

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 714 772 A1**

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **B21D 13/04** (2006.01)  
**B21D 15/02** (2006.01)  
**B21D 17/04** (2006.01)  
**B21D 53/28** (2006.01)  
**B21H 5/02** (2006.01)  
**B21D 37/06** (2006.01)

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01419/18

(71) Anmelder:  
Ernst Grob AG, Rohrgasse 9  
8708 Männedorf (CH)

(22) Anmeldedatum: 15.11.2018

(72) Erfinder:  
Daniel Dériaz, 8706 Meilen (CH)  
Ekrem Kapkin, 8640 Rapperswil (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.09.2019

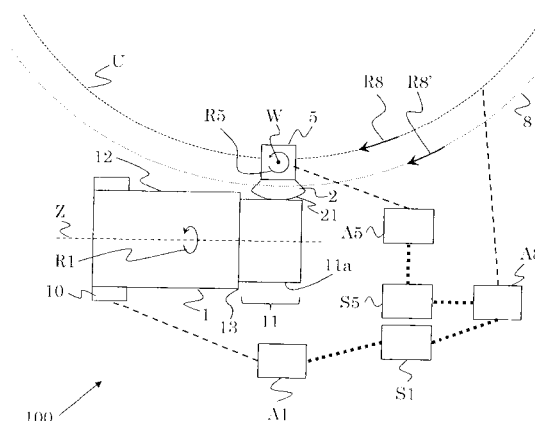
(74) Vertreter:  
Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach  
8032 Zürich (CH)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum kaltumformenden Profilieren von Werkstücken.**

(57) Ein Verfahren ist beschrieben zur Herstellung eines mit einer Profilierung versehenen Profilkörpers durch Kaltumformen eines Werkstücks (1), das eine Längsachse (Z) und in einem Bearbeitungsbereich (11) eine entlang der Längsachse (Z) erstreckte, beispielsweise zylindrische Aussenfläche (11a) aufweist, in welche die Profilierung einzubringen ist. Dabei führt das Werkstück (1) eine Rotationsbewegung (R1) um die Längsachse (Z) durch und wird durch ein Werkzeug (2) in einer Vielzahl umformender Eingriffe bearbeitet, in denen jeweils ein Wirkbereich (21) des Werkzeugs (2) mit dem Bearbeitungsbereich (11) in Kontakt kommt. Das Werkzeug (2) ist durch einen Werkzeughalter (5) gehalten, und der Werkzeughalter (5)

- ist in einem Umlaufkörper (8) um eine Drehachse (W) drehbar gelagert und zu einer Drehbewegung (R5) um seine Drehachse (W) angetrieben; und
- wird durch den Umlaufkörper (8) zu einer umlaufenden Bewegung (R8) angetrieben.

Dabei ist die Rotationsbewegung (R1) des Werkstücks (1) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des Werkzeughalters (5) synchronisiert und die Drehbewegung (R5) des Werkzeughalters (5) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des Werkzeughalters (5) synchronisiert.



## 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 Einschieben 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 DE 10 2014 002 971 A1 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 2005/075 125 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. Andererseits ist ein Fortführen einer Profilierung bis nahe an eine radial nach aussen weit vorstehende Schulter mit dem aus WO 2005/075 125 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 2007/009 267 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 2007/009 267 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]** 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.

**[0009]** 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.

**[0010]** Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilerstellung mit besonders hoher Oberflächengüte zu ermöglichen.

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

**[0012]** Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilierung bis nahe an einen Werkstückvorsprung, zum Beispiel nahe an eine nach aussen abstehende Schulter des zu profilierenden Werkstücks zu ermöglichen.

**[0013]** Eine weitere mögliche Aufgabe der Erfindung ist, eine Profilierung zwischen zwei Profilierungsbegrenzungsstrukturen und bis nahe an diese heran zu ermöglichen.

**[0014]** Mindestens eine dieser Aufgaben kann durch im folgenden beschriebenen Vorrichtungen und/oder Verfahren gelöst werden.

**[0015]** 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** Durch die Drehbewegung um die eigene Achse zusammen mit der Umlaufbewegung kann das Werkzeug auf dem Werkstück eine Werkzeugbewegung durchführen, die eine Abrollbewegung beinhaltet. Das Werkzeug kann also einen Wirkbereich aufweisen, der eine zumindest teilweise abrollende Bewegung in einem Bearbeitungsbereich des Werkstücks durchführt. Die Werkzeugbewegung kann eine abrollende und eine gleitende Bewegungskomponente aufweisen.

**[0018]** Es kann also periodisch (wegen der Umlaufbewegung) ein Eingriff des Werkzeuges in das Werkstück jeweils während einer Zeitdauer stattfinden, und innerhalb dieser Zeitdauer, in der das Werkzeug (genauer: der Wirkbereich des Werkzeugs) mit dem Werkstück in Kontakt ist, rotiert das Werkzeug um die Drehachse des Werkzeughalters, so dass (während der genannten Zeitdauer) eine Bewegung des Werkzeugs (Werkzeugbewegung) auf dem Werkstück stattfindet. So kommen während eines umformenden Eingriffs nacheinander verschiedene Stellen des Wirkbereichs mit verschiedenen Stellen des Bearbeitungsbereichs in Kontakt. Dies beispielsweise im Gegensatz zu einer hämmernden Bearbeitung, wie sie zum Beispiel aus den genannten WO 2005/075 125 A1 und WO 2007/009 267 A1 bekannt sind, wo quasi nur ein momentaner Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück stattfindet, und wo bei den Eingriffen des Werkzeugs in das Werkstück jeweils gleichzeitig der gesamte Wirkbereich des Werkzeugs mit dem Werkstück in Kontakt kommt.

**[0019]** Dadurch kann eine hohe Oberflächenqualität erreichbar sein, da das Werkstück während eines einzigen Eingriffs entlang eines grossen Teils der zu erzeugenden axialen Profilerstreckung bearbeitbar ist. Insbesondere kann während eines einzigen Eingriffs eine Bearbeitung des Werkstücks im Wesentlichen entlang der ganzen Erstreckung der zu erzeugenden axialen Profilierung stattfinden. Entsprechend kann eine Nachbearbeitung, wie sie im Falle des Verfahrens gemäss WO 2007/009 267 A1 bei besonders hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität nötig sein kann, vermeidbar sein, weil sich die Bearbeitung nicht zusammensetzt aus einer Vielzahl von axial zueinander verschobenen Einzelbearbeitungsschritten entlang der axialen Profilerstreckung, die einander nur zu einem geringen Teil überlappen. Auch ist dadurch, aufgrund der wesentlich geringeren Anzahl an auszuführenden Werkzeugeingriffen, eine höhere Produktivität erreichbar.

**[0020]** Und durch die Drehbewegung um die eigene Achse zusammen mit der genannten Synchronisation kann bewirkt werden, dass das Werkzeug jeweils in einer gewünschten bzw. vorbestimmten azimuthalen Ausrichtung mit dem Werkstück in Eingriff gebracht wird, zum Beispiel immer in der gleichen azimuthalen Ausrichtung bzw. genauer: immer in demselben azimuthalen Bereich. Aufgrund der genannten Drehbewegung findet während jedes Eingriffs eine Veränderung der azimuthalen Ausrichtung des Werkzeugs statt (vermittelt durch den Werkzeughalter); über die Zeitdauer des Eingriffs verändert sich die azimuthale Ausrichtung, beispielsweise in gleicher Weise bei jedem Eingriff des Werkzeugs.

**[0021]** Beispielsweise kann die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert sein, dass das Werkzeug bei jedem der umformenden Eingriffe dieselben azimuthalen Orientierungen durchläuft.

**[0022]** Die Begriffe Azimuth und azimuthal beziehen sich im vorliegenden Text, sofern nichts anderes angegeben ist, auf die Drehachse des Werkzeughalters.

**[0023]** Die Synchronisation ermöglicht einen sinnvollen Einsatz eines Werkzeuges, das eine nicht-rotationssymmetrische Form hat (bezüglich der genannten Drehachse, wenn das Werkzeug im Werkzeughalter gehalten ist). Insbesondere kann ein Werkzeug eingesetzt werden, das einen Wirkbereich aufweist, der sich nur über einen azimuthalen Sektor erstreckt. Das Werkzeug kann somit ein sektorielles Werkzeug sein. Dies beispielsweise im Gegensatz zu den aus der genannten WO 2005/075 125 A1 bekannten rotationssymmetrischen Werkzeugen.

**[0024]** Zum Beispiel kann das Werkzeug anschliessend an den Wirkbereich zuende sein oder gegenüber dem Wirkbereich in radiale Richtung (bezüglich der genannten Drehachse) zurückversetzt sein. Dadurch kann es einen freien Bereich geben, der sich über einen an den Wirkbereich anschliessenden azimuthalen Bereich erstreckt.

**[0025]** Ein solches sektorielles Werkzeug kann geeignet sein, Profilierungen bis nah an einen Werkstückvorsprung heran zu erzeugen. Dies im Gegensatz zu aus der genannten WO 2005/075 125 A1 bekannten rotationssymmetrischen Werkzeugen, bei denen sich der Wirkbereich über den kompletten Umfang erstreckt, und die im übrigen auch keine definierte, geschweige denn synchronisierte Drehbewegung ausführen. Das hierin vorgestellte Werkzeug kann einen Wirkbereich aufweisen, der (bezüglich der Drehachse) eine nicht-rotationssymmetrische Form hat.

**[0026]** Durch die Eigenrotation des Werkzeughalters um seine Drehachse kann dem Werkstück nach erfolgtem Eingriff ein an den Wirkbereich anschliessender freier Bereich zugewandt werden, in welchem ein Werkstückvorsprung, zum Beispiel eine Werkstückschulter Platz finden kann, so dass ein Umformen des Werkstückvorsprungs durch das sektorielle Werkzeug vermieden werden kann.

**[0027]** Das Werkzeug kann also bei jedem Eingriff das Werkstück wie beschrieben in einer zumindest teilweise abrollenden Weise umformen, bis ein (azimuthales) Ende des Wirkbereichs erreicht ist, und sich dann weiter um die Drehachse drehen, um den Werkstückvorsprung in dem genannten freien Bereich Platz finden zu lassen (ohne dass der Werkstückvorsprung mit dem Werkzeug in Kontakt kommt).

**[0028]** 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.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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 coaxial mit der Drehachse sein.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** Diese umlaufende Bewegung kann, wenn das erwähnte Planetengetriebe vorgesehen ist, die Drehbewegung des Werkstückhalters erzeugen, vermittelt durch das Planetengetriebe. Die Umlaufkörperachse kann dafür coaxial 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.

**[0035]** 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.

**[0036]** Weiter kann eine radiale Zustellung des Werkzeuges bzw. 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 Werkzeuges in das Werkstück ermöglicht wird. Das Werkzeug kann soweit radial zugestellt werden, bis eine gewünschte Profiltiefe erreicht ist.

**[0037]** 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.

**[0038]** 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.

**[0039]** Dadurch kann die beschriebene komplexe Bewegung des Werkzeuges noch eine weitere Komponente aufweisen, nämlich die beschriebene radial zu der Längsachse verlaufende Bewegung (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.

**[0040]** 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.

**[0041]** Die genannte Rotationsbewegung kann eine variierende, insbesondere eine zumindest abschnittsweise periodisch variierende Rotationsgeschwindigkeit aufweisen. Die genannte Rotationsbewegung kann zum Beispiel eine intermittierende Rotation sein.

**[0042]** 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.

**[0043]** 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).

**[0044]** 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.

**[0045]** Beispielsweise kann eine entsprechend im weiteren auch als erste Synchronisationsvorrichtung bezeichnete Synchronisationsvorrichtung eine elektronische Synchronisationsvorrichtung sein.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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 erstreckt 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.

**[0048]** 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 ein Wirkbereich des Werkzeugs mit dem Bearbeitungsbereich in Kontakt kommt. Die entsprechende Werkzeugbewegung ist auch weiter oben schon beschrieben.

**[0049]** 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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 azimuthalen Orientierungen durchläuft.

**[0053]** Wenn die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so synchronisiert ist, dass azimuthale 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.

**[0054]** Das Verfahren kann auch als ein Verfahren zum Profilieren eines Werkstücks angesehen werden und/oder als ein Verfahren zum Erzeugen einer Profilierung in einem Werkstück.

**[0055]** Das Werkstück kann ein Hohlteil sein, insbesondere ein rotationssymmetrisches, beispielsweise zylindrisches Hohlteil.

**[0056]** Das Werkstück kann ein Vollteil sein, insbesondere ein rotationssymmetrisches, beispielsweise zylindrisches Vollteil.

**[0057]** Das Werkstück kann ein metallenes Werkstück sein.

**[0058]** 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.

**[0059]** 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 (azimuthalen) 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.

**[0060]** Eine Profilierungsbegrenzungsstruktur kann ein Ende oder eine Begrenzung der Profilierung bilden.

**[0061]** 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.

**[0062]** 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.

**[0063]** 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.

**[0064]** Die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters kann eine kontinuierliche Bewegung sein und kann insbesondere mit einer konstanten Geschwindigkeit erfolgen.

**[0065]** Die Drehbewegung des Werkzeughalters kann eine kontinuierliche Bewegung sein und kann insbesondere mit konstanter Rotationsgeschwindigkeit erfolgen.

**[0066]** Insbesondere können diese beiden Geschwindigkeiten ein zeitlich konstantes Verhältnis zueinander aufweisen.

**[0067]** Die umlaufende Bewegung kann eine kreisförmige Bewegung sein.

**[0068]** Eine Trajektorie (Bewegungspfad), die die Bewegung des Werkzeughalters beschreibt, kann sich aus einer Überlagerung der umlaufenden Bewegung mit einer zu der Längsachse senkrechten (radialen) Bewegung ergeben.

**[0069]** 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.

**[0070]** Die Umlaufkörperachse und die Drehachse können zueinander parallel ausgerichtet sein.

**[0071]** Die umlaufende Bewegung des Werkzeughalters kann in einer Ebene stattfinden, zu der die Längsachse parallel ausgerichtet ist.

**[0072]** 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.

**[0073]** 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 des am Werkzeughalter gehaltenen Werkzeuges fixiert sein.

**[0074]** Das Hohlrad kann in einem Profilierungskopf fixiert sein, in dem der Umlaufkörper gelagert ist, insbesondere drehbar gelagert ist.

**[0075]** 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 Umlaufkörpers gelagert sein: und

– ein Hohlrad fixiert sein, sofern vorhanden.

**[0076]** Weiter kann der Profilierungskopf mit einem Antrieb, beispielsweise einem Linearantrieb, für die radiale Zustellung wirkverbunden sein.

**[0077]** 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 Längsachse einander gegenüberliegend angeordnet sein, zum Beispiel spiegelbildlich bezogen auf eine die Längsachse enthaltende Ebene.

**[0078]** 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.

**[0079]** 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.

**[0080]** 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.

**[0081]** 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.

**[0082]** Auch aus anderen Gründen und an anderen Stellen, beispielsweise innerhalb desselben Profilierungskopfes, können mehrere Werkzeuge vorgesehen sein.

**[0083]** Einerseits kann ein einziger Werkzeughalter zwei oder mehr Werkzeuge halten, zum Beispiel so, dass deren Wirkbereiche azimuthal bezüglich der Drehachse des Werkzeughalter gleichmässig verteilt sind.

**[0084]** Beispielsweise können diese Werkzeuge alternierend während aufeinanderfolgender Umläufe in das Werkstück umformend eingreifen.

**[0085]** Dadurch kann sich eine erhöhte Standzeit der einzelnen Werkzeuge ergeben.

**[0086]** 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.

**[0087]** Es kann zum Beispiel pro Rotationsumlauf des Umlaufkörpers pro Werkzeughalter ein Eingriff in das Werkstück stattfinden.

**[0088]** 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.

**[0089]** 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·N·n Werkzeugen stattfinden.

**[0090]** Die Werkzeuge oder zumindest deren Wirkbereiche können beispielsweise gemäss denselben Spezifikationen gefertigt sein.

**[0091]** Das Werkzeug kann ein Abrollstempel sein.

**[0092]** Das Werkzeug kann (azimuthal) anschliessend an den Wirkbereich einen Rücksprung, zum Beispiel eine nach innen gerichtete Schulter aufweisen. Dort kann ein freier Bereich beginnen, der beispielsweise nach erfolgtem Eingriff Platz für einen Werkstückvorsprung lässt, so dass dieser nicht durch das Werkzeug umgeformt wird.

**[0093]** In dem freien Bereich kann das vom Werkzeughalter gehaltene Werkzeug radial zurückversetzt sein gegenüber dem Wirkbereich.

**[0094]** In einem Schnitt senkrecht zur Längsachse durch den Wirkbereich während eines Eingriffs kann das Werkzeug eine Form aufweisen, die dem Negativen der Form einer Profillücke der erzeugenden Profilierung entspricht. 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.

**[0095]** Der Wirkbereich kann dadurch definiert sein, dass es der Bereich des Werkzeugs ist, in dem das Werkzeug mit dem Werkstück in (direkten) Kontakt kommt.

**[0096]** Wenn das Werkzeug durch den Werkzeughalter gehalten ist, können das Werkzeug und der Werkzeughalter eine konstante relative Position zueinander haben. Das Werkzeug kann sich mit dem zugehörigen Werkzeughalter mitdrehen. Und wenn ein Planetenrad vorgesehen ist, das Teil des Werkzeughalter ist, dann kann auch die relative Position von Werkzeug zu Planetenrad konstant sein.

**[0097]** Das Werkzeug kann Teil eines Werkzeugeinsatzes sein, der an dem Werkzeughalter fixiert werden kann.

**[0098]** 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 Zeitauern des Stillstandes und Zeitauern 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.

**[0099]** Weiter kann die Vorrichtung aufweisen:

- eine erste Synchronisationsvorrichtung zur Synchronisation der Rotationsbewegung des Werkstückhalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters; und
- eine zweite Synchronisationsvorrichtung, zur Synchronisation der Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters.

**[0100]** 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.

**[0101]** Die Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Bewegung des Umlaufkörpers kann beispielsweise eine Antriebsspindel aufweisen. Diese kann auch Teil der Antriebsvorrichtung zum Erzeugen einer Drehbewegung des Werkzeughalters um seine Drehachse sein, z.B. vermittelt durch das Planetengetriebe.

**[0102]** 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.

**[0103]** Die erste Synchronisationsvorrichtung und die zweite Synchronisationsvorrichtung können ein und dieselbe Synchronisationsvorrichtung sein oder ganz oder teilweise voneinander verschieden sein.

**[0104]** 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.

**[0105]** Die zweite Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, sicherzustellen, dass eine Umlauffrequenz der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters mit einer Drehzahl der Drehbewegung des Werkzeughalters in einem festen (zeitlich unverändertem) Verhältnis steht.

**[0106]** 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.

**[0107]** 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.

**[0108]** Die Vorrichtung kann so eingerichtet sein, dass in jedem der umformenden Eingriffe jeweils ein Wirkbereich eines Werkzeugs (zum Beispiel ein und desselben Werkzeuges oder aber auch mehrerer Werkzeuge) mit dem Bearbeitungsbereich in Kontakt kommt. Das Werkzeug (genauer: der Wirkbereich) kann sich dabei auf der Aussenfläche (in dem Bearbeitungsbereich) abrollen. Bei jedem der umformenden Eingriffe können während einer Dauer des Eingriffs nacheinander verschiedene Stellen des Wirkbereichs mit verschiedenen Stellen des Bearbeitungsbereichs in Kontakt kommen.

**[0109]** Und die zweite Synchronisationsvorrichtung kann eingerichtet sein, die Drehbewegung des Werkzeughalters mit der umlaufenden Bewegung des Werkzeughalters so zu synchronisieren, dass das Werkzeug in jedem der umformenden Eingriffe des Werkzeuges dieselben azimuthalen Orientierungen durchläuft.

**[0110]** 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 jedes der Werkzeuge in jedem der umformenden Eingriffe des entsprechenden Werkzeuges dieselben azimuthalen Orientierungen durchläuft.

**[0111]** 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.

**[0112]** 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.

**[0113]** Weitere Ausführungsformen und Vorteile gehen aus den abhängigen Patentansprüchen und den Figuren hervor.

**[0114]** Im Folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen und den beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur kaltumformenden Profilierung eines Werkstücks;
- Fig. 2A–2D aufeinanderfolgende Phasen des Verfahrens;
- Fig. 3 einen Werkzeughalter mit Werkzeug, in einem Schnitt durch seine Drehachse;
- Fig. 4 ein Detail eines Planetengetriebes mit einem Planetenrad gemäss Fig. 3;
- Fig. 5 ein Detail einer Vorrichtung mit zwei Profilierungsköpfen, mit symbolisierter radialer Zustellung;
- Fig. 6A eine Umlaufbahn eines Werkzeughalters;
- 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.

**[0115]** 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.

**[0116]** 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.

**[0117]** Das Werkstück 1 weist im dargestellten Beispiel einen bezüglich der Längsachse Z rotationssymmetrischen Bearbeitungsbereich 11 mit einer Aussenfläche 1 la 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.

**[0118]** 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 eine Rotation R8' ausführt. In dem Umlaufkörper 8 ist ein Werkzeughalter 5 gelagert, der aufgrund der Bewegung R81 des Umlaufkörpers 8 eine umlaufende Bewegung R8 entlang einer Umlaufbahn U durchführt.

**[0119]** Der Werkzeughalter 5 weist eine Drehachse W auf, um welche der 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.

**[0120]** 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, wobei diese Bewegung eine zumindest teilweise abrollende Bewegung sein kann und sich zum Beispiel aus eine abrollenden Bewegung (des Wirkbereichs auf dem Bearbeitungsbereich) und einer gleitenden Bewegung (des Werkzeugs auf dem Werkstück) zusammensetzen kann.

**[0121]** Mittels des Werkzeugs 2 werden Profillücken im Werkstück 1 erzeugt, wobei das Werkzeug 2 pro Profillücke eine Vielzahl von Eingriffen ausführt.

**[0122]** 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.

**[0123]** 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.

**[0124]** 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.

**[0125]** Und es ist noch eine Antriebsvorrichtung A5 zum Erzeugen der Drehbewegung R5 des Werkzeughalters 5 um seine Drehachse W vorgesehen, wie oben schon angegeben.

**[0126]** 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 parallel zu dieser Ebene ausgerichtet.

**[0127]** 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.

**[0128]** 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  $T_8/T_1 = z$  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.

**[0129]** Diese Synchronisation kann zum Beispiel mittels einer elektronischen Synchronisationsvorrichtung S1 realisiert werden. Andere Synchronisationsvorrichtungen, beispielsweise mechanische, sind aber grundsätzlich auch denkbar.

**[0130]** 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.

**[0131]** 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.

**[0132]** Durch die mittels der zweiten Synchronisationsvorrichtung S5 bewerkstelligten Synchronisation kann bewirkt werden, dass das Werkzeug 2 während jedes seiner Eingriffe in das Werkstück 1 dieselben azimuthalen Ausrichtungen (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 Fig. 2A bis 2D erklärt.

**[0133]** Fig. 2A–2D illustrieren aufeinanderfolgende Phasen des Verfahrens. Die meisten Bezugszeichen sind bereits oben erklärt; 23 bezeichnet einen Werkzeugrücksprung bzw. eine Werkzeugschulter, 22 bezeichnet einen freien Bereich des Werkzeugs 2, und  $\varphi$  bezeichnet eine azimuthale Orientierung des Werkzeugs, bezogen auf die Drehachse W, oder, genauer, den entsprechenden Azimuthalwinkel (gegen den Uhrzeigersinn gemessen). Als Bezugsachsen für die azimuthale Orientierung können beispielsweise, wie in Fig. 2A–2D (und auch in Fig. 4, siehe unten) dargestellt, gewählt werden:

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

**[0134]** Fig. 2A illustriert die Situation ungefähr zu Beginn eines Eingriffs, wo das Werkzeug 2 gerade mit dem Werkstück 1 in Kontakt kommt. Der Azimuthalwinkel  $\varphi$  beträgt in dem illustrierten Beispiel ungefähr  $317^\circ$ , entsprechend  $-43^\circ$ .

**[0135]** Fig. 2B illustriert die Situation etwa in der Mitte des Eingriffs. Der Azimuthalwinkel  $\varphi$  beträgt in dem illustrierten Beispiel wenige Grad.

**[0136]** Fig. 2C illustriert die Situation ungefähr am Ende eines Eingriffs, wo das Werkzeug 2 gerade noch mit dem Werkstück 1 in Kontakt ist. Der Azimuthalwinkel  $\varphi$  beträgt in dem illustrierten Beispiel ungefähr  $40^\circ$ .

**[0137]** Fig. 2D illustriert die Situation kurz nach Ende eines Eingriffs, wo das Werkzeug 2 gerade nicht mehr mit dem Werkstück 1 in Kontakt ist. Der Azimuthalwinkel  $\varphi$  beträgt in dem illustrierten Beispiel gut  $70^\circ$ .

**[0138]** Mittels der zweiten Synchronisationsvorrichtung S5 kann beispielsweise bewirkt werden, dass bei jedem Umlauf das Werkzeug 2 während des Eingriffs in das Werkstück 1 den azimuthalen Winkelbereich, hier zum Beispiel von  $-43^\circ$  bis gut  $70^\circ$ , durchläuft.

**[0139]** Dadurch 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.

**[0140]** Zu diesem Zwecke ist das Werkzeug 2 ein sektorielles Werkzeug. An den Wirkbereich anschliessend weist es den freien Bereich 22 auf, in dem es radial (bezüglich der Drehachse W) zurückversetzt ist.

**[0141]** 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.

**[0142]** Fig. 3 zeigt einen Werkzeughalter 5 mit Werkzeug 2, in einem Schnitt durch seine Drehachse W. Er weist (optional) zwei Planetenräder 45 auf, deren Achsen koaxial 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. Das Werkzeug 2 bildet einen Teil eines Werkzeug-Einsatzes 2e, der mit dem Werkzeughalter 5 fix verbunden ist, beispielsweise mit diesem verschraubt ist.

**[0143]** Das Werkzeug 2 kann relativ zu den Planetenrädern 45 verdrehfest am Werkzeughalter 5 befestigt sein.

**[0144]** 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.

**[0145]** 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.

**[0146]** Die Achse 46 des Planetenrades 45 ist koaxial mit der Drehachse W. Und die Umlaufkörperachse V (entsprechend der Achse der umlaufenden Bewegung des Werkzeugträgers) ist koaxial mit der Achse 42 des Hohlrades 41.

**[0147]** Durch eine geeignete Dimensionierung des Planetengetriebes 40 kann zum Beispiel sichergestellt werden, dass das Werkzeug 2 an einer bestimmten Position entlang der Umlaufbahn U (siehe Fig. 1) des Werkzeugträgers 5, beispielsweise dort, wo der Eingriff ins Werkstück 1 beendet sein soll, bei jedem Umlauf dieselbe azimuthale Ausrichtung hat.

**[0148]** 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.

**[0149]** 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.

**[0150]** Fig. 5 illustriert ein Detail einer Vorrichtung 100 mit zwei Profilierungsköpfen 3a, 3b, wobei ausserdem noch eine radiale Zustellung symbolisiert ist. In den Profilierungsköpfen 3a, 3b können die Umlaufkörper (inklusive je mindestens ein Werkzeugträger) und, sofern vorgesehen, die Planetengetriebe gelagert sein.

**[0151]** Die Profilierungsköpfe 3a, 3b bzw. die in ihnen gelagerten Teile können im Wesentlichen gleichartig, aber bezüglich der Bewegungen spiegelbildlich ausgebildet sein.

**[0152]** Das in Fig. 5 symbolisiert dargestellte Werkstück 1 (gestrichelt) kann dadurch spiegelbildlich durch jeweils zwei bezüglich der Längsachse Z einander gegenüberliegende Werkzeuge bearbeitet werden.

**[0153]** 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.

**[0154]** 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.

**[0155]** 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.

**[0156]** Es kann dafür ein Antrieb A2 für die radiale Zustellung vorgesehen sein.

**[0157]** 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 Fig. 6A–6C schematisch illustriert ist.

**[0158]** Fig. 6A symbolisiert dabei eine Umlaufbahn U eines Werkzeughalters.

**[0159]** Fig. 6B symbolisiert eine radiale Zustellungsbewegung L2.

**[0160]** 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.

**[0161]** 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.

**[0162]** Indem (gegebenfalls 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.

**[0163]** 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) eingerichtet sein, dass bei n Werkzeugen pro Werkzeughalter jedes der Werkzeuge nach einem Umlauf des Umlaufkörpers 8 an einer bestimmten Position entlang der Umlaufbahn U (siehe Fig. 1) des Werkzeugträgers 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  $360^\circ$  und von einem Vielfachen von  $360^\circ$ .

**[0164]** 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 an die Profilierungsbegrenzungsstrukturen heranreichen können.

**[0165]** 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 Hintereinander ausführen 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.

**[0166]** 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.

**[0167]** Bei Vollteilen oder auf unprofilierten Dornen sitzenden Hohlteilen kann eine Aussenprofilierung erzeugt werden, ohne dass gleichzeitig eine Innenprofilierung miterzeugt wird.

**[0168]** Weiter ist es möglich, in einem Hohlteil eine Innenverzahnung zu erzeugen, ohne dass in dem Hohlteil eine Aussenprofilierung erzeugt wird. Fig. 9 illustriert dies.

**[0169]** Fig. 9 zeigt in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse ein Detail eines Werkstücks 1, das auf einem aussenprofilierten 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.

**[0170]** 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.

**[0171]** Fig. 11 zeigt in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse Z anhand eines Beispiels, dass eine Aussenfläche 1 la 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 1 la sechs Teilflächen aufweist; es kann aber vorgesehen sein, dass die Aussenfläche 1 la sehr viel mehr Teilflächen aufweist. In dem zugehörigen Bearbeitungsbereich kann das Werkstück 1 zum Beispiel prismatisch ausgebildet sein.

**[0172]** 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.

**[0173]** 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.

**[0174]** 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.

**[0175]** 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.

**[0176]** 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.

**[0177]** 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.

## 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 ein Wirkbereich (21) des ersten Werkzeugs (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.
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 ( $\phi$ ) 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 der erste Werkzeughalter (5; 5a1, ...) eine Trajektorie (T) beschreibt, die sich aus einer Überlagerung der umlaufenden Bewegung (U) mit einer radial auf die Längsachse (Z) zu gerichteten Zustellbewegung (L2) ergibt.
- 5. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich der Wirkbereich (21) des ersten Werkzeuges (2), wenn das erste Werkzeug (2) durch den ersten Werkzeughalter (5; 5a1, ...) gehalten ist, azimuthal nur über einen Sektor erstreckt.
- 6. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Werkstück anschliessend an den Bearbeitungsbereich (11) eine Profilierungsbegrenzungsstruktur (13) aufweist, und wobei bei jedem der umformenden Eingriffe der Wirkbereich (21) bis an die Profilierungsbegrenzungsstruktur (13) heran mit dem Bearbeitungsbereich (11) in Kontakt kommt.
- 7. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Drehbewegung (R5) des Werkzeughalters (5; 5a1, ...) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1, ...) mittels eines Planetengetriebes (40) synchronisiert ist.
- 8. Verfahren gemäss Anspruch 7, 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.
- 9. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Werkstück gleichzeitig durch ein zweites Werkzeug (2b) in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet wird, in denen jeweils ein Wirkbereich des zweiten Werkzeuges (2b) mit dem Bearbeitungsbereich (11) in Kontakt kommt, insbesondere wobei jeder der nacheinander ausgeführten umformenden Eingriffe des zweiten Werkzeuges (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 Werkzeuges (2a) stattfindet.
- 10. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Werkstück zusätzlich durch ein weiteres Werkzeug (2a2, 2a1') in einer Vielzahl nacheinander ausgeführter umformender Eingriffe bearbeitet wird, in denen jeweils ein Wirkbereich des weiteren Werkzeuges (2a2, 2a1') mit dem Bearbeitungsbereich (11) 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 Werkzeughalter (5; 5a2) mit dem bereits genannten Werkzeughalter (5; 5a1, ...) identisch ist oder von diesem verschieden ist.
- 11. Verfahren gemäss Anspruch 10, wobei das weitere Werkzeug (2a1') durch denselben Werkzeughalter (5a1) gehalten ist wie das erste Werkzeug (2; 2a1), insbesondere wobei die Wirkbereiche der beiden Werkzeuge (2a1; 2a1') azimuthal voneinander beabstandet sind.
- 12. Verfahren gemäss Anspruch 10, wobei ein zweiter Werkzeughalter (5a2) vorgesehen ist, der von dem ersten Werkzeughalter (5a1) verschieden ist, und durch den das weitere Werkzeug (2a2) gehalten ist, wobei die umlaufenden Bewegungen des ersten und des zweiten Werkzeughalters dieselbe Umlaufbahn (Ua) beschreiben.
- 13. 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); und
  - eine zweite Synchronisationsvorrichtung (S5), zur Synchronisation der Drehbewegung (R5) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1) mit der umlaufenden Bewegung (R8) des ersten Werkzeughalters (5; 5a1).

14. Vorrichtung (100) gemäss Anspruch 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 Anspruch 13 oder Anspruch 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.

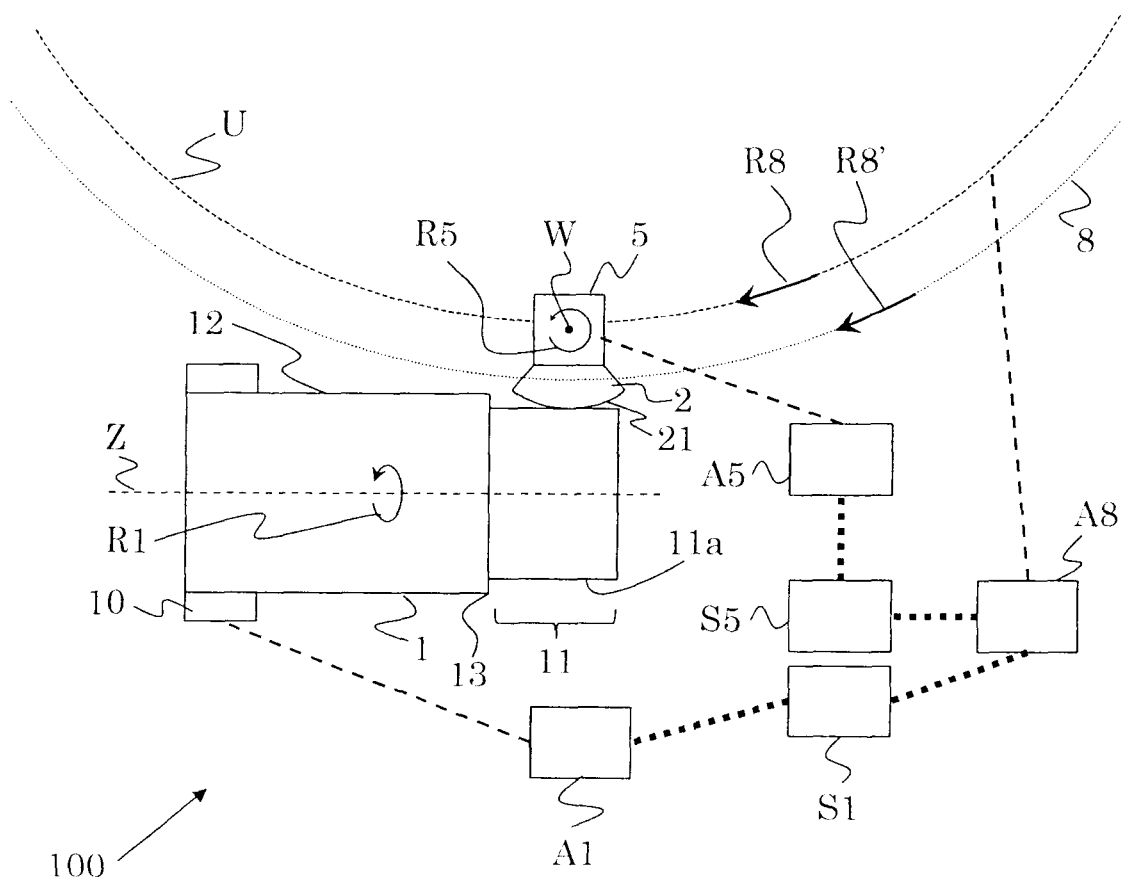


Fig. 1

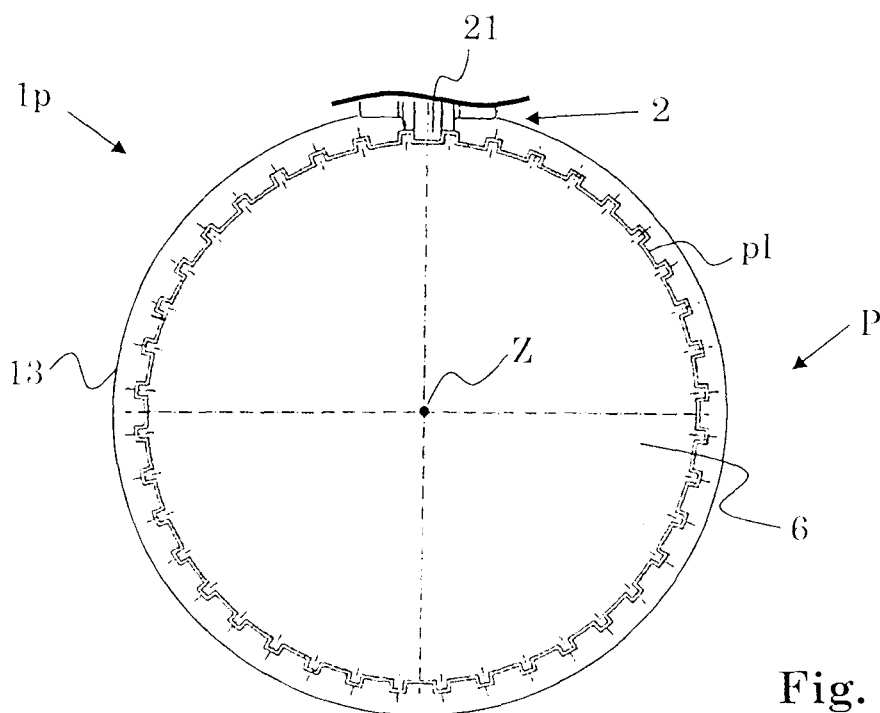


Fig. 8



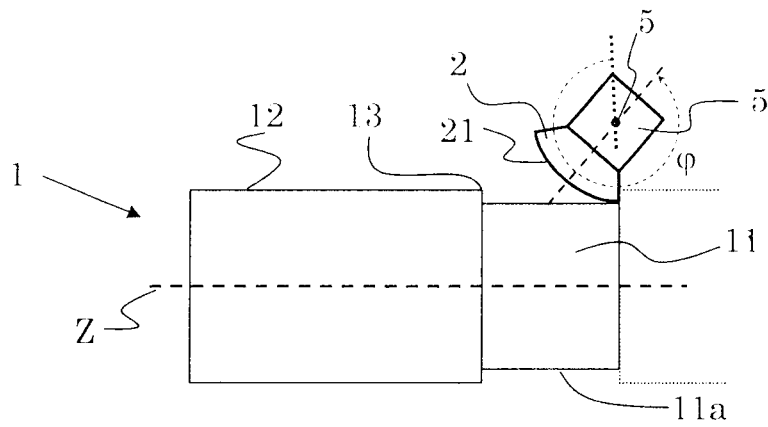


Fig. 2A

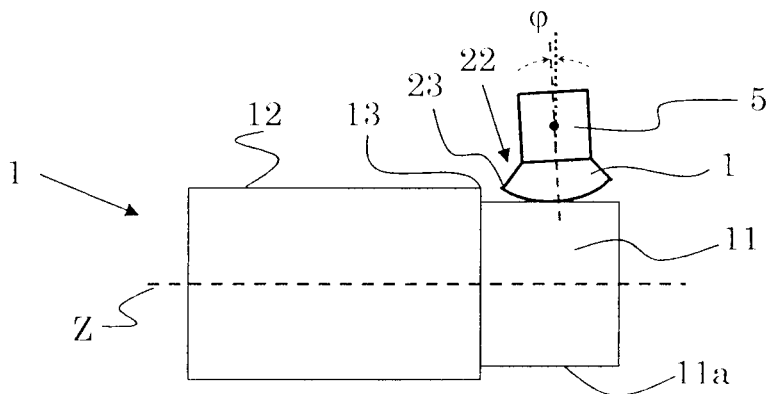


Fig. 2B

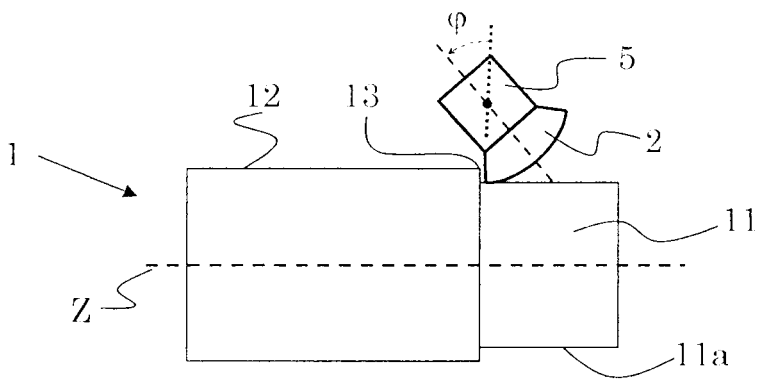


Fig. 2C

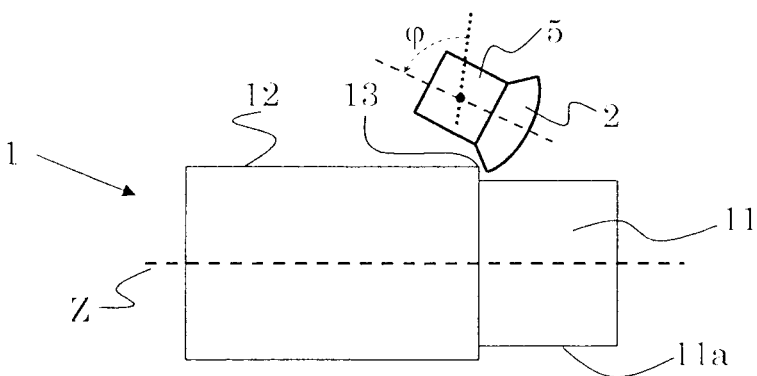


Fig. 2D

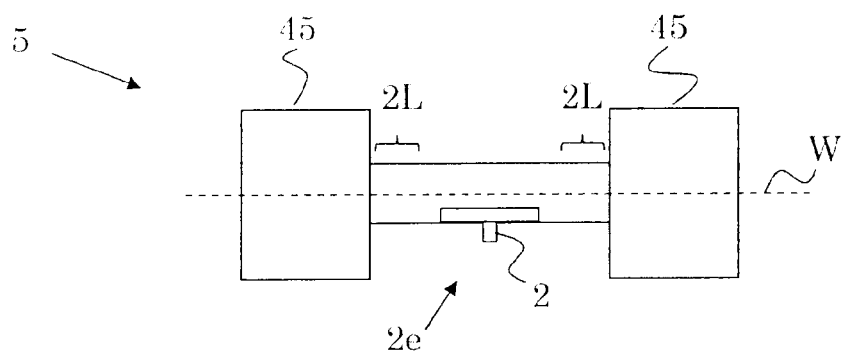


Fig. 3

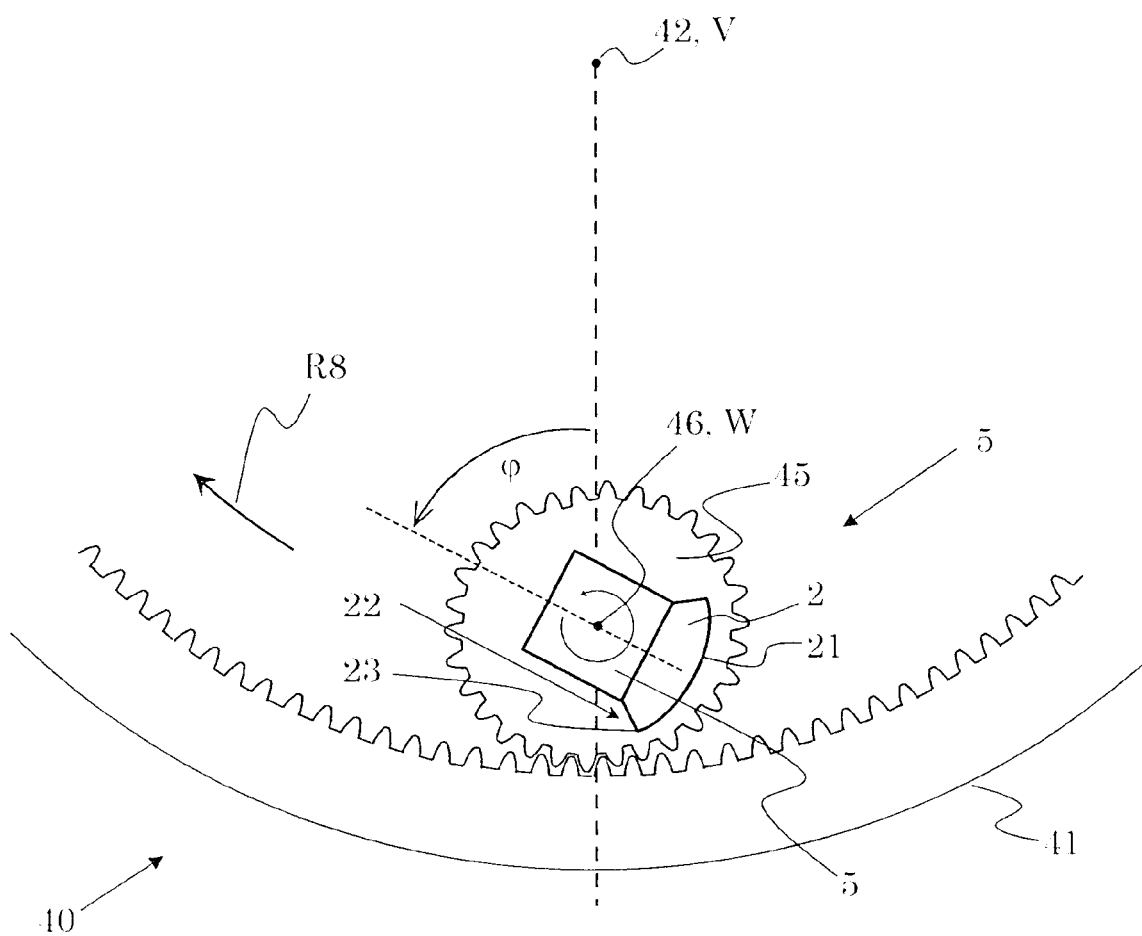


Fig. 4

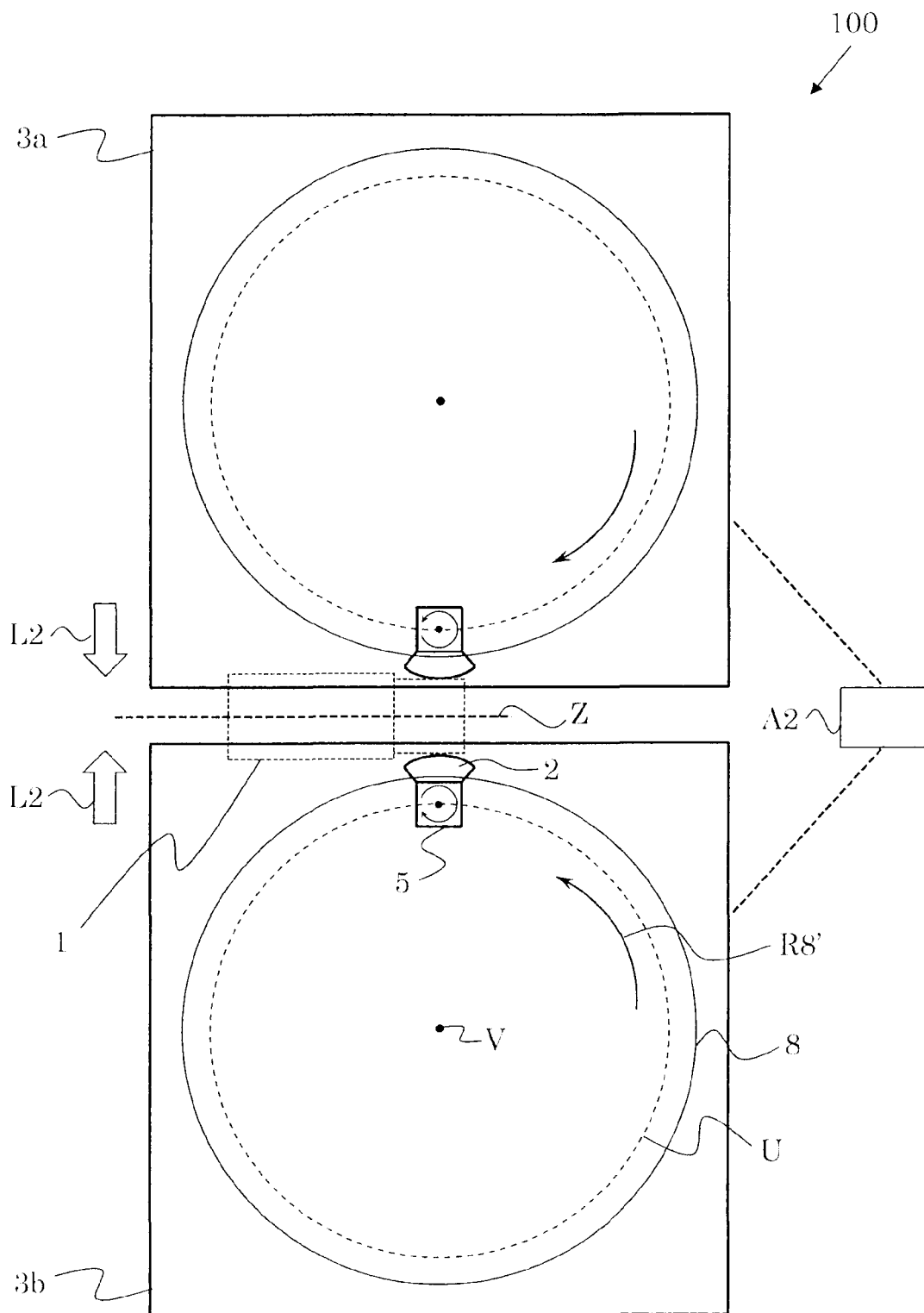


Fig. 5

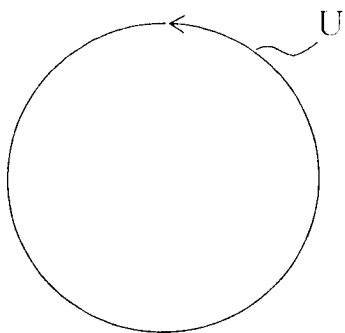


Fig. 6A

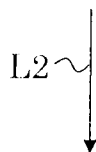


Fig. 6B

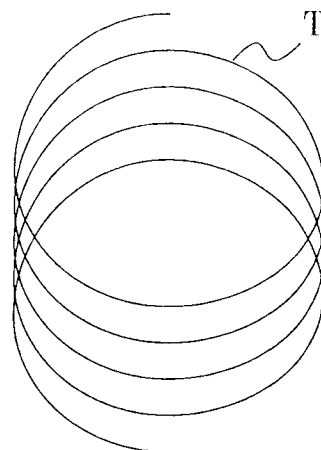


Fig. 6C

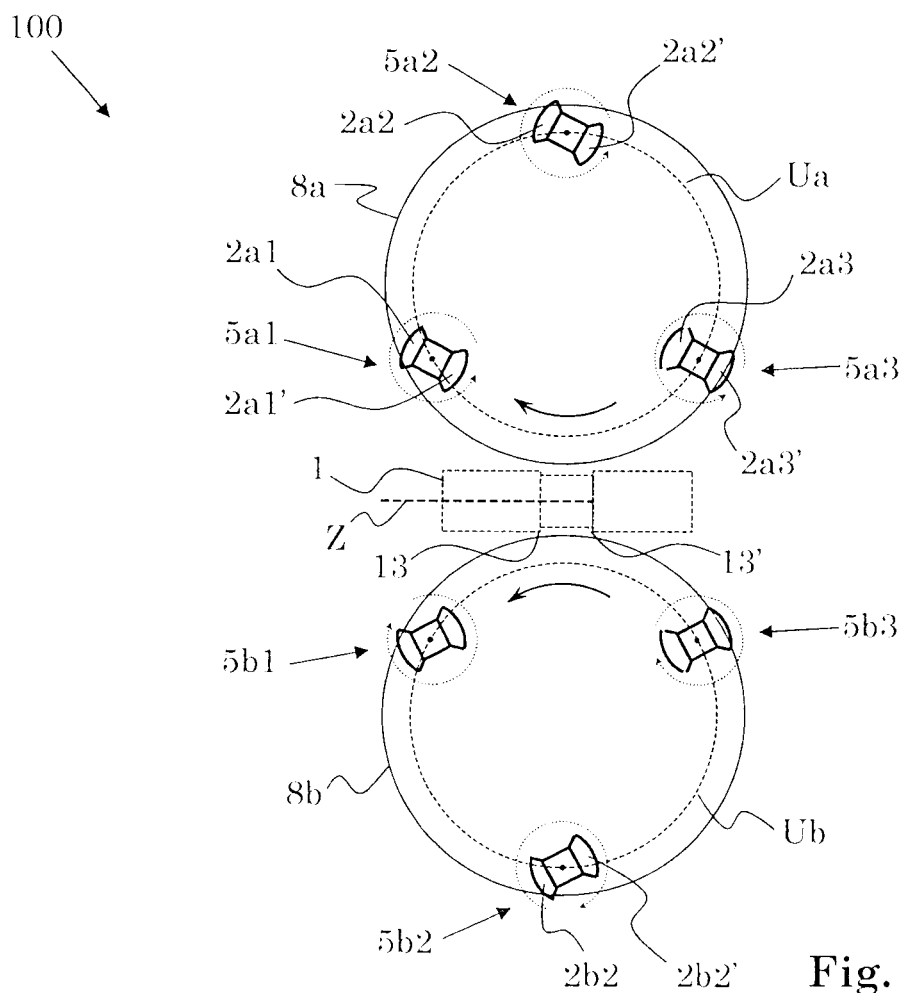


Fig. 7

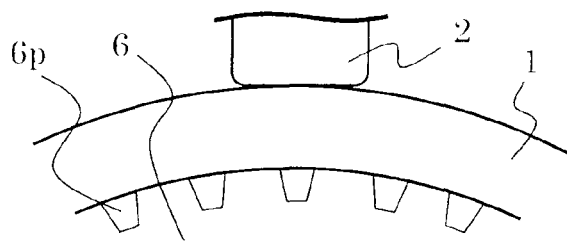


Fig. 9

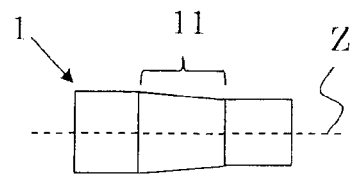


Fig. 10

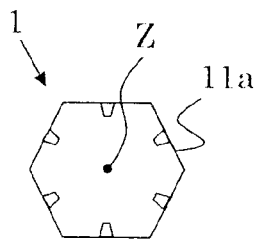


Fig. 11

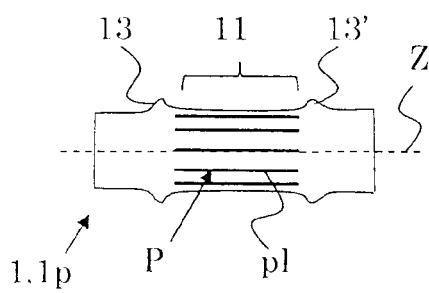


Fig. 12

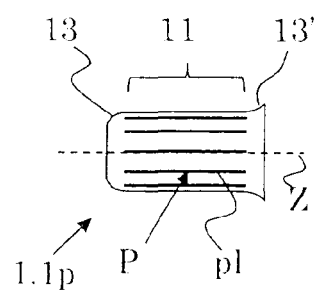


Fig. 13

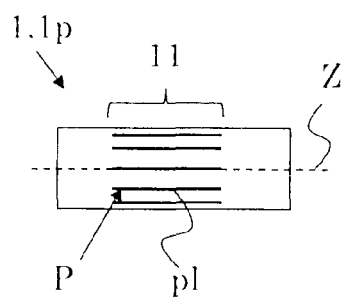


Fig. 14

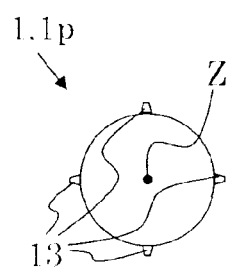


Fig. 15

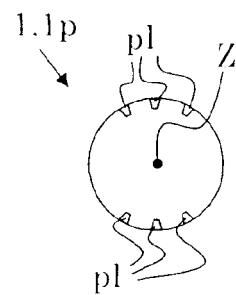


Fig. 16

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

**BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART**

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG		AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS	
		P4633 CH	
Nationales Aktenzeichen		Anmeldedatum	
14192018		15-11-2018	
Anmelde land		Beanspruchtes Prioritätsdatum	
CH			
Anmelder (Name)			
Ernst Grob AG			
Datum des Antrags auf eine Recherche internationaler Art		Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat	
03-01-2019		SN72664	
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)			
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC			
B21H1/20;B21D53/26;B21H5/02;B21H7/18;B21K1/30			
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE			
Recherchiertes Mindestprüfstoß			
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole		
IPC	B21H;B21D;B21K		
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen			
III. <input type="checkbox"/> EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			
IV. <input type="checkbox"/> MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			

Formblatt PCT/ISA 201 a (11/2000)

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 14192018

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B21H1/20 B21D53/28 B21H5/02 B21H7/18 B21K1/30  
ADD.

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

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprofil (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)

B21H B21D B21K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprofil gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen:

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie*	Beschreibung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Tabelle	Beiz. Anzeichen Nr.
A,D	WO 2007/009267 A1 (GROB ERNST FA [CH]; DERIAZ DANIEL [CH]) 25. Januar 2007 (2007-01-25) in der Anmeldung erwähnt * Seite 9, Zeile 24 - Seite 12, Zeile 13; Abbildungen 1,2 *	1-15
A,D	WO 2005/075127 A1 (GROB ERNST FA [CH]; DERIAZ DANIEL [CH]) 18. August 2005 (2005-08-18) in der Anmeldung erwähnt * Seite 1, Zeile 25 - Seite 4, Zeile 6 * * Seite 6, Zeile 9 - Seite 7, Zeile 7; Abbildungen 1,2 *	1,6,9, 10,13

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind die Fortsetzung von Feld C zu entnehmen.☒ Siehe Anhang Patentfamilie

## \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die gesondert, einen Prioritätsanspruch zweifelsfrei enthalten zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (jeis ausgeführt)

\*Q\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausgestaltung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis über die Erfindung zugrundeliegenden Prinzipie oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf selbständiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf selbständiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann selbstlegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des letzten Beschlusses der Recherche internationaler Art

4. April 2019

Abschließendes Datum des Berichts über die Recherche internationaler Art

15 APR 2019

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.O. Box 5516 Patentamt 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040,  
Fax (+31-70) 340-3018

Beauftragter Sachbearbeiter

Ritter, Florian

Formblatt PC-TIS-A2b1 (Seite 2) (Januar 2004)

Seite 1 von 2

## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Auftrags auf Recherche

CH 14192018

C. (Fortsetzung) ALLE WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, ergänzt erforderlichenfalls mit Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bezt. Anspruch Nr.
A	DE 10 73 996 B (PEE-WEE MASCHINEN- UND APPARATEBAU) 28. Januar 1960 (1960-01-28) * Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 9 * * Spalte 2, Zeile 52 - Spalte 3, Zeile 39 * * Spalte 4, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 23; Abbildungen 1-4 *	1,6,13
A	EP 0 344 117 A2 (HILTI AG [LI]) 29. November 1989 (1989-11-29) * Spalte 1, Zeile 36 - Zeile 43 * * Spalte 3, Zeile 42 - Seite 4, Zeile 38; Abbildungen 1-4 *	1,5,13
A	WO 2014/061330 A1 (NINON SPINDLE MFG CO LTD [JP]) 24. April 2014 (2014-04-24) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-8 *	1,13

1

Formblatt PC1/88A/881 (Fortsetzung von Blatt 2) Januar 2004

Seite 2 von 2



## BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 14192018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007009267	A1	25-01-2007	CA 2615220 A1 25-01-2007
			CN 101198425 A 11-06-2008
			EP 1915225 A1 30-04-2008
			ES 2676420 T3 19-07-2018
			JP 4873561 B2 08-02-2012
			JP 2009500179 A 08-01-2009
			KR 20080030071 A 03-04-2008
			US 2010126020 A1 27-05-2010
			WO 2007009267 A1 25-01-2007
WO 2005075127	A1	18-08-2005	KEINE
DE 1073996	B	28-01-1960	KEINE
EP 0344117	A2	29-11-1989	CA 1327133 C 22-02-1994
			DE 3817680 A1 07-12-1989
			DK 252789 A 26-11-1989
			EP 0344117 A2 29-11-1989
			FI 892493 A 26-11-1989
			JP 2551996 B2 06-11-1996
			JP H0225234 A 26-01-1990
			US 4941339 A 17-07-1990
WO 2014061330	A1	24-04-2014	JP 5866642 B2 17-02-2016
			JP 2014079792 A 08-05-2014
			WO 2014061330 A1 24-04-2014