohlrad fixiert sein, sofern vorhanden.

[0092] Weiter kann der Profilierungskopf mit einem Antrieb, beispielsweise einem Linearantrieb, für die radiale Zustellung wirkverbunden sein.

[0093] Es können auch zwei Profilierungsköpfe vorgesehen sein, jeweils mit mindestens einem Werkzeug, zum Beispiel mit einem ersten Werkzeug in einem ersten Profilierungskopf und einem zweiten Werkzeug in einem zweiten Profilierungskopf. Diese können bezüglich der Längsachse einander gegenüberliegend angeordnet sein, zum Beispiel spiegelbildlich bezogen auf eine die Längsachse enthaltende Ebene. Beide Werkzeuge können beispielsweise als Walzrolle ausgebildet sein.

[0094] Die zwei Profilierungsköpfe können, insbesondere einschliesslich der in ihnen vorgesehenen Vorrichtungsteile wie Umlaufkörper und Hohlrad, gleich ausgelegt sein bzw. nach denselben Spezifikationen hergestellt sein, wobei die Bewegungen der Vorrichtungsteile spiegelbildlich bezogen auf eine die Längsachse enthaltende Ebene verlaufen.

[0095] Die jeweiligen umlaufenden Bewegungen der beiden genannten Werkzeuge können voneinander verschieden sein, nämlich insbesondere zueinander spiegelbildlich zu einer die Längsachse enthaltenden Ebene verlaufen. Dabei können die jeweiligen umlaufenden Bewegungen der beiden genannten Werkzeuge in ein und derselben Ebene stattfinden.

[0096] Die umlaufende Bewegung des ersten Werkzeugs (des ersten Profilierungskopfes) kann so mit der umlaufenden Bewegung des zweiten Werkzeugs (des zweiten Profilierungskopfes) synchronisiert sein, dass die umformenden Eingriffe der beiden genannten Werkzeuge jeweils gleichzeitig stattfinden.

[0097] Durch den (spiegel-) symmetrischen Aufbau kann eine mechanische Belastung des Werkstückhalters gering gehalten werden, weil sich die jeweiligen auf die Längsachse zu gerichteten Kräfte im wesentlichen gegeneinander aufheben.

[0098] Auch aus anderen Gründen und an anderen Stellen, beispielsweise innerhalb desselben Profilierungskopfes, können mehrere Werkzeuge vorgesehen sein. Diese können zum Beispiel gleichartig ausgebildet sein. Die Werkzeuge können beispielsweise Walzrollen sein, insbesondere gleichartig ausgebildete Walzrollen.

Auch können, wenn mehrere Werkzeughalter vorgesehen sein, diese gleichartig ausgebildet sein.

[0099] Einerseits kann ein einziger Werkzeughalter zwei oder mehr Werkzeuge halten, zum Beispiel so, dass deren Werkzeugachsen azimuthal bezüglich der Drehachse des Werkzeughalter gleichmässig verteilt sind.

[0100] Beispielsweise können diese Werkzeuge alternierend während aufeinanderfolgender Umläufe in das Werkstück umformend eingreifen.

[0101] Dadurch kann sich eine erhöhte Standzeit der einzelnen Werkzeuge ergeben.

[0102] Andererseits können zwei oder mehr Werkzeughalter vorgesehen sein, die jeweils (mindestens) ein Werkzeug halten. Die umlaufenden Bewegungen dieser Werkzeughalter können zum Beispiel dieselbe Umlaufbahn beschreiben; und sie können entlang der Umlaufbahn gleichmässig verteilt sein. Beispielsweise können diese Werkzeughalter azimuthal bezüglich der Umlaufkörperachse gleichmässig verteilt sein.

[0103] Es kann zum Beispiel pro Rotationsumlauf des Umlaufkörpers pro Werkzeughalter ein Eingriff in das Werkstück stattfinden.

[0104] Dadurch kann (bei gleicher Anzahl Umläufe des Umlaufkörpers) eine Vervielfachung der Eingriffe pro Zeit und somit eine schnellere Bearbeitung des Werkstücks erreicht werden. Während einer Rotationsperiode des Umlaufkörpers können N umformende Eingriffe stattfinden, wobei N die Zahl der Werkzeughalter mit je (mindestens) einem Werkzeug angibt.

[0105] Wenn N die Zahl der Werkzeughalter mit je n Werkzeugen angibt und zwei gleich (bzw. spiegelbildlich) aufgebaute Prägeköpfe vorgesehen sind, kann die Bearbeitung des Werkstücks also mit $2 \cdot N \cdot n$ Werkzeugen stattfinden.

[0106] Die Werkzeuge oder zumindest deren Wirkbereiche können beispielsweise gemäss denselben Spezifikationen gefertigt sein.

[0107] Das Werkzeug kann, wie beschrieben, eine Walzrolle sein.

[0108] In seinem Wirkbereich kann das Werkzeug eine Form aufweisen, die, in einem Schnitt entlang einer Schnittebene, dem Negativen der Form einer Profillücke der erzeugenden Profilierung entspricht, wobei diese Schnittebene durch den Wirkbereich verlaufend ist und die Werkzeugachse enthält. Für den Fall, dass eine zur Werkzeugachse senkrechte Ebene senkrecht ausgerichtet ist zu einer zur Längsachse senkrechten Ebene, kann vorgesehen sein, dass in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse durch den Wirkbereich während eines Eingriffs das Werkzeug eine Form aufweist, die dem Negativen der Form einer Profillücke der erzeugenden Profilierung entspricht.

[0109] Dies kann insbesondere dann vorgesehen sein, wenn die Profilierung eine Aussenprofilierung beinhaltet bzw. ist. Gleichzeitig mit der Aussenprofilierung kann optional auch noch eine Innenprofilierung erzeugt werden - oder auch nicht.

[0110] Der Wirkbereich kann bezüglich der Werkzeugachse rotationssymmetrisch sein.

[0111] Der Wirkbereich kann dadurch definiert sein, dass es der Bereich des Werkzeugs ist, in dem das Werkzeug mit dem Werkstück in (direkten) Kontakt kommt. Allerdings kann vorgesehen sein, dass bei jedem Eingriff nur ein Abschnitt des Wirkbereichs mit dem Werkstück in (direkten) Kontakt kommt. Bei einem frei um die Werkzeugachse rotierbar gelagerten Werkzeug ist es im wesentlichen zufällig, welcher Abschnitt des Wirkbereichs bei einem Eingriff mit dem Werkstück in (direkten) Kontakt kommt.

[0112] Wenn das Werkzeug wie beschrieben durch den Werkzeughalter gehalten ist, kann sich die Werkzeugachse mit dem zugehörigen Werkzeughalter mitdrehen. Und wenn ein Planetenrad vorgesehen ist, das Teil des Werkzeughalters ist, dann kann auch die relative Position von Werkzeugachse zu Planetenrad konstant sein.

[0113] Das Werkzeug kann Teil eines Werkzeugeinsatzes des Werkzeughalters sein, der an mindestens einem weiteren Teil des Werkzeughalters fixiert werden kann.

[0114] Die Vorrichtung kann eine Vorrichtung zur Herstellung eines mit einer Profilierung versehenen Profilkörpers durch Kaltumformen eines Werkstücks sein. Dazu kann die Vorrichtung aufweisen:

- einen um seine Längsachse rotierbaren Werkstückhalter zur Halterung des Werkstücks;
- eine Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Rotationsbewegung des Werkstückhalters um die Längsachse, insbesondere wobei die Rotationsbewegung intermittierend ist bzw. alternierend Zeit dauern des Stillstandes und Zeit dauern der Rotationsbewegung aufweist;
- einen Umlaufkörper;
- einen Werkzeughalter zum Haltern eines Werkzeuges, insbesondere wobei der Werkzeughalter in dem Umlaufkörper um eine Drehachse des Werkzeughalters drehbar gelagert ist;
- eine Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse; und
- eine Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Bewegung des Umlaufkörpers, durch die der Werkzeughalter zu einer umlaufenden Bewegung antreibbar ist, insbesondere entlang einer Umlaufbahn.

[0115] Weiter kann die Vorrichtung aufweisen:

- eine erste Synchronisationsvorrichtung zur Synchronisation der Rotationsbewegung des Werk-

stückhalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters; und

- eine zweite Synchronisationsvorrichtung, zur Synchronisation der Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters.

[0116] Der Werkzeughalter kann ein Drehlager aufweisen, das eine von der Drehachse des Werkzeughalters verschiedene Werkzeugachse definiert, zur Aufnahme des Werkzeugs; und zwar so, dass das Werkzeug um die Werkzeugachse rotierbar ist. Insbesondere kann das Werkzeug frei um die Werkzeugachse rotierbar sein.

[0117] In manchen Ausführungsformen weist die Vorrichtung das Werkzeug auf, in dem Drehlager um die Werkzeugachse rotierbar gelagert.

[0118] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Werkzeug

- einen Wirkbereich aufweist, der bezüglich der Werkzeugachse rotationsymmetrisch ausgebildet ist; und/oder

- als eine Walzrolle ausgebildet ist.

[0119] Die Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse kann zumindest teilweise mit der zweiten Synchronisationsvorrichtung identisch sein. Zum Beispiel kann das bereits beschriebene Planetengetriebe einerseits Teil dieser Antriebsvorrichtung sein, indem es die Bewegung des Umlaufkörpers in die Drehbewegung des Werkzeughalters umwandelt, und andererseits kann es Teil der ersten Synchronisationsvorrichtung sein (oder der ersten Synchronisationsvorrichtung entsprechen), indem es die Drehbewegung des Werkzeughalters an die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters koppelt.

[0120] Die Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Bewegung des Umlaufkörpers kann beispielsweise eine Antriebswelle aufweisen. Diese kann auch Teil der Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse sein, z.B. vermittelt durch das Planetengetriebe.

[0121] Der Umlaufkörper kann in einem Profilierungskopf gelagert sein, insbesondere rotierbar gelagert sein. Und dieser kann, mittels eines Antriebs, auf die Längsachse zu antreibbar sein, für die radiale Zustellbewegung. Der Antrieb kann zum Beispiel ein Antrieb für eine senkrecht zu der Längsachse verlaufende Bewegung des Profilierungskopfes sein.

[0122] Die Vorrichtung kann eine Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Bewegung des Werkstückhalters parallel zu der Längsachse aufweisen. Dadurch können Werkzeugeingriffe zum Beispiel nach und nach an immer weiter von einem Ende des Werkstücks entfernt liegenden Positionen stattfinden. Eine parallel zur Längsachse

fortschreitende Ausbildung der Profilierung kann ermöglicht werden.

[0123] Die erste Synchronisationsvorrichtung und die zweite Synchronisationsvorrichtung können ein und dieselbe Synchronisationsvorrichtung sein oder ganz oder teilweise voneinander verschieden sein.

[0124] Die erste Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, sicherzustellen, dass eine Umlauffrequenz der umlaufenden Bewegung des ersten Werkzeughalters mit einer Drehzahl der Rotationsbewegung des Werkstücks in einem festen (zeitlich unverändertem) Verhältnis steht.

[0125] Die zweite Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, sicherzustellen, dass eine Umlauffrequenz der umlaufenden Bewegung des ersten Werkzeughalters mit einer Drehzahl der Drehbewegung des Werkzeughalters in einem festen (zeitlich unverändertem) Verhältnis steht.

[0126] Die Vorrichtung kann so eingerichtet sein, dass das Kaltumformen des Werkstücks durch eine Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe stattfinden kann. Dieses können Eingriffe ein desselben Werkzeuges oder auch Eingriffe mehrerer Werkzeuge sein.

[0127] Und die erste Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, die Rotationsbewegung des Werkstückhalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so zu synchronisieren, dass an verschiedenen über einen Umfang des Werkstücks verteilten Positionen jeweils mehrere der umformenden Eingriffe stattfinden.

[0128] Die Vorrichtung kann so eingerichtet sein, dass in jedem der umformenden Eingriffe jeweils ein Werkzeug mit dem Bearbeitungsbereich in Kontakt kommt. Insbesondere kann die Vorrichtung so ausgebildet sein, dass in jedem der umformenden Eingriffe jeweils der Wirkbereich (genauer: ein Abschnitt des Wirkbereichs) eines Werkzeuges mit dem Bearbeitungsbereich in Kontakt kommt. Das jeweilige Werkzeug (genauer: dessen Wirkbereich oder Wirkbereichsabschnitt) kann dabei hämmernd auf der Aussenfläche (in dem Bearbeitungsbereich) einwirken. Bei jedem der Eingriffe kann ein Werkzeug kaltumformend auf den Bearbeitungsbereich einwirken.

[0129] Und die zweite Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so zu synchronisieren, dass die Werkzeugachse in jedem der umformenden Eingriffe des Werkzeuges denselben (kleinen) Bereich azimuthaler Positionen (bezogen auf die Drehachse) durchläuft.

[0130] Wenn mehrere Werkzeuge und ein oder mehrere Werkzeughalter (halternd jeweils mindestens eines der Werkzeuge) vorgesehen sind, kann vorgesehen sein, dass die zweite Synchronisationsvorrichtung eingerichtet ist, die Drehbewegung des mindestens einen Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des jeweiligen Werkzeughalters so zu synchronisieren, dass

jede der Werkzeugachsen in jedem der umformenden Eingriffe des entsprechenden Werkzeuges denselben (kleinen) Bereich azimuthaler Positionen (bezogen auf die Drehachse) durchläuft.

[0131] Zum Beispiel, wenn die zu erzeugende Profilierung r Profillücken aufweist und die Vorrichtung N Werkzeughalter aufweist, deren umlaufende Bewegung ein und dieselbe Umlaufbahn beschreiben, kann die erste Synchronisationsvorrichtung beispielsweise so eingerichtet sein, dass ein N -tel einer Periodendauer der umlaufenden Bewegung gleich einem ganzzahligen Vielfachen eines r -tels der Periodendauer der Rotationsbewegung des Werkstücks ist. Dadurch finden die Eingriffe genau an den Positionen entlang des Umfangs des Werkstücks statt, wo Profillücken zu erzeugen sind. Insbesondere kann die erste Synchronisationsvorrichtung beispielsweise so eingerichtet sein, dass ein N -tel einer Periodendauer der umlaufenden Bewegung gleich einem r -tel der Periodendauer der Rotationsbewegung des Werkstücks ist. Dadurch finden die Eingriffe jeweils an benachbarten Profillückenpositionen statt.

[0132] Die Erfindung umfasst Vorrichtungen mit Merkmalen, die den Merkmalen von beschriebenen Verfahren entsprechen und umgekehrt auch Verfahren mit Merkmalen, die den Merkmalen von beschriebenen Vorrichtungen entsprechen.

[0133] Weitere Ausführungsformen und Vorteile gehen aus den abhängigen Patentansprüchen und den Figuren hervor.

[0134] Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen und den beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

- | | | |
|----|-------------|---|
| 35 | Fig. 1 | eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur kaltumformenden Profilierung eines Werkstücks; |
| 40 | Figs. 2A-2D | aufeinanderfolgende Phasen des Verfahrens; |
| | Fig. 3 | einen Werkzeughalter mit Werkzeug, in einem Schnitt durch seine Drehachse und die Werkzeugachse; |
| 45 | Fig. 4 | ein Detail eines Planetengetriebes mit einem Planetenrad gemäss Fig. 3; |
| 50 | Fig. 5 | ein Detail einer Vorrichtung mit zwei Profilierungsköpfen, mit symbolisierter radialer Zustellung und axialem Vorschub; |
| | Fig. 6A | eine Umlaufbahn eines Werkzeughalters; |
| 55 | Fig. 6B | eine radiale Zustellungsbewegung, symbolisch; |

- Fig. 6C eine Trajektorie eines Werkzeughalters, als Überlagerung von umlaufender Bewegung und radialer Zustellung;
- Fig. 7 ein Detail einer Vorrichtung mit zwei Profilierungsköpfen, die jeweils drei Werkzeughalter mit je zwei Werkzeugen aufweisen;
- Fig. 8 einen Profilkörper mit nach aussen abstehender Schulter;
- Fig. 9 ein Detail eines Werkstücks auf einem aussenprofilierten Dorn, in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse;
- Fig. 10 ein Werkstück mit einem konischen Bearbeitungsbereich, in einem die Längsachse enthaltenden Schnitt
- Fig. 11 ein Werkstück mit einer polygonalen Aussenfläche, in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse;
- Fig. 12 ein Werkstück bzw. einen Profilkörper mit zwei axial beabstandeten radial nach aussen gerichteten Profilierungsbegrenzungsstrukturen, zwischen denen eine Profilierung erzeugt wurde;
- Fig. 13 ein Werkstück bzw. einen Profilkörper mit zwei axial beabstandeten radial nach innen bzw. nach aussen gerichteten Profilierungsbegrenzungsstrukturen, zwischen denen eine Profilierung erzeugt wurde;
- Fig. 14 ein Werkstück bzw. einen Profilkörper ohne Profilierungsbegrenzungsstrukturen;
- Fig. 15 ein Werkstück mit nicht-rotationssymmetrischen Profilierungsbegrenzungsstruktur, in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse;
- Fig. 16 ein Werkstück bzw. ein Profilkörper mit azimuthal ungleichmässig verteilten Profillücken, in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse;
- Fig. 17 eine schematische Veranschaulichung der Situation bei verschwenkter Werkzeugachse.

[0135] Für das Verständnis der Erfindung nicht wesentliche Teile sind zum Teil nicht dargestellt. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stehen beispielhaft

für den Erfindungsgegenstand oder dienen seiner Erläuterung und haben keine beschränkende Wirkung.

[0136] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 100 zur Durchführung des Verfahrens zur kaltumformenden Profilierung eines Werkstücks 1. Das Werkstück 1 ist in einem Werkstückhalter 10 gehalten, der in Fig. 1 symbolisch dargestellt ist und eine Längsachse Z aufweist, die gleichzeitig auch eine Längsachse des Werkstücks 1 ist.

[0137] Das Werkstück 1 weist im dargestellten Beispiel einen bezüglich der Längsachse Z rotationssymmetrischen Bearbeitungsbereich 11 mit einer Aussenfläche 11a auf, der beispielhaft zylindrisch ausgebildet ist und in dem eine Profilierung einzubringen ist, und an den sich ein zweiter Bereich 12 anschliesst, in dem das Werkstück 1 einen grösseren Durchmesser hat als im Bearbeitungsbereich 11. Dadurch ist zwischen den Bereichen 11 und 12 eine als eine Werkstückschulter 13 ausgebildete Profilierungsbegrenzungsstruktur ausgebildet.

[0138] Weiter ist ein in Fig. 1 symbolisch dargestellter Umlaufkörper 8 vorgesehen, der eine Bewegung R8' ausführt, nämlich indem er in dem dargestellten Beispiel um eine in Fig. 1 nicht dargestellte Umlaufkörperachse rotiert und so die Rotation R8' ausführt. In dem Umlaufkörper 8 ist ein Werkzeughalter 5 gelagert, der aufgrund der Bewegung R8' des Umlaufkörpers 8 eine umlaufende Bewegung R8 entlang einer Umlaufbahn U durchführt.

[0139] Der Werkzeughalter 5 weist eine Drehachse W auf, um welche er eine Drehbewegung R5 durchführt. Diese Drehbewegung R5 kann beispielsweise direkt durch einen Antrieb (Rotationsantrieb) erzeugt sein oder aber von der Bewegung R8' des Umlaufkörpers 8 abgeleitet sein, beispielsweise auf mechanischem Wege, zum Beispiel mittels eines Planetengetriebes, wie im weiteren noch genauer beschrieben wird.

[0140] Der Werkzeughalter 5 hält mindestens ein Werkzeug 2, das einen Wirkbereich 21 aufweist, in dem es mit dem Werkstück 1 in kaltumformenden Kontakt kommt, und zwar indem es während eines Eingriffs in das Werkstück 1 eine Bewegung durchführt, die im weiteren noch genauer beschrieben wird. Das Werkzeug 2 ist in dem Werkzeughalter 5 um die Werkzeugachse Q rotierbar gelagert, insbesondere frei rotierbar gelagert. Die Werkzeugachse Q ist nicht identisch mit der Drehachse W des Werkzeughalters 5. Sie kann beispielsweise parallel dazu ausgerichtet und davon beabstandet sein.

[0141] Das Werkzeug 2 kann einen (bezüglich der Werkzeugachse Q) rotationssymmetrischen Wirkbereich aufweisen.

[0142] Das Werkzeug 2 kann zum Beispiel als eine Walzrolle ausgebildet sein.

[0143] Mittels des Werkzeugs 2 werden Profillücken im Werkstück 1 erzeugt, wobei das Werkzeug 2 pro Profillücke eine Vielzahl von Eingriffen ausführt.

[0144] Damit das Werkzeug 2 an verschiedenen über den Umfang des Werkstücks 1 verteilten Positionen in das Werkstück 1 eingreifen kann, ist das Werkstück 1

mittels des Werkstückhalters 10 um die Längsachse Z zu einer Rotationsbewegung R1 antreibbar, insbesondere wobei die Rotationsbewegung R1 eine intermittierende Rotation sein kann, so dass der Werkzeugeingriff jeweils in einer Phase des Rotationsstillstandes des Werkstücks 1 stattfinden kann.

[0145] Weiter kann ein Antrieb für einen Axialvorschub des Werkstücks 1 parallel zu der Längsachse Z vorgesehen sein. Dadurch kann eine entlang der Längsachse Z fortschreitende Ausbildung der Profilierung bewirkt werden.

[0146] In Fig. 1 sind Wirkverbindungen zum Zwecke des Antriebs durch gestrichelte Linien dargestellt und Wirkverbindungen zum Zwecke der Synchronisation (die mechanisch und/oder elektronisch realisiert sein kann) durch dicke gepunktete Linien dargestellt.

[0147] Es ist eine Antriebsvorrichtung A1 zum Erzeugen einer Rotationsbewegung R1 des Werkstückhalters 10 vorgesehen, zum Beispiel ein Torquemotor oder ein sonstiger Rotationsantrieb sowie eine Antriebsvorrichtung A8 zum Erzeugen der Bewegung R8' des Umlaufkörpers 8. Die Antriebsvorrichtung A8 kann beispielsweise eine Antriebswelle aufweisen.

[0148] Und es ist noch eine Antriebsvorrichtung A5 zum Erzeugen der Drehbewegung R5 des Werkzeughalters 5 um seine Drehachse W vorgesehen, wie oben schon angegeben.

[0149] Die Drehachse W ist parallel zur Umlaufkörperachse ausgerichtet. Die umlaufende Bewegung R8 des Werkzeughalters findet in einer Ebene statt, auf der diese Achsen senkrecht stehen. Die Längsachse ist im dargestellten Beispiel parallel zu dieser Ebene ausgerichtet.

[0150] Die Werkzeugachse Q kann parallel zu der Drehachse W ausgerichtet sein.

[0151] Damit Werkzeugeingriffe dort stattfinden, wo Profillücken zu erzeugen sind, sind die Werkstückrotation R1 und die umlaufende Bewegung R8 mittels einer ersten Synchronisationsvorrichtung S1 miteinander synchronisiert, zum Beispiel, indem die Werkstückrotation R1 und die Bewegung R8' des Umlaufkörpers 8 mittels der ersten Synchronisationsvorrichtung S1 miteinander synchronisiert sind.

[0152] Zum Beispiel kann die Synchronisation darin bestehen, dass die beiden Bewegungen (R1 und R8 bzw. R8') ein zeitlich konstantes Verhältnis ihrer Umlaufzeiten aufweisen. Beispielsweise wenn nur ein Werkzeug 2 vorgesehen ist und aufeinanderfolgende Eingriffe des Werkzeugs 2 in das Werkstück 1 jeweils in benachbarte Profillücken erfolgen sollen, kann $T8/T1 = z$ gewählt werden, mit einer Umlaufzeit (Periode) T8 der umlaufenden Bewegung R8 des Werkzeughalters 5 und einer Umlaufzeit (Periode) T1 des Werkstücks, wobei z die Anzahl der zu erzeugenden Profillücken ist.

[0153] Diese Synchronisation kann zum Beispiel mittels einer elektronischen Synchronisationsvorrichtung S1 realisiert werden. Andere Synchronisationsvorrichtungen, beispielsweise mechanische, sind aber grundsätzlich auch denkbar.

[0154] Weiter ist noch eine zweite Synchronisationsvorrichtung S5 vorgesehen, mittels der die Drehbewegung R5 des Werkzeughalters 5 und die umlaufende Bewegung R8 des Werkzeughalters 5 miteinander synchronisiert sind. Dies kann beispielsweise mittels einer elektronischen Synchronisationsvorrichtung realisiert werden, wobei diese dann auch identisch sein kann mit der ersten Synchronisationsvorrichtung S1. Im dargestellten Beispiel ist diese Synchronisation mechanisch realisiert, nämlich mittels des bereits genannten Planetengetriebes.

[0155] Insofern kann die Antriebsvorrichtung A5 zumindest teilweise identisch sein mit der zweiten Synchronisationsvorrichtung S5, nämlich indem das Planetengetriebe einerseits die Drehbewegung R5 erzeugt und andererseits die Synchronisation zwischen der Drehbewegung R5 und der umlaufenden Bewegung R8 bewirkt.

[0156] Durch die mittels der zweiten Synchronisationsvorrichtung S5 bewerkstelligten Synchronisation kann bewirkt werden, dass die Werkzeugachse Q während jedes Eingriffs in das Werkstück 1 dieselbe azimutale Ausrichtung (bezogen auf die Drehachse W des Werkzeughalters 5) einnimmt. Dies kann beispielsweise dann von Vorteil sein, wenn das Werkstück 1, wie in Fig. 1 dargestellt eine nach aussen abstehende Werkstückschulter 13 aufweist und die Profilierung bis nahe an diese heran erstellt werden soll. Dies wird in Figs. 2A bis 2D erklärt.

[0157] Figs. 2A-2D illustrieren aufeinanderfolgende Phasen des Verfahrens. Die meisten Bezugszeichen sind bereits oben erklärt; φ bezeichnet eine azimutale Position der Werkzeugachse, bezogen auf die Drehachse W, oder, genauer, den entsprechenden Azimutalwinkel (gegen den Uhrzeigersinn gemessen). Als Bezugsachsen für die azimutale Orientierung können beispielsweise, wie in Figs. 2A-2D (und auch in Fig. 4, siehe unten) dargestellt, gewählt werden:

- eine senkrecht zur Drehachse W ausgerichtete Achse (in Figs. 2A-2D gestrichelt dargestellt), die durch die Mitte des Wirkbereichs 21 und durch die Drehachse W verläuft; und
- eine senkrecht zur Drehachse W ausgerichtete Achse (in Figs. 2A-2D gepunktet dargestellt), die durch die Mitte des Wirkbereichs 21 und durch die Umlaufkörperachse verläuft.

[0158] Fig. 2A illustriert die Situation kurz vor Beginn eines Eingriffs, wo das Werkzeug 2 kurz darauf mit dem Werkstück 1 in Kontakt kommt. Der Azimutalwinkel φ beträgt in dem illustrierten Beispiel ungefähr 317° , entsprechend -43° .

[0159] Fig. 2B illustriert die Situation etwa in der Mitte des Eingriffs. Der Azimutalwinkel φ beträgt in dem illustrierten Beispiel wenige Grad.

[0160] Fig. 2C illustriert die Situation kurz nach Ende eines Eingriffs. Das Werkzeug 2 ist nicht mehr mit dem

Werkstück 1 in Kontakt. Der Azimutalwinkel φ beträgt in dem illustrierten Beispiel ungefähr 40° .

[0161] Fig. 2D illustriert die Situation noch später nach Ende eines Eingriffs. Das Werkzeug 2 bewegt sich dann bald danach über die Werkstückschulter 13 hinweg. Der Azimutalwinkel φ beträgt in dem illustrierten Beispiel gut 70° .

[0162] Mittels der zweiten Synchronisationsvorrichtung S5 kann beispielsweise bewirkt werden, dass bei jedem Umlauf das Werkzeug 2 nur in einem kleinen azimutalen Winkelbereich, der hier zum Beispiel nahe 0° liegt, mit dem Werkstück 1 in Kontakt kommt und dieses somit hämmernd umformt.

[0163] Durch die Überlagerung der Umlaufbewegung des Werkzeughalters mit der Drehbewegung des Werkzeughalters um die Drehachse kann bewirkt werden, dass das Werkzeug 2 - wegen der Nicht-Identität von Werkzeugachse und Drehachse - für nur sehr kurze Zeit und entlang eines nur sehr kurzen Abschnitts (gemessen beispielsweise parallel zur Längsachse Z) mit dem Werkstück 1 in Kontakt ist.

[0164] So kann verhindert werden, dass das Werkzeug 2 mit der Werkstückschulter 13 in (umformenden) Kontakt kommt - und dennoch kann die Ausbildung des Profils bis nahe an die Werkstückschulter 13 heran stattfinden.

[0165] Wie sich anhand von Fig. 2A einfach erkennen lässt, könnte das Werkstück 1 am rechts dargestellten Ende, statt dort aufzuhören, einen weiteren Werkstückvorsprung aufweisen (in Fig. 2A gepunktet angedeutet). In einem solchen Falle ist es mittels des beschriebenen Verfahrens möglich, die Profilierung zwischen den zwei Werkstückvorsprüngen so zu erzeugen, dass sie sich bei nahe an den jeweiligen Werkstückvorsprung heran erstreckt.

[0166] Fig. 3 zeigt einen Werkzeughalter 5 mit Werkzeug 2, in einem Schnitt durch seine Drehachse W und durch die Werkzeugachse Q. Er weist (optional) zwei Planetenräder 45 auf, deren Achsen coaxial mit der Drehachse W sind, und zwei Lagerbereiche 2L für die drehbare Lagerung im Umlaufkörper 8 (siehe Fig. 1). Der Werkzeughalter 5 kann einstückig ausgebildet sein oder auch, wie dargestellt, mehrteilig.

[0167] Der Werkzeughalter 5 kann beispielsweise einen Werkzeug-Einsatz 2e aufweisen (in Fig. 3 der besseren Erkennbarkeit halber schraffiert dargestellt), in welchem das Werkzeug 2 um die Werkzeugachse Q drehbar gelagert ist. Zum Beispiel kann, wie in Fig. 3 dargestellt, eine Walzrolle als Werkzeug 2 dort um die Werkzeugachse Q frei rotierbar gelagert sein. Der Werkzeug-Einsatz 2e kann zu diesem Zweck ein Drehlager aufweisen (in der Figur nicht gesondert dargestellt). Der Werkzeug-Einsatz 2e kann mit mindestens einem weiteren Teil des Werkzeughalters 5 fix verbunden sein, beispielsweise mit diesem verschraubt sein.

[0168] Die Werkzeugachse Q kann relativ zu den Planetenrädern 45 im Werkzeughalter 5 fix positioniert sein.

[0169] Fig. 4 illustriert in einer Sicht auf einen Schnitt

senkrecht zu der Drehachse W ein Detail eines Planetengetriebes 40 der Vorrichtung, beispielsweise aufweisend Planetenräder 45, wie sie in dem Werkzeughalter 5 gemäß Fig. 3 integriert sind, von denen in Fig. 4 aber nur eines sichtbar ist.

[0170] Das Planetengetriebe 40 weist ein Hohlrad 41 mit einer Achse 42 auf und kann ausser diesem noch ein zweites, in Fig. 4 nicht dargestelltes Hohlrad aufweisen, in welchem das zweite Planetenrad des Werkzeughalters 5 läuft.

[0171] Die Achse 46 des Planetenrades 45 ist coaxial mit der Drehachse W. Und die Umlaufkörperachse V (entsprechend der Achse der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters) ist coaxial mit der Achse 42 des Hohlrades 41.

[0172] Durch eine geeignete Dimensionierung des Planetengetriebes 40 kann zum Beispiel sichergestellt werden, dass die Werkzeugachsen Q an einer bestimmten Position entlang der Umlaufbahn U (siehe Fig. 1) des Werkzeughalters 5, beispielsweise dort, wo der Eingriff ins Werkstück 1 beendet sein soll, oder dort, wo der Eingriff ins Werkstück 1 beginnen soll, bei jedem Umlauf dieselbe azimutale Position (bezogen auf die Drehachse) hat.

[0173] Statt eines Planetengetriebes mit zwei Hohlrädern und zwei Planetenrädern kann das Planetengetriebe zum Beispiel auch mit nicht mehr als einem Hohlrad und nicht mehr als einem Planetenrad realisiert werden.

[0174] Die mechanischen Anforderungen an den Werkstückhalter 10 können stark reduziert werden, wenn bei jedem Werkzeugeingriff zwei Werkzeugeingriffe stattfinden, und zwar an bezüglich der Längsachse einander gegenüberliegenden Stellen des Werkstücks 1, und insbesondere auch axial (bezogen auf die Längsachse Z) an derselben Position.

[0175] Fig. 5 illustriert ein Detail einer Vorrichtung 100 mit zwei Profilierungsköpfen 3a, 3b, wobei ausserdem noch eine radiale Zustellung und einen Axialvorschub symbolisiert ist. In den Profilierungsköpfen 3a, 3b können die Umlaufkörper (inklusive je mindestens ein Werkzeughalter) und, sofern vorgesehen, die Planetengetriebe gelagert sein.

[0176] Die Profilierungsköpfe 3a, 3b bzw. die in ihnen gelagerten Teile können im wesentlichen gleichartig, aber bezüglich der Bewegungen spiegelbildlich ausgebildet sein.

[0177] Das in Fig. 5 symbolisiert dargestellte Werkstück 1 (gestrichelt) kann dadurch spiegelbildlich durch jeweils zwei bezüglich der Längsachse Z einander gegenüberliegende Werkzeuge bearbeitet werden.

[0178] Die Bewegungen der beiden Umlaufkörper können entsprechend miteinander synchronisiert sein bzw. sich aus ein und derselben Bewegung, zum Beispiel aus ein und demselben Rotationsantrieb ergeben. Und es können in jedem der Profilierungsköpfe ein oder mehrere Hohlräder fixiert sein.

[0179] Im Laufe der Bearbeitung kann es von Vorteil sein, wenn das Werkstück axial, also in einer Richtung

parallel zu der Längsachse Z, bewegt werden kann, um eine fortschreitende Ausbildung der Profilierung entlang der Längsachse Z zu ermöglichen, durch eine Vielzahl von aufeinanderfolgenden Werkzeugeingriffen in das Werkstück. Dies gilt natürlich auch, wenn nur ein einziger Profilierungskopf vorgesehen ist bzw. die Werkzeugeingriffe nur von einer Seite stattfinden bzw. jeweils durch nicht mehr als ein einziges Werkzeug gleichzeitig stattfinden.

[0180] Eine solche axiale Bewegung ist in Fig. 5 durch den grossen schwarz gefüllten Pfeil symbolisiert.

[0181] Es kann dafür ein Antrieb AZ für den Axialvorschub vorgesehen sein.

[0182] Im Laufe der Bearbeitung kann es von Vorteil sein, wenn die Werkzeuge radial, also in einer Richtung senkrecht auf die Längsachse Z zu, zugestellt werden können, da mit zunehmender Anzahl von Eingriffen die in ihrer Entstehung begriffenen Profillücken immer tiefer werden. Dies gilt auch, wenn nur ein einziger Profilierungskopf vorgesehen ist bzw. ein Werkzeugeingriff nur von einer Seite stattfindet bzw. jeweils durch nicht mehr als ein einziges Werkzeug gleichzeitig stattfindet.

[0183] Eine solche radiale Zustellbewegung ist in Fig. 5 durch die mit L2 bezeichneten offenen Pfeile symbolisiert. Sie kann entlang einer Achse stattfinden, die senkrecht zur Längsachse verläuft und parallel ist zu einer Ebene, die durch die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters beschrieben wird.

[0184] Es kann dafür ein Antrieb A2 für die radiale Zustellung vorgesehen sein.

[0185] Durch die radiale Zustellung ergibt sich die Trajektorie bzw. der Bewegungspfad des Werkzeughalters aus einer Überlagerung der umlaufenden Bewegung U mit der (linearen) radialen Zustellbewegung, wie es in Figs. 6A-6C schematisch illustriert ist.

[0186] Fig. 6A symbolisiert dabei eine Umlaufbahn U eines Werkzeughalters.

[0187] Fig. 6B symbolisiert eine radiale Zustellungsbewegung L2.

[0188] Fig. 6C symbolisiert eine Trajektorie T eines Werkzeughalters, die sich als Überlagerung von umlaufender Bewegung U und radialer Zustellung L2 ergibt. Dabei sind in der Realität die Abstände zwischen den ungefähr kreisförmigen Trajektorienbestandteilen sehr viel geringer als in Fig. 6C der Klarheit halber dargestellt.

[0189] Fig. 7 illustriert ein Detail einer Vorrichtung 100 mit zwei Profilierungsköpfen, die jeweils drei Werkzeughalter 5a1, 5a2, 5a3 bzw. 5b1, 5b2, 5b3 mit je zwei Werkzeugen 2a1, 2a1' bzw. 2a2, 2a2' usw. aufweisen.

[0190] Indem (gegebenenfalls pro Profilierungskopf) mehrere Werkzeughalter 5a1, 5a2,... vorgesehen werden, können pro einem Umlauf eines Umlaufkörpers mehrere Eingriffe stattfinden, was eine schnellere Bearbeitung und somit eine Erstellung der Profilierung innerhalb einer kürzeren Zeit ermöglichen kann.

[0191] Indem pro Werkzeughalter mehrere Werkzeuge vorgesehen werden, kann deren Standzeit erhöht werden und somit ein längeres unterbrechungsfreies

Profilieren ermöglicht werden. Zum Beispiel kann die zweite Synchronisationsvorrichtung S5 (siehe Fig. 1) so eingerichtet sein, dass bei n Werkzeugen pro Werkzeughalter jeweils die Werkzeugachse des jeweiligen Werkzeugs nach einem Umlauf des Umlaufkörpers 8 an einer bestimmten Position entlang der Umlaufbahn U (siehe Fig. 1) des Werkzeughalters 5 (beispielsweise dort, wo der Eingriff ins Werkstück 1 beendet sein soll) eine azimuthale Orientierung hat, die um $360^\circ/n$ abweicht von der azimuthalen Position zu Beginn des Umlaufs. Die Abweichung kann auch ein Vielfaches von $360^\circ/n$ betragen, sofern dieses Vielfache verschieden ist von 360° und von einem Vielfachen von 360° .

[0192] Weiter ist in Fig. 7 illustriert, dass mittels des in diesem Text beschriebenen Verfahrens auch Profilierungen zwischen zwei Profilierungsbegrenzungsstrukturen, zum Beispiel zwischen den zwei Werkstückschultern 13, 13', erstellt werden können, wobei die Profilierungen jeweils bis nahe an die Profilierungsbegrenzungsstrukturen heranreichen können.

[0193] Fig. 8 zeigt in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse Z einen Profilkörper 1p, der eine Profilierung P aufweist, die mittels des beschriebenen Verfahrens bzw. mittels der beschriebenen Vorrichtung erzeugt werden kann. Die Profilierung weist eine Vielzahl von Profillücken pl auf. Jede dieser Profillücken pl ist durch ein Hintereinanderausführen einer Vielzahl von Eingriffen eines oder mehrerer Werkzeuge 2 entstanden, die jeweils einen Wirkbereich 21 aufweisen, der in dem Schnitt gemäss Fig. 8 eine Form aufweist, die im wesentlichen der Form einer zu erzeugenden Profillücke pl entspricht.

[0194] Der Profilkörper 1p ist ein Hohlteil, das auf einem aussen profilierten Dorn 6 sitzt und eine nach aussen abstehende Schulter 13 aufweist. Durch Verwendung eines profilierten Dorns 6 kann durch das Verfahren nicht nur eine Aussenprofilierung, sondern auch noch gleichzeitig eine Innenprofilierung erzeugt werden.

[0195] Bei Vollteilen oder auf unprofilieren Dornen sitzenden Hohlteilen kann eine Aussenprofilierung erzeugt werden, ohne dass gleichzeitig eine Innenprofilierung miterzeugt wird.

[0196] Weiter ist es möglich, in einem Hohlteil eine Innenverzahnung zu erzeugen, ohne dass in dem Hohlteil eine Aussenprofilierung erzeugt wird. Fig. 9 illustriert dies.

[0197] Fig. 9 zeigt in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse ein Detail eines Werkstücks 1, das auf einem aussen profilierten Dorn 6 sitzt und im Begriff ist, mittels eines Werkzeugs 2 in der beschriebenen Weise bearbeitet zu werden. Durch die Bearbeitung wird dann Material des Werkstücks 1 in Profillücken 6p eingeformt. Das Werkzeug 2 hat einen flächigen Wirkbereich.

[0198] Fig. 10 zeigt in einem die Längsachse Z enthaltenden Schnitt anhand eines Beispiels, dass eine Aussenfläche eines Bearbeitungsbereichs 11 eines Werkstücks 1 nicht zylindrisch ausgebildet sein muss, sondern zum Beispiel, wie dargestellt, konisch ausgebildet sein kann.

[0199] Fig. 11 zeigt in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse Z anhand eines Beispiels, dass eine Aussenfläche 11a eines Bearbeitungsbereichs 11 eines Werkstücks 1 nicht notwendigerweise rotationssymmetrisch sein muss, sondern zum Beispiel, wie dargestellt, polygonal sein kann. Dargestellt in Fig. 11 ist der Fall, dass die Aussenfläche 11a sechs Teilflächen aufweist; es kann aber vorgesehen sein, dass die Aussenfläche 11a sehr viel mehr Teilflächen aufweist. In dem zugehörigen Bearbeitungsbereich kann das Werkstück 1 zum Beispiel prismatisch ausgebildet sein.

[0200] Fig. 12 zeigt ein Beispiel für ein Werkstück 1 bzw. einen Profilkörper 1p mit zwei axial beabstandeten Profilierungsbegrenzungsstrukturen 13, 13', die radial nach aussen stehen. Die Profilierung P mit ihren Profillücken pl, die mittels des beschriebenen Verfahrens erzeugt ist, reicht bis nahe an diese heran.

[0201] Profilierungsbegrenzungsstrukturen können auch radial nach innen gerichtet sein, relativ zu dem angrenzenden Abschnitt des Bearbeitungsbereichs. Fig. 13 zeigt ein Beispiel dafür, in welchem die Profilierungsbegrenzungsstrukturen 13 an einem Ende des Bearbeitungsbereichs 11 radial nach innen gerichtet sind und die Profilierungsbegrenzungsstrukturen 13' an dem anderen Ende des Bearbeitungsbereichs 11 radial nach aussen gerichtet sind.

[0202] Fig. 14 illustriert anhand eines Beispiels, dass ein Bearbeitungsbereich 11 nicht notwendigerweise durch Profilierungsbegrenzungsstrukturen ein- oder zweiseitig begrenzt sein muss. Dargestellt ist ein Profilkörper, bei dem beide Enden des Bearbeitungsbereichs 11 nicht an Profilierungsbegrenzungsstrukturen angrenzend sind.

[0203] Fig. 15 illustriert anhand eines Beispiels, dass eine Profilierungsbegrenzungsstruktur 13 eines Werkstücks 1 nicht notwendigerweise rotationssymmetrisch ist. In dem illustrierten Beispiel sind mehrere radial nach aussen vorstehende Werkstückvorsprünge vorgesehen, die an verschiedenen azimuthalen Positionen lokalisiert sind.

[0204] Fig. 16 illustriert in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse L ein Werkstück 1 bzw. einen Profilkörper 1p, der eine Profilierung aufweist, deren Profillücken 1p azimuthal ungleichmässig verteilt sind. Obschon für viele Anwendungen gleichmässig über den Umfang verteilte Profillücken bevorzugt sind, gibt es Anwendungen, für die eine azimuthal unregelmässige Anordnung der Profillücken pl von Vorteil ist.

[0205] Selbstverständlich kann ein einziges Werkstück zwei oder mehr verschiedene Bearbeitungsbereiche aufweisen, die beispielsweise axial voneinander beabstandet sein können, und die jeweils in der in diesem Text beschriebenen Weise mit einer Profilierung versehen werden.

[0206] Bei den in den Figuren 1, 5, 7 dargestellten Beispielen enthält eine zur Werkzeugachse Q senkrechte Ebene die Längsachse Z. Dies ist aber nur eine Option. Diese Option kann, wie bereits weiter oben erwähnt,

beispielsweise dann besonders nützlich sein, wenn eine Geradverzahnung zu erzeugen ist und das Werkstück während des Eingriffs stillsteht oder nur langsam rotiert.

[0207] Es kann aber auch vorgesehen sein, dass eine zur Werkzeugachse senkrechte Ebene mit der Längsachse einen Schwenkwinkel δ (ungleich null Grad) einschliesst, wie in Fig. 17 schematisch illustriert. Das kann nützlich sein zur Erzeugung von schräg verlaufenden Profilierungen, wie zum Beispiel Schrägverzahnungen, oder auch wenn das Werkstück 1 während des Werkzeugeingriffs rotiert, wie beispielsweise im Falle einer Rotationsbewegung des Werkstücks 1 bzw. Werkstückhalters mit konstanter Rotationsgeschwindigkeit. Insbesondere kann, wie in Fig. 17 dargestellt, die (verschwenkte) Werkzeugachse Q' gegenüber einer senkrecht ausgerichteten Werkzeugachse Q in eine solche Richtung verschwenkt sein, die parallel zur Längsachse Z ist; mit anderen Worten: Sie ist so verschwenkt, dass die nichtverschwenkte Werkzeugachse Q mit der verschwenkten Werkzeugachse Q' zusammen in einer solchen Ebene liegt, die zur Längsachse Z parallel ist. Die genannte Ebene ist in Fig. 17 die Zeichenebene. Eine zur verschwenkten Werkzeugachse Q' senkrechte Ebene ist in Fig. 17 gestrichpunktet dargestellt und schliesst mit der Längsachse den Schwenkwinkel δ ein, wie auch die verschwenkte Werkzeugachse Q mit der nichtverschwenkten Werkzeugachse Q den Schwenkwinkel δ einschliesst. Die Grösse des Schwenkwinkels δ kann beispielsweise abhängig von dem Schrägungswinkel der Profilierung bzw. von der Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks bzw. Werkstückhalters während des Eingriffs gewählt werden.

[0208] Beispielsweise kann der Profilierungskopf geschwenkt werden, so dass gleichzeitig die Werkzeugachse Q, die Drehachse W (des Werkzeughalters) und die Umlaufkörperachse V geschwenkt werden.

[0209] Wenn die Werkzeugachse Q, die Drehachse W und die Umlaufkörperachse V zueinander parallel sind, können diese beispielsweise alle um denselben Schwenkwinkel δ geschwenkt werden. Dann ist die zur Werkzeugachse Q senkrechte Ebene aufgrund der gegenseitigen Parallelitäten auch senkrecht zu der Drehachse W und zu der Umlaufkörperachse V.

[0210] Wie weiter oben bereits erklärt, kann das hier beschriebene Verfahren ermöglichen, Profilierungen zu erzeugen, die dafür grosse Kräfte erfordern, wobei trotzdem eine Profilierungsausbildung bis nahe an Profilierungsbegrenzungsstrukturen (wie zum Beispiel Werkstückschultern) heran möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit einer Profilierung (P) versehenen Profilkörpers (1p) durch Kaltumformen eines Werkstücks (1), das eine Längsachse (Z) und in einem Bearbeitungsbereich (11) eine Aussenfläche (11a) aufweist, in welche die

Profilierung (P) einzubringen ist, wobei das Werkstück (1) eine Rotationsbewegung (R1) um die Längsachse (Z) durchführt und durch ein erstes Werkzeug (2) in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet wird, in denen jeweils das erste Werkzeug (2) mit dem Bearbeitungsbereich (11) in Kontakt kommt, wobei das erste Werkzeug (2) durch einen ersten Werkzeughalter (5; 5a1) gehalten ist, und wobei der erste Werkzeughalter (5; 5a1,...)

- in einem Umlaufkörper (8) um eine Drehachse (W) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) drehbar gelagert ist und zu einer Drehbewegung (R5) um die Drehachse (W) angetrieben wird, wobei durch die Drehachse (W) der im folgenden gebrauchte Begriff azimuthal definiert ist; und

- durch den Umlaufkörper (8) zu einer umlaufenden Bewegung (R8) angetrieben wird; und

wobei

- die Rotationsbewegung (R1) des Werkstücks (1) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) synchronisiert ist; und

- die Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) synchronisiert ist;

dadurch gekennzeichnet, dass das erste Werkzeug (2) in dem ersten Werkzeughalter (5; 5a1,...) um eine erste Werkzeugachse (Q) rotierbar gelagert ist, insbesondere frei rotierbar gelagert ist, die von der Drehachse (W) verschieden ist, insbesondere wobei die erste Werkzeugachse (Q) von der Drehachse (W) beabstandet ist.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei

- die Rotationsbewegung (R1) des Werkstücks (1) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) so synchronisiert ist, dass an verschiedenen über einen Umfang des Werkstücks (1) verteilten Positionen jeweils mehrere der umformenden Eingriffe stattfinden; und

- die Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) so synchronisiert ist, dass das erste Werkzeug (2) bei jedem der umformenden Eingriffe dieselben azimuthalen Orientierungen (φ) durchläuft.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2,

wobei der Umlaufkörper (8) eine Rotation (R8') um eine Umlaufkörperachse (V) durchführt, und wobei die Umlaufkörperachse (V) und die Drehachse (W) zueinander parallel ausgerichtet sind.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das erste Werkzeug (2) einen Wirkbereich (21) aufweist, der bezüglich der Werkzeugachse (Q) rotationssymmetrisch ausgebildet ist, insbesondere wobei das erste Werkzeug (2) als eine Walzrolle ausgebildet ist.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Drehbewegung (R5) des Werkzeughalters (5; 5a1,...) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) mittels eines Planetengetriebes (40) synchronisiert ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei das Planetengetriebe (40) ein Hohlrad (41) und ein in dem Hohlrad (41) laufendes Planetenrad (45) aufweist, wobei das Planetenrad (45) Teil des ersten Werkzeughalters (5; 5a1,...) ist und mit diesem zusammen die Drehbewegung (R5) ausführt.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Werkstück gleichzeitig durch ein zweites Werkzeug (2b) in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet wird, in denen jeweils das zweite Werkzeug (2b) mit dem Werkstück (1) in Kontakt kommt, insbesondere wobei jeder der nacheinander ausgeführten umformenden Eingriffe des zweiten Werkzeugs (2b) an einer Position des Werkstücks (1) stattfindet, die derjenigen Position des Werkstücks (1) bezüglich der Längsachse (Z) gegenüberliegt, an der gleichzeitig ein umformender Eingriff des ersten Werkzeugs (2a) stattfindet; insbesondere wobei sowohl das erste Werkzeug (2a) als auch das zweite Werkzeug (2b) als eine Walzrolle ausgebildet ist.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Werkstück zusätzlich durch ein weiteres Werkzeug (2a2, 2a1') in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet wird, in denen jeweils das weitere Werkzeug (2a2, 2a1') mit dem Werkstück (1) in Kontakt kommt, insbesondere wobei ein das weitere Werkzeug (2a1') haltender Werkzeughalter (5; 5a2,...) dieselbe umlaufende Bewegung (R8) durchführt wie der bereits genannte Werkzeughalter (5; 5a1,...), und wobei dieser weitere Werkzeughalter (5; 5a2) mit dem bereits genannten Werkzeughalter (5; 5a1,...) identisch ist oder von diesem verschieden ist; insbesondere wobei sowohl das erste Werkzeug (2a) als auch das weitere Werkzeug (2a2, 2a1') als eine Walzrolle ausgebildet ist.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei das weitere

Werkzeug (2a1') durch denselben Werkzeughalter (5a1) gehalten ist wie das erste Werkzeug (2; 2a1), insbesondere wobei das weitere Werkzeug (2a1; 2a1') in dem Werkzeughalter (5a1) um eine weitere Werkzeugachse rotierbar gelagert ist, die von der Drehachse (W) und von der ersten Werkzeugachse (Q) verschieden ist, insbesondere wobei die weitere Werkzeugachse von der ersten Werkzeugachse (Q) azimuthal beabstandet ist, und insbesondere wobei die erste (Q) und die weitere Werkzeugachse und die Drehachse (W) senkrecht zu einer gemeinsamen Ebene ausgerichtet sind.

10. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei ein zweiter Werkzeughalter (5a2) vorgesehen ist, der von dem ersten Werkzeughalter (5a1) verschieden ist, und durch den das weitere Werkzeug (2a2) um eine weitere Werkzeugachse rotierbar gehalten ist, wobei die umlaufenden Bewegungen des ersten und des zweiten Werkzeughalters dieselbe Umlaufbahn (U) beschreiben, insbesondere wobei das weitere Werkzeug (2a2) in dem zweiten Werkzeughalter (5a2) um eine weitere Werkzeugachse rotierbar gelagert ist, die von einer Drehachse des zweiten Werkzeughalters verschieden ist, und insbesondere wobei die erste (Q) und die weitere Werkzeugachse und die Drehachse (W) senkrecht zu einer gemeinsamen Ebene ausgerichtet sind..

11. Vorrichtung (100) zur Herstellung eines mit einer Profilierung (P) versehenen Profilkörpers (1p) durch Kaltumformen eines Werkstücks (1), wobei die Vorrichtung (100) aufweist:

- einen um seine Längsachse (Z) rotierbaren Werkstückhalter (10) zur Halterung des Werkstücks (1);
- eine Antriebsvorrichtung (A1) zum Erzeugen einer Rotationsbewegung (R1) des Werkstückhalters (10) um die Längsachse (Z);
- einen Umlaufkörper (8);
- einen ersten Werkzeughalter (5; 5a1) zum Halten eines ersten Werkzeuges (2; 2a1), wobei der Werkzeughalter (5; 5a1) in dem Umlaufkörper (8) um eine Drehachse (W) des Werkzeughalters (5; 5a1) drehbar gelagert ist;
- eine Antriebsvorrichtung (A5) zum Erzeugen einer Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1) um seine Drehachse (W);
- eine Antriebsvorrichtung (A8) zum Erzeugen einer Bewegung des Umlaufkörpers (8), durch die der erste Werkzeughalter (5; 5a1) zu einer umlaufenden Bewegung (R8) antreibbar ist;
- eine erste Synchronisationsvorrichtung (S1) zur Synchronisation der Rotationsbewegung (R1) des Werkstückhalters (10) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1);

- eine zweite Synchronisationsvorrichtung (S5), zur Synchronisation der Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1);

dadurch gekennzeichnet, dass der erste Werkzeughalter (5; 5a1) ein erstes Drehlager zur Aufnahme des ersten Werkzeugs (2; 2a1) aufweist, das eine von der Drehachse (W) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1) verschiedene erste Werkzeugachse (Q) definiert, so dass das erste Werkzeug (2; 2a1) um die erste Werkzeugachse (Q) rotierbar, insbesondere frei rotierbar ist.

12. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 11, aufweisend das erste Werkzeug (2; 2a1), in dem ersten Drehlager um die erste Werkzeugachse (Q) rotierbar gelagert, insbesondere wobei das erste Werkzeug (2; 2a1)

- einen Wirkbereich (21) aufweist, der bezüglich der ersten Werkzeugachse (Q) rotationsymmetrisch ausgebildet ist; und/oder
- als eine Walzrolle (2; 2a1) ausgebildet ist.

13. Vorrichtung (100) gemäß Anspruch 11 oder Anspruch 12, wobei die Vorrichtung (100) eine Antriebsvorrichtung (AZ) zum Erzeugen einer Bewegung des Werkstückhalters (10) parallel zu der Längsachse (Z) aufweist.

14. Vorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, aufweisend ein Planetengetriebe (40), das ein Bestandteil der zweiten Synchronisationsvorrichtung (S5) ist und/oder ein Bestandteil der Antriebsvorrichtung (A5) zum Erzeugen einer Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1) um die Drehachse (W) ist.

15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der Umlaufkörper (8) in einem Profilierungskopf (3) gelagert ist, und wobei die Vorrichtung (100) einen Antrieb (A2) für eine Bewegung des Profilierungskopfes (3) auf die Längsachse (Z) zu aufweist.

Claims

1. A method for manufacturing a profile body (1p) which is provided with a profiling (P) by way of cold forming a workpiece (1) which comprises a longitudinal axis (Z) and, in a machining region (11), an outer surface (11a), into which the profiling (P) is to be incorporated, wherein the workpiece (1) carries out a rotation movement (R1) about the longitudinal axis (Z) and is machined by a first tool (2) in a multitude of successively executed reshaping engagements in

which the first tool (2) comes into contact with the machining region (11), wherein the first tool (2) is held by a first tool holder (5; 5a1), and wherein the first tool holder (5; 5a1,...)

- is mounted in an orbiting body (8) to be rotatable about a rotation axis (W) of the first tool holder (5; 5a1,...) and is driven into a rotation movement (R5) about the rotation axis (W), wherein the term azimuthal which is used hereinafter is defined by the rotation axis (W); and
- is driven into an orbiting movement (R8) by the orbiting body (8); and

wherein

- the rotation movement (R1) of the workpiece (1) is synchronised with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1, ...); and
- the rotation movement (R5) of the first tool holder (5; 5a1,...) is synchronised with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1, ...);

characterized in that the first tool (2) is mounted, in particular freely rotatably mounted, in the first tool holder (5; 5a1, ...) to be rotatable about a first tool axis (Q) which is different from the rotation axis (W), in particular wherein the first tool axis (Q) is distanced to the rotation axis (W).

2. Method according to claim 1, wherein

- the rotation movement (R1) of the workpiece (1) is synchronised with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1,...) such that at each of a number of different positions distributed over a circumference of the workpiece (1), several of the reshaping engagements take place; and
- the rotation movement (R5) of the first tool holder (5; 5a1,...) is synchronised with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1,...) such that the first tool (2) runs, for each of the reshaping engagements, through the same azimuthal orientations (ϕ).

3. Method according to claim 1 or claim 2, wherein the orbiting body (8) carries out a rotation (R8') about an orbiting body axis (V), and wherein the orbiting body axis (V) and the rotation axis (W) are aligned parallel to one another.

4. Method according to one of the claims 1 to 3, wherein the first tool (2) comprises an active region (21) which is rotationally symmetric with respect to the tool axis (Q), in particular wherein the first tool (2) is embodied as a roller.

5. Method according to one of the claims 1 to 4, wherein the rotation movement (R5) of the tool holder (5; 5a1,...) is synchronised with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1,...) by way of a planetary gear (40).

6. Method according to claim 5, wherein the planetary gear (40) comprises a ring gear (41) and a planet wheel (45) which runs in the ring gear (41), wherein the planet wheel (45) is part of the first tool holder (5; 5a1,...) and together with this executes the rotation movement (R5).

7. Method according to one of the claims 1 to 6, wherein the workpiece is simultaneously machined by a second tool (2b) in a multitude of successively executed reshaping engagements in which the second tool (2b) comes into contact with the workpiece (1), in particular wherein each of the successively executed reshaping engagements of the second tool (2b) takes place at a position of the workpiece (1) which lies opposite that position of the workpiece (1) with respect to the longitudinal axis (Z) at which simultaneously a reshaping engagement of the first tool (2a) takes place; in particular wherein the first tool (2a) and the second tool (2b) is embodied as a roller.

8. Method according to one of the claims 1 to 7, wherein the workpiece is additionally machined by a further tool (2a2, 2a1') in a multitude of successively executed reshaping engagements, in which the further tool (2a2, 2a1) comes into contact with the workpiece (1), in particular wherein a tool holder (5; 5a2,...) which holds the further tool (2a1') carries out the same orbiting movement (R8) as the already mentioned tool holder (5; 5a1,...), and wherein this further tool holder (5; 5a2) is identical to the already mentioned tool holder (5; 5a1,...) or is different to this; in particular wherein the first tool (2a) and the further tool (2a2, 2a1') are embodied as rollers.

9. Method according to claim 8, wherein the further tool (2a1') is held by the same tool holder (5a1) as the first tool (2; 2a1), in particular wherein the further tool (2a1; 2a1') is mounted in the tool holder (5a1) to be rotatable about a further tool axis which is different from the rotation axis (W) and from the first tool axis (Q), in particular wherein the further tool axis is azimuthally distanced to the first tool axis (Q), and in particular wherein the first (Q) and the further tool axis and the rotation axis (W) are aligned perpendicularly to a common plane.

10. Method according to claim 8, wherein a second tool holder (5a2) is provided, said second tool holder being different from the first tool holder (5a1), and by way of the second tool holder the further tool (2a2) is rotatably held about a further tool axis, wherein the

orbiting movements of the first and of the second tool holder describe the same orbiting path (U), in particular wherein the further tool (2a2) is mounted in the second tool holder (5a2) to be rotatable about a further tool axis which is different from a rotation axis of the second tool holder, and in particular wherein the first (Q) and the further tool axis and the rotation axis (W) are aligned perpendicularly to a common plane.

11. A device (100) for manufacturing a profile body (1p) which is provided with a profiling (P) by way of cold forming a workpiece (1), wherein the device (100) comprises:

- a workpiece holder (10) which is rotatable about its longitudinal axis (Z), for holding the workpiece (1);
- a drive device (A1) for producing a rotation movement (R1) of the workpiece holder (10) about the longitudinal axis (Z);
- an orbiting body (8);
- a first tool holder (5; 5a1) for holding a first tool (2a; 2a1), wherein the tool holder (5; 5a1) is mounted in the orbiting body (8) to be rotatable about a rotation axis (W) of the tool holder (5; 5a1);
- a drive device (A5) for producing a rotation movement (R5) of the first tool holder (5; 5a1) about its rotation axis (W);
- a drive device (A8) for producing a movement of the orbiting body (8), by way of which the first tool holder (5; 5a1) is drivable into an orbiting movement (R8);
- a first synchronisation device (S1) for synchronising the rotation movement (R5) of the workpiece holder (10) with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1);
- a second synchronisation device (S5) for synchronising the rotation movement (R5) of the first tool holder (5; 5a1) with the orbiting movement (R8) of the first tool holder (5; 5a1);

characterized in that the first tool holder (5; 5a1) comprises a first rotation bearing for receiving the first tool (2; 2a1), said first rotation bearing defining a first tool axis (Q) which is different from the rotation axis (W) of the first tool holder (5; 5a1), so that the first tool (2; 2a1) is rotatable, in particular freely rotatable, about the first tool axis (Q).

12. Device (100) according to claim 11, comprising the first tool (2; 2a1), mounted in the first rotation bearing to be rotatable about the first tool axis (Q), in particular wherein the first tool (2; 2a1)

- comprises an active region (2) which is rotationally symmetric with respect to the first tool

axis (Q); and/or

- is embodied as a roller (2; 2a1).

13. Device (100) according to claim 11 or claim 12, wherein the device (100) comprises a drive device (AZ) for producing a movement of the workpiece holder (100) parallel to the longitudinal axis (Z).

14. Device (100) according to one of the claims 11 to 13, comprising a planetary gear (40) which is a constituent of the second synchronisation device (S5) and/or a constituent of the drive device (A5) for producing a rotation movement (R5) of the first tool holder (5; 5a1) about the rotation axis (W).

15. Device according to one of the claims 11 to 14, wherein the orbiting body (8) is mounted in a profiling head (3), and wherein the device (100) comprises a drive (A2) for a movement of the profiling head (3) towards the longitudinal axis (Z).

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un corps profilé (1p) pourvu d'un profilage (P) par formage à froid d'une pièce (1) comportant un axe longitudinal (Z) et, dans une zone de traitement (11), une surface extérieure (11a), dans laquelle le profilage (P) doit être incorporé, cependant la pièce (1) effectue un mouvement de rotation (R1) autour de l'axe longitudinal (Z) et est traitée par un premier outil (2) dans une multitude de interventions de forme successives au cours desquelles le premier outil (2) vient en contact avec la zone de traitement (11), dans laquelle le premier outil (2) est maintenu par un premier porte-outil (5; 5a1), et dans lequel le premier porte-outil (5; 5a1, ...)

- est, dans un corps orbital (8), monté de manière rotative autour d'un axe de rotation (W) du premier porte-outil (5; 5a1,...) et est entraîné à effectuer un mouvement de rotation (R5) autour de l'axe de rotation (W), le terme azimutal utilisé ci-après étant défini par l'axe de rotation (W); et
- est entraîné à effectuer un mouvement orbital (R8) par le corps orbital (8); et

dans lequel

- le mouvement de rotation (R1) de la pièce (1) est synchronisé avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5; 5a1,...); et
- le mouvement de rotation (R5) du premier porte-outil (5a1,...) est synchronisé avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5a1,...);

caractérisé en ce que le premier outil (2) est monté

de manière rotative, en particulier monté de manière librement rotative rotatif, autour d'un premier axe d'outil (Q) qui est différent de l'axe de rotation (W), en particulier dans lequel le premier axe d'outil (Q) est distant de l'axe de rotation (W).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel

- le mouvement de rotation (R1) de la pièce (1) est synchronisé avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5 ; 5a1,...) de telle sorte que plusieurs des interventions de forme ont lieu à différentes positions distribuées sur une circonférence de la pièce (1); et
- le mouvement de rotation (R5) du premier porte-outil (5 ; 5a1, ...) est synchronisé avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5 ; 5a1, ...) de telle sorte que le premier outil (2) passe par les mêmes orientations azimutales (φ) lors de chacune des interventions de forme. (φ).

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le corps orbital (8) effectue une rotation (R8') autour d'un axe de corps orbital (V), et dans lequel l'axe de corps orbital (V) et l'axe de rotation (W) sont alignés parallèlement l'un à l'autre.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le premier outil (2) comprend une zone active (21) qui est rotativement symétrique par rapport à l'axe de l'outil (Q), en particulier dans lequel le premier outil (2) est réalisé sous forme de rouleau.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le mouvement de rotation (R5) du porte-outil (5 ; 5a1,...) est synchronisé avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5 ; 5a1,...) au moyen d'un train épicycloïdal (40).

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le train épicycloïdal (40) comprend une couronne (41) et une roue planétaire (45) qui tourne dans la couronne (41), la roue planétaire (45) faisant partie du premier porte-outil (5 ; 5a1,...) et exécutant avec lui le mouvement de rotation (R5).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la pièce est traitée simultanément par un deuxième outil (2b) dans une multitude de interventions de forme exécutées successivement dans lesquelles le deuxième outil (2b) vient en contact avec la pièce (1), en particulier dans lequel chacun des interventions de forme successifs du deuxième outil (2b) a lieu à une position de la pièce (1) qui est opposée à la position de la pièce (1) par rapport à l'axe longitudinal (Z) à laquelle une intervention de forme du premier outil (2a) a lieu simultanément ; en

particulier, dans lequel le premier outil (2a) et le deuxième outil (2b) sont réalisés sous la forme d'un rouleau.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la pièce est en outre traitée par un autre outil (2a2, 2a1') dans une multitude de interventions de forme exécutées successivement, dans lesquelles l'autre outil (2a2, 2a1) vient en contact avec la pièce (1), en particulier dans lequel un porte-outil (5 ; 5a2,...) qui maintient l'autre outil (2a1') effectue le même mouvement orbital (R8) que le porte-outil déjà mentionné (5 ; 5a1,...), et dans lequel cet autre porte-outil (5 ; 5a2) est identique au porte-outil déjà mentionné (5 ; 5a1,...) ou est différent de celui-ci ; en particulier dans lequel le premier outil (2a) et l'outil supplémentaire (2a2, 2a1') sont réalisés sous forme d'un rouleau.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'autre outil (2a1') est maintenu par le même porte-outil (5a1) que le premier outil (2 ; 2a1), en particulier dans lequel l'autre outil (2a1 ; 2a1') est monté dans le porte-outil (5a1) de manière rotative autour d'un autre axe d'outil qui est différent de l'axe de rotation (W) et du premier axe d'outil (Q), en particulier dans lequel l'autre axe d'outil est distant azimutalement du premier axe d'outil (Q), et en particulier dans lequel le premier (Q) et l'autre axe d'outil et l'axe de rotation (W) sont alignés perpendiculairement à un plan commun.

10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un second porte-outil (5a2) est fourni, ledit second porte-outil étant différent du premier porte-outil (5a1), et au moyen du second porte-outil l'autre outil (2a2) est monté de manière rotative autour d'un autre axe d'outil, dans lequel les mouvements orbital du premier et du second porte-outil décrivent la même trajectoire orbital (U), en particulier, l'autre outil (2a2) est monté dans le second porte-outil (5a2) de manière rotative autour d'un autre axe d'outil qui est différent d'un axe de rotation du second porte-outil, et en particulier, le premier (Q) et l'autre axe d'outil et l'axe de rotation (W) sont alignés perpendiculairement à un plan commun.

11. Dispositif (100) pour la fabrication d'un corps profilé (1p) pourvu d'un profilage (P) par formage à froid d'une pièce (1), dans lequel le dispositif (100) comprend :

- un porte-pièce (10) rotatif autour de son axe longitudinal (Z), pour porter la pièce (1) ;
- un dispositif d'entraînement (A1) pour produire un mouvement de rotation (R1) du porte-pièce (10) autour de l'axe longitudinal (Z) ;
- un corps orbital (8) ;

- un premier porte-outil (5 ; 5a1) pour porter un premier outil (2a ; 2a1), dans lequel le porte-outil (5 ; 5a1) est monté dans le corps orbital (8) de manière rotative autour d'un axe de rotation (W) du premier porte-outil (5 ; 5a1,...); 5
- un dispositif d'entraînement (A5) pour produire un mouvement de rotation (R5) du premier porte-outil (5 ; 5a1) autour de son axe de rotation (W) ;
- un dispositif d'entraînement (A8) pour produire un mouvement du corps orbital (8), au moyen duquel le premier porte-outil (5 ; 5a1) peut être entraîné dans un mouvement orbital (R8) ; 10
- un premier dispositif de synchronisation (S1) pour synchroniser le mouvement de rotation (R5) du porte-pièce (10) avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5 ; 5a1) ; 15
- un deuxième dispositif de synchronisation (S5) pour synchroniser le mouvement de rotation (R5) du premier porte-outil (5 ; 5a1) avec le mouvement orbital (R8) du premier porte-outil (5 ; 5a1) ; 20

caractérisé en ce que le premier porte-outil (5 ; 5a1) comprend un premier palier de rotation pour recevoir le premier outil (2 ; 2a1), ledit premier palier de rotation définissant un premier axe d'outil (Q) qui est différent de l'axe de rotation (W) du premier porte-outil (5 ; 5a1), de telle sorte que le premier outil (2 ; 2a1) est rotatif, en particulier librement rotatif, autour du premier axe d'outil (Q). 25 30

- 12.** Dispositif (100) selon la revendication 11, comprenant le premier outil (2 ; 2a1), monté dans le premier palier de rotation pour être rotatif autour du premier axe d'outil (Q), en particulier dans lequel le premier outil (2 ; 2a1) 35

- comprend une zone active (2) qui est rotativement symétrique par rapport au premier axe d'outil (Q) ; et/ou 40
- se présente sous la forme d'un rouleau (2 ; 2a1).

- 13.** Dispositif (100) selon la revendication 11 ou la revendication 12, dans lequel le dispositif (100) comprend un dispositif d'entraînement (AZ) pour produire un mouvement du porte-pièce (100) parallèlement à l'axe longitudinal (Z). 45 50

- 14.** Dispositif (100) selon l'une des revendications 11 à 13, présentant un train épicycloïdal (40) qui est un composant du deuxième dispositif de synchronisation (S5) et/ou un composant du dispositif d'entraînement (A5) pour produire un mouvement de rotation (R5) du premier porte-outil (5 ; 5a1) autour de son axe de rotation (W). 55

- 15.** Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, dans lequel le corps orbital (8) est monté dans une tête de profilage (3), et cependant le dispositif (100) comporte un entraînement (A2) pour un mouvement de la tête de profilage (3) vers l'axe longitudinal (Z).

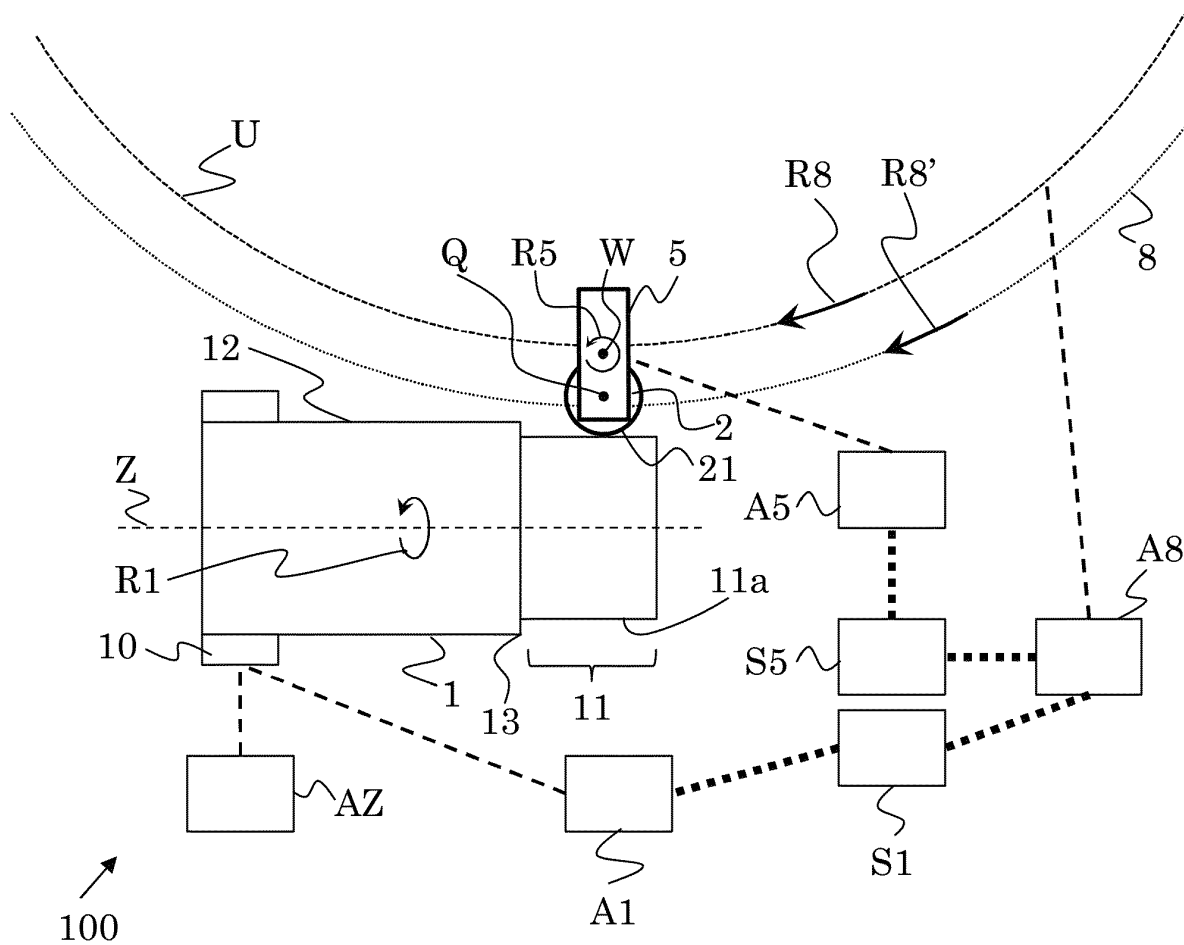


Fig. 1

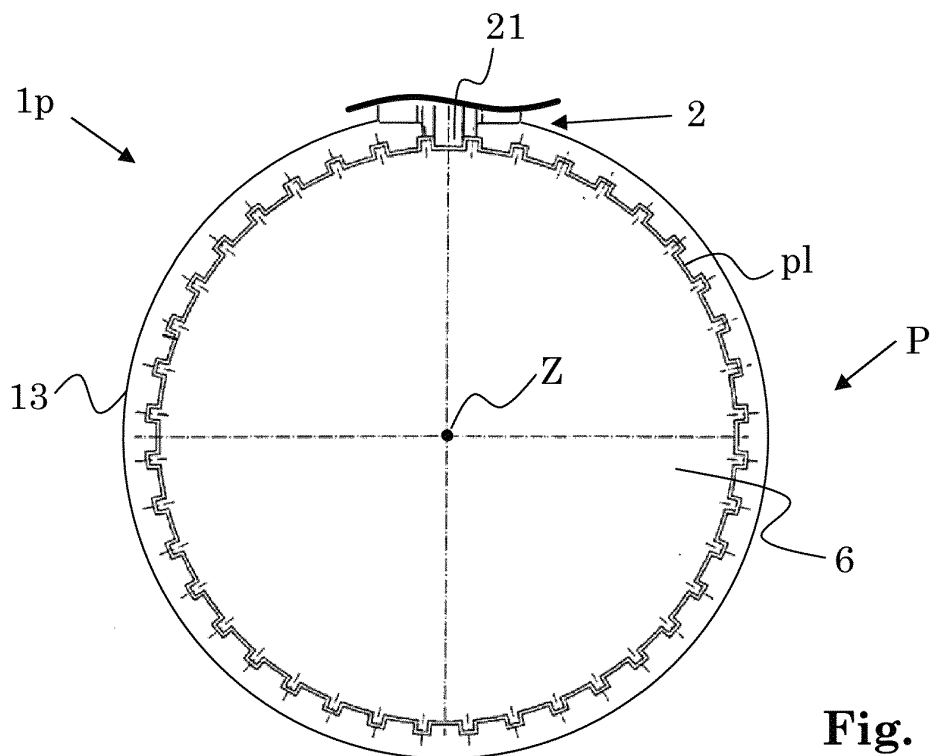


Fig. 8

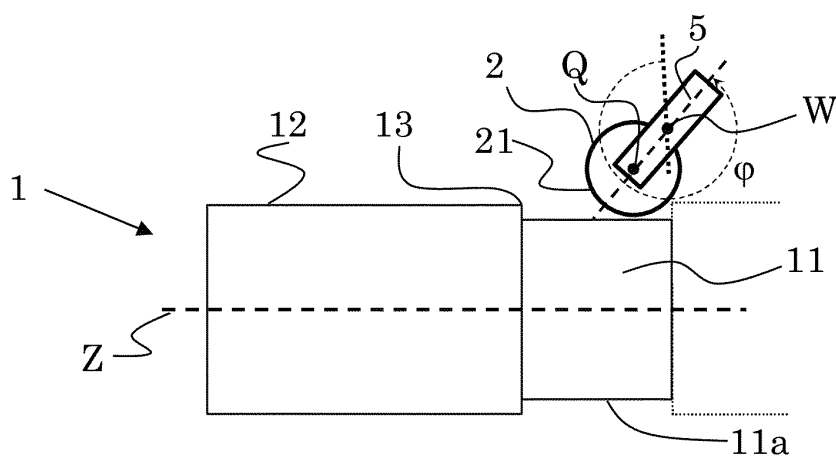


Fig. 2A

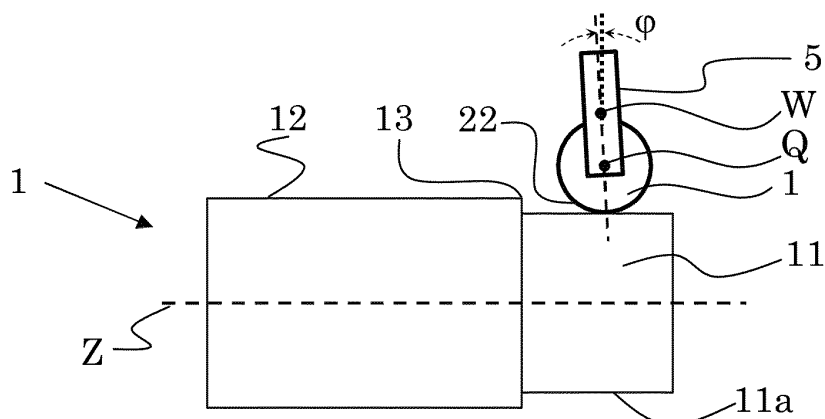


Fig. 2B

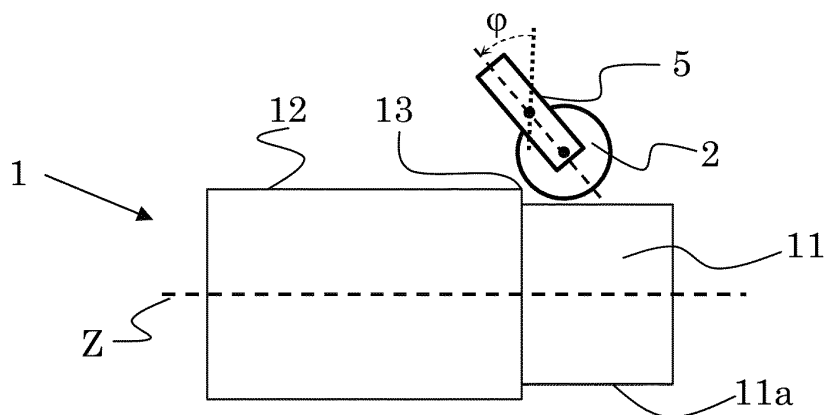


Fig. 2C

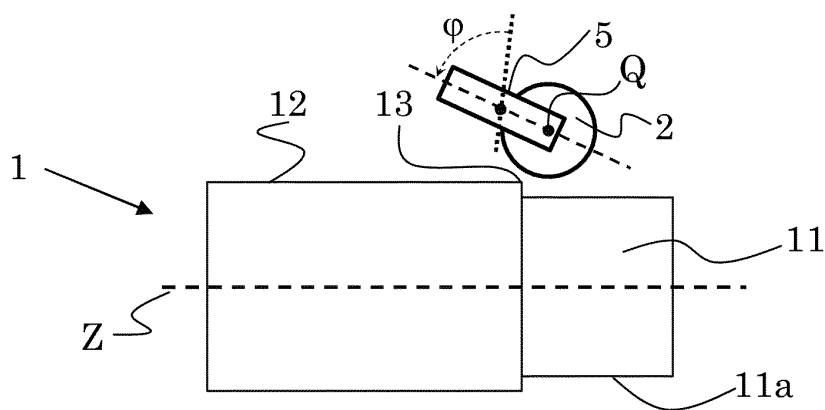
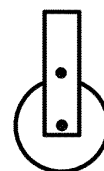


Fig. 2D



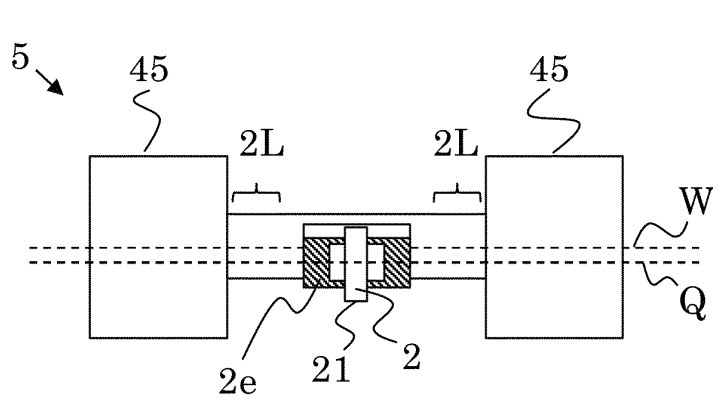


Fig. 3

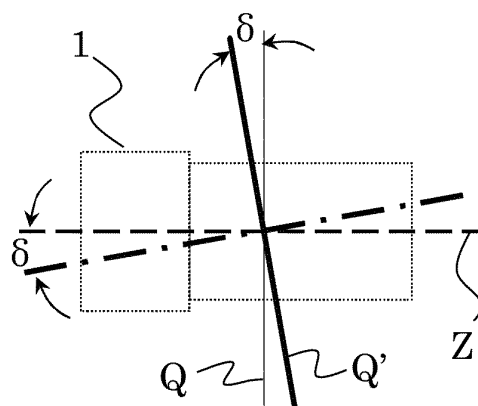


Fig. 17

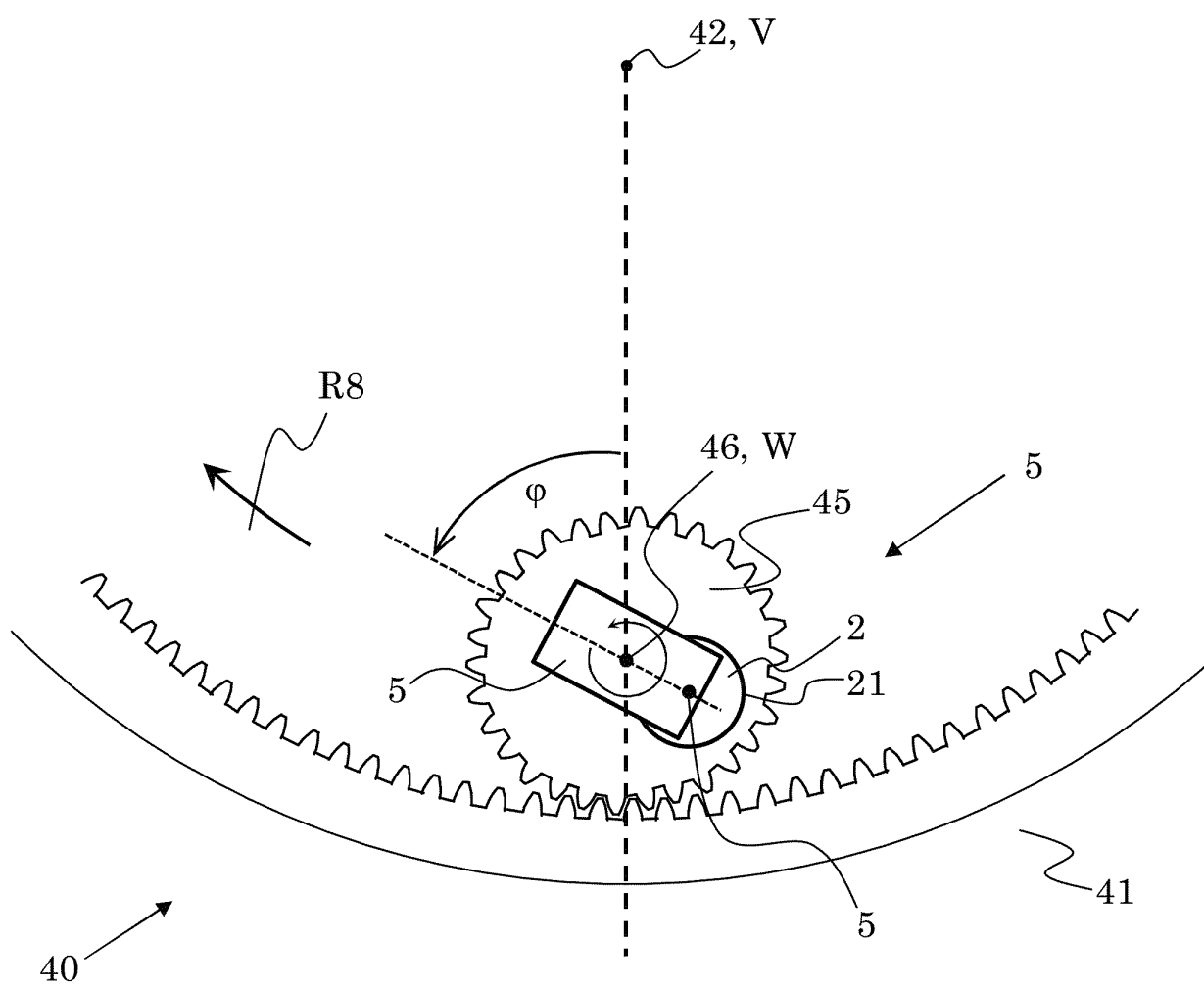


Fig. 4

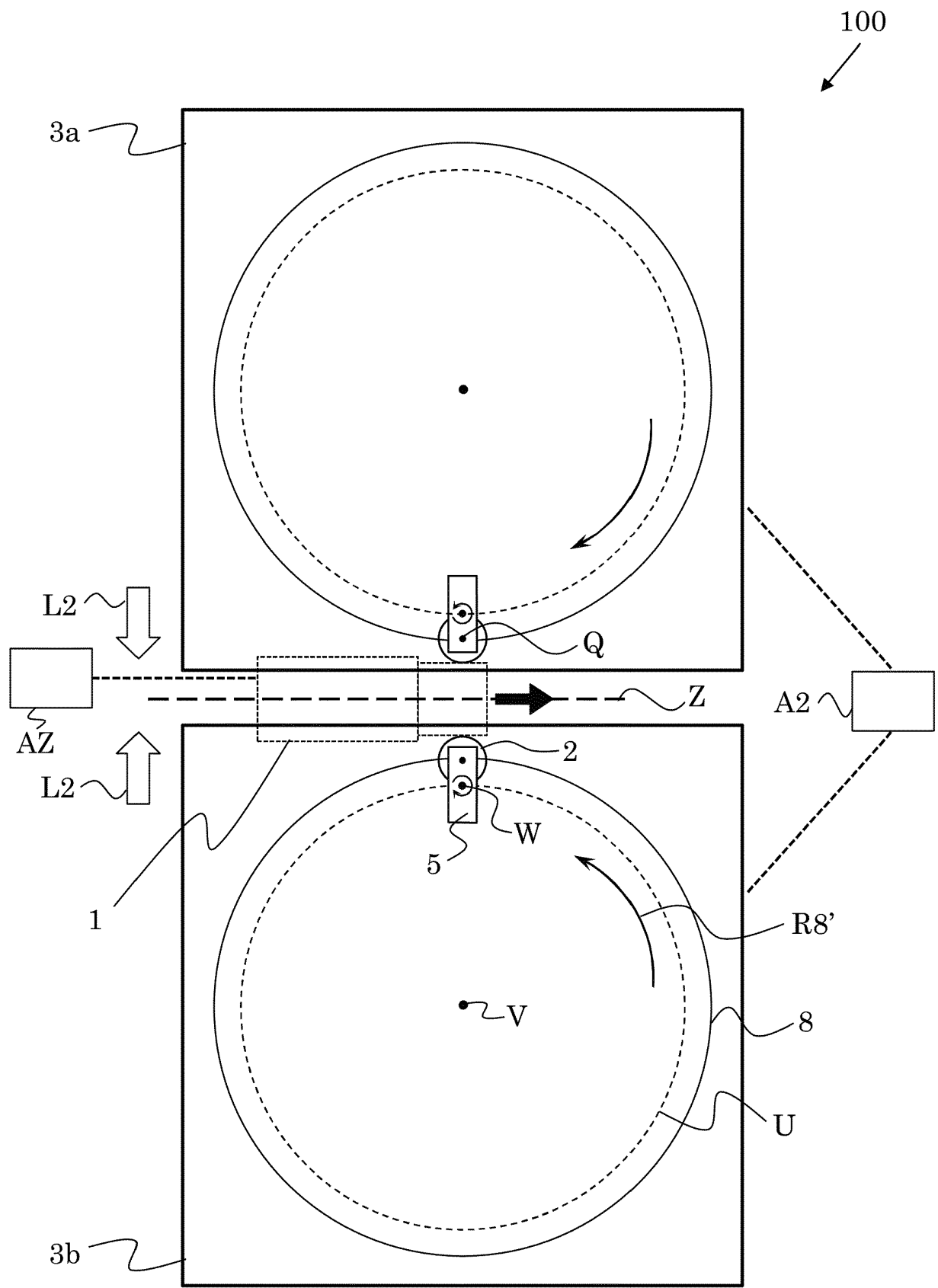


Fig. 5

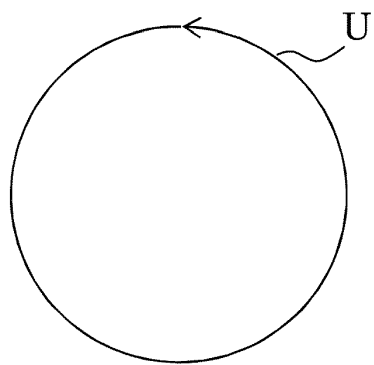


Fig. 6A

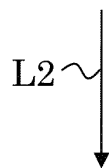


Fig. 6B

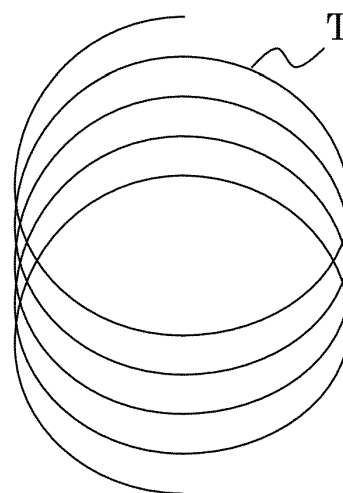


Fig. 6C

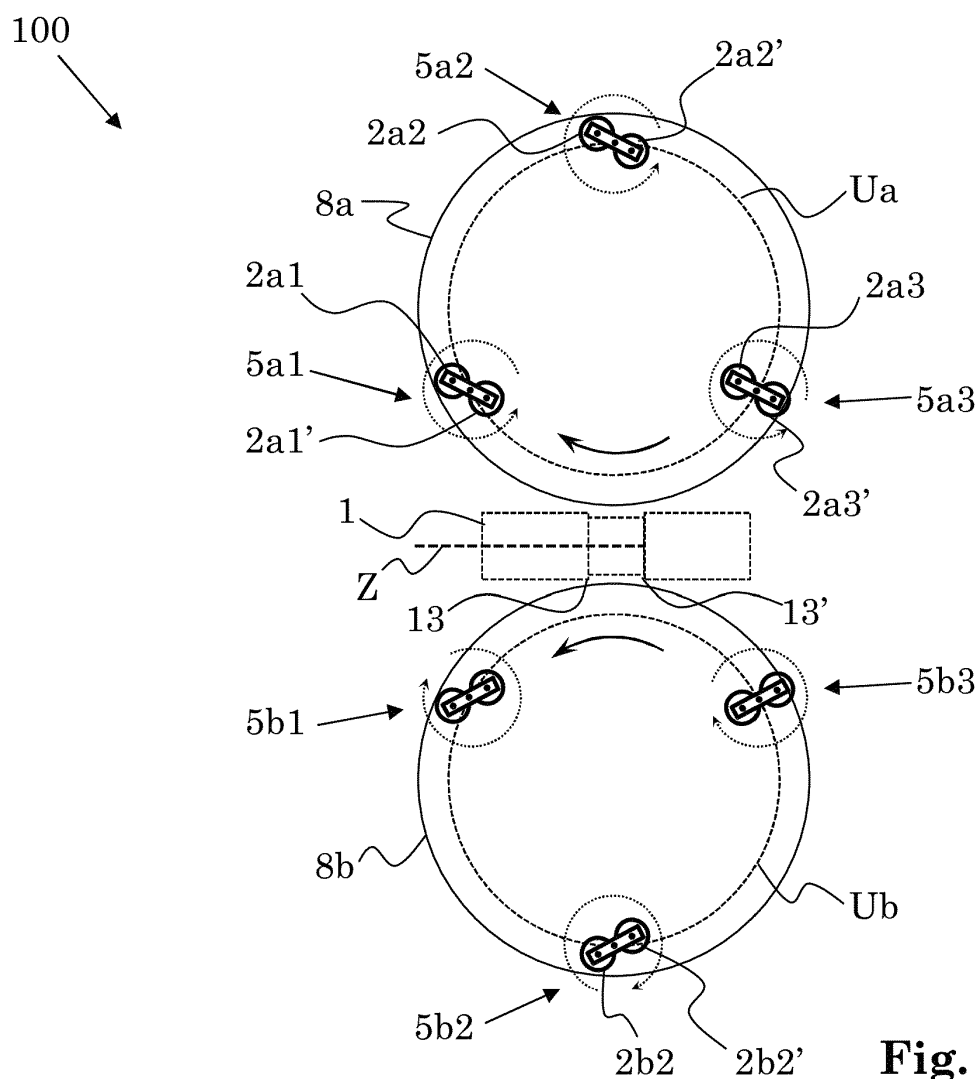


Fig. 7

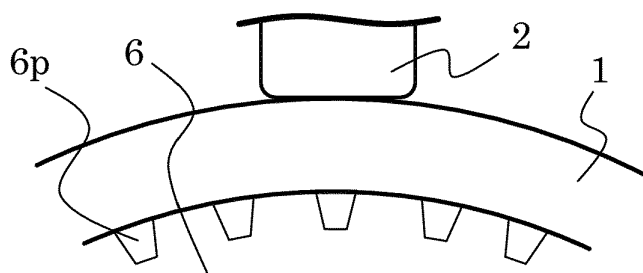


Fig. 9

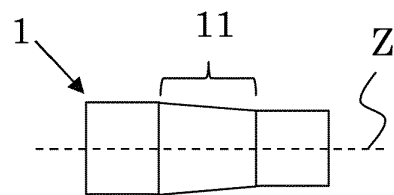


Fig. 10

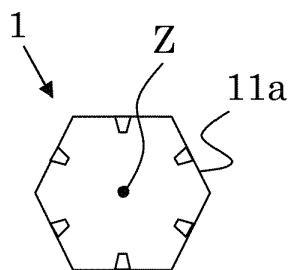


Fig. 11

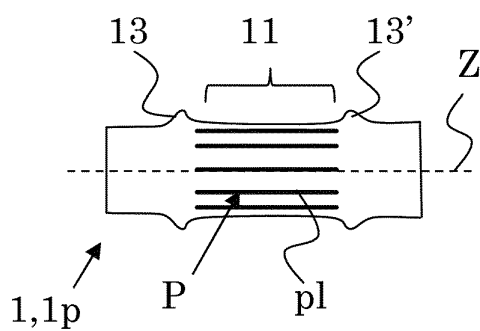


Fig. 12

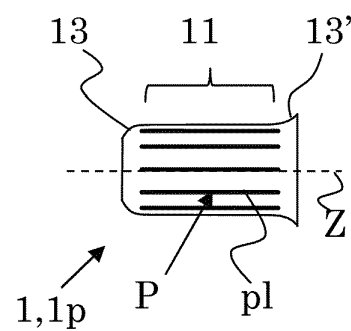


Fig. 13

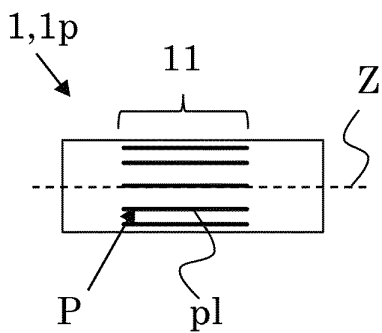


Fig. 14

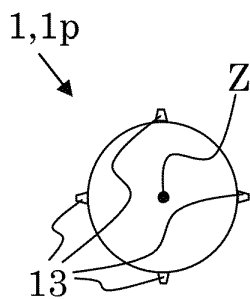


Fig. 15

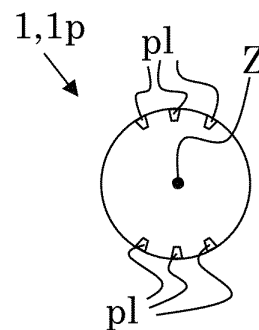


Fig. 16

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 102014002971 A1 [0003]
- WO 2005075125 A1 [0005] [0021] [0022] [0027] [0055] [0056]
- WO 2007009267 A1 [0006] [0007] [0023]
- WO 2020099536 A [0008] [0022] [0057]