



(11) **EP 2 190 607 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.05.2011 Patentblatt 2011/18

(51) Int Cl.:
B21H 5/00 (2006.01) B21H 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08803126.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/060952

(22) Anmeldetag: **21.08.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/033927 (19.03.2009 Gazette 2009/12)

(54) **WERKZEUGMASCHINE ZUR HERSTELLUNG VON VERZÄHNUNGEN AN WERKSTÜCKEN UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERZÄHNUNG AN EINEM WERKSTÜCK MITTELS EINER WERKZEUGMASCHINE**

MACHINE TOOL FOR PROVIDING WORKPIECES WITH TOOTHED SECTIONS AND METHOD FOR PROVIDING A WORKPIECE WITH A TOOTHED SECTION USING A MACHINE TOOL

MACHINE-OUTIL POUR PRODUIRE DES DENTURES SUR DES PIÈCES ET PROCÉDÉ POUR PRODUIRE UNE DENTURE SUR UNE PIÈCE AU MOYEN D'UNE MACHINE-OUTIL

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

- **HORN, Wolfgang**
73035 Göppingen (DE)
- **STANIK, Markus**
73093 Albershausen (DE)
- **KOLB, Holger**
71636 Ludwigsburg (DE)

(30) Priorität: **07.09.2007 DE 102007044283**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.06.2010 Patentblatt 2010/22

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Patentanwälte
Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **MAG IAS GmbH**
73033 Göppingen (DE)

(72) Erfinder:
• **MEIDAR, Moshe Israel**
New York, NY 10022 (US)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 442 808 DE-A1- 2 054 740
DE-A1- 4 306 742 DE-A1- 4 407 389
US-A- 1 001 799 US-A- 3 659 335

EP 2 190 607 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 betrifft eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Verzahnungen an Werkstücken, umfassend eine Werkstückhalteeinrichtung, eine Kaltwalzeinrichtung zur Herstellung einer Roh-Verzahnung an mindestens einem durch die Werkstückhalteeinrichtung gehaltenen Werkstück durch Kaltwalzen, und eine Spanbearbeitungseinrichtung zur spanenden Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung des mindestens einen Werkstücks, welches an der Werkstückhalteeinrichtung gehalten ist.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Verzahnung an einem Werkstück mittels einer Werkzeugmaschine, bei dem ein Werkstück an einem Werkstückhalter eingespannt wird.

[0003] Aus der WO 01/94048 A1 ist eine Kaltwalzmaschine mit zwei gegenläufig angetriebenen, profilierten Walzstangen, die jeweils über einen Schlitten auf einer Führung gelagert sind und die in Eingriff mit einem zwischen den Walzstangen drehbar gelagerten Werkzeug stehen, bekannt. Es ist eine Zustelleinrichtung vorgesehen mit mindestens einem Zustellantrieb, über den die Walzstangen während des Walzvorgangs in Eingriffsrichtung verstellbar sind.

[0004] Aus der WO 2006/045566 A1 ist eine Kaltwalzmaschine bekannt, welche einen ersten beweglichen Walzstangenhalter und einen zweiten beweglichen Walzstangenhalter umfasst. Über die Walzstangenhalter sind eine erste Walzstange und eine zweite Walzstange eines Walzstangen-Paars in einer Führungsrichtung gegenläufig zueinander beweglich und diese sind in einer Verstellungsrichtung quer zur Führungsrichtung während eines Walzvorgangs verstellbar. Es ist eine Werkstückhalteeinrichtung mit einer Mehrzahl von Werkstückhaltern vorgesehen.

[0005] Aus der DE 26 04 281 A1 ist eine Maschine zum Schaben und/oder Profilrollen der Verzahnung von Zahnrädern mit einem rotierenden, gezahnten Werkzeug zum Fertigbearbeiten der Zähne, einem Teil zum Tragen des Zahnrads längs dessen Rotationsachse, einem Antriebsmotor für die Rotationsbewegung des Werkzeugs, und einer Vorrichtung zum Bewirken einer gegenseitigen Relativbewegung der Rotationsachsen des Werkzeugs und des zu bearbeitenden Rades bekannt. Über die Vorrichtung sind mindestens zwei orthogonale Bewegungen durch Motoren erzeugbar, von denen jeder, ebenso wie der Antriebsmotor für die Rotationsbewegung des Werkzeugs, einen eigenen, mit einem Sollgröße-Generator verbundenen elektronischen Regelkreis aufweist.

[0006] Aus der DE 196 50 350 C2 ist ein Werkzeug zum Drückwalzen eines Werkstücks mit einer Verzahnung bekannt, welches eine profilgebende Kontur mit Werkzeugzähnen aufweist, deren Zahnhöhe sich von einem Werkzeug-Fußkreis bis zu einem Werkzeug-Kopfkreis erstreckt, zwischen denen Werkzeug-Zahnflanken angeordnet sind, welche als ein Negativ zu den kraftübertragenden Zahnflankenbereichen des Werkstücks

ausgebildet sind. Ein kopfseitiges Ende der Werkzeug-Zahnflanken ist von dem Werkzeug-Kopfkreis deutlich beabstandet, am Werkzeugzahn ist zwischen dem kopfseitigen Ende der Werkzeug-Zahnflanken und dem Werkzeug-Kopfkreis ein Kopfbereich des Werkzeugzahns ausgebildet, der sich zum Werkzeug-Kopfkreis hin verjüngt, ein fußseitiges Ende der Werkzeug-Zahnflanken ist von dem Werkzeug-Fußkreis deutlich beabstandet und zwischen den fußseitigen Enden sich gegenüberliegender Werkzeug-Zahnflanken zweier Werkzeugzähne und dem Werkzeug-Fußkreis ist ein Nutbereich angeordnet, der sich zum Werkzeug-Fußkreis hin verjüngt.

[0007] Aus der DE3 20 54 740, welche die Basis für den Oberbegriff der Ansprüche 1 und 14 bildet, ist eine Zahnradwalzmaschine mit um die werkstückachse drehbarer Aufspannvorrichtung für das sich am Walzwerkzeug abwälzende Werkstück bekannt. Es ist mindestens ein mit dem in der Aufspannvorrichtung gehaltenen Werkstück in Eingriff bringbares Schneidwerkzeug zum spanabhebenden Entfernen des beim Walzen aufgestauchten und über die Sollkontur hinausragenden Werkstoffs vorgesehen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Werkzeugmaschine der eingangs genannten Art bereitzustellen, mittels welcher sich auf einfache Weise Verzahnungen hoher Qualität herstellen lassen.

[0009] Diese Aufgabe wird ausgehend von der DE 2054740 erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Übergangseinrichtung vorgesehen ist, durch welche ein Werkstück von einem Kaltwalzwerkzeug zu einem Spanwerkzeug bei Eingriff der Roh-Verzahnung transferierbar ist, und dass die Übergangseinrichtung eine Verzahnung aufweist.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Lösung ist an einer Werkzeugmaschine eine "Kaltwalzstation" und eine "Spanbearbeitungsstation" gebildet. Es lassen sich dadurch schnell und effektiv Verzahnungen hoher Qualität erzeugen. Ein Kaltwalzvorgang ist ein Umformvorgang, bei dem Werkstoff des Werkstücks in Freiräume der Kaltwalzwerkzeuge verdrängt wird. Eine Roh-Verzahnung lässt sich durch Kaltwalzen schnell herstellen. Durch eine anschließende Spanbearbeitung erhält man eine hohe Verzahnungsqualität. Die Verzahnungsqualität lässt sich beispielsweise um (mindestens) 20 µm bis 30 µm verbessern. Dadurch können beispielsweise entsprechende Werkstücke als Getriebeverzahnungs-Werkstücke eingesetzt werden.

[0011] Wenn spezielle Spanbearbeitungsvorgänge wie Stoßen oder Schaben verwendet werden, dann lässt sich die Werkzeugmaschine auf einfache Weise ausbilden, da die entsprechenden Bearbeitungsverfahren eine ähnliche Kinematik wie Kaltwalzverfahren aufweisen.

[0012] Es ist eine Übergangseinrichtung vorgesehen, durch welche ein Werkstück von einem Kaltwalzwerkzeug zu einem Spanwerkzeug bei Eingriff der Roh-Verzahnung transferierbar ist. Es lässt sich dadurch erreichen, dass die hergestellte Roh-Verzahnung nicht außer

Eingriff mit einer Werkzeugverzahnung gerät. Dadurch geht die Werkstückorientierung nicht verloren. Dadurch lässt sich die Feinbearbeitung schnell durchführen, da keine Vorbereitungszeit zur Neuauffindung der Werkstückorientierung notwendig ist.

[0013] Die Übergangseinrichtung weist eine entsprechende Verzahnung auf, um den Eingriff beizubehalten. Die Übergangseinrichtung kann als Werkzeug angesehen werden, welches den Übergang zwischen Kaltwalzen und Spanen ermöglicht.

[0014] Günstig ist es, wenn die Werkstückhalteinrichtung mindestens einen Werkstückhalter umfasst, an dem ein Werkstück um eine Werkstückachse drehbar fixierbar ist. Es kann dann bei einem Kaltwalzvorgang und auch bei einem Spanbearbeitungsvorgang eine Drehung des Werkstücks angetrieben über Werkzeuge erfolgen.

[0015] Günstig ist es, wenn die Werkstückhalteinrichtung mindestens eine Verschiebungseinrichtung aufweist, durch welche ein Werkstück in einer Richtung koaxial oder parallel zu einer Werkstückachse verschieblich ist. Dadurch ist es möglich, ein Werkstück durch Verschieben von der Werkstückhalteinrichtung in die Spanbearbeitungseinrichtung zu überführen.

[0016] Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Werkstückhalteinrichtung mindestens eine Schwenkeinrichtung aufweist, durch welche eine Winkelstellung eines Werkstücks für die spanende Feinbearbeitung einstellbar ist. Durch Verschwenkung des Werkstücks lässt sich dieses bei entsprechender Ausbildung von Werkzeugen von der Kaltwalzeinrichtung in die Spanbearbeitungseinrichtung überführen.

[0017] Es ist dann insbesondere vorgesehen, dass die Winkelstellung relativ zu einer Bewegungsachse von Kaltwalzwerkzeugen einstellbar ist. Die Bewegungsachse kann dabei, wenn Rundwerkzeuge verwendet werden, eine Drehachse sein, oder eine lineare Achse, wenn gegensinnig bewegte Flachwerkzeuge verwendet werden.

[0018] Es ist ferner günstig, wenn die Winkelstellung relativ zu einem Spanwerkzeug einstellbar ist. Dadurch kann die definierte Spanbearbeitung als Feinbearbeitung durchgeführt werden.

[0019] Insbesondere ist mindestens eine Kaltwalzwerkzeugkombination mit dem ersten Kaltwalzwerkzeug und dem zweiten Kaltwalzwerkzeug vorgesehen, wobei die Kaltwalzwerkzeuge synchron angetrieben beweglich sind. Durch eine entsprechende synchronisierte Bewegung lässt sich ein Kaltwalzvorgang mit einem Werkstück zwischen den Kaltwalzwerkzeugen durchführen.

[0020] Die Werkzeughalteinrichtung ist insbesondere so ausgebildet, dass mindestens ein Werkstück zwischen dem ersten Kaltwalzwerkzeug und dem zweiten Kaltwalzwerkzeug positionierbar ist.

[0021] Bei einem Ausführungsbeispiel sind das erste Kaltwalzwerkzeug und das zweite Kaltwalzwerkzeug Flachwerkzeuge und insbesondere Kaltwalzstangen. Es ist dabei möglich, dass die entsprechenden Kaltwalzstangen ein gleichmäßiges Profil oder ein variierendes

Profil angepasst an die herzustellende Roh-Verzahnung aufweisen.

[0022] Die Bewegungsachse für die Hin- und Herbewegung des ersten Kaltwalzwerkzeugs und des zweiten Kaltwalzwerkzeugs liegt dabei vorzugsweise senkrecht zu einer Werkstückachse, um eine Kaltwalzumformung zu bewirken.

[0023] Es ist auch möglich, dass das erste Kaltwalzwerkzeug und das zweite Kaltwalzwerkzeug Rundwerkzeuge sind.

[0024] Es ist dann insbesondere vorgesehen, dass eine Drehachse parallel zu einer Werkstückachse ist.

[0025] Günstig ist es, wenn eine Zustellungseinrichtung vorgesehen ist, über welche das erste Kaltwalzwerkzeug und das zweite Kaltwalzwerkzeug dem Werkstück in einer Richtung quer zu einer Werkstückachse zustellbar sind. Dadurch lassen sich beispielsweise Kaltwalzstangen mit gleichmäßigem Profil verwenden. Es wird in diesem Zusammenhang auf die WO 01/94048 A1 verwiesen, auf die ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0026] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn mindestens ein Spanwerkzeug für die spanende Feinbearbeitung vorgesehen ist. Das mindestens ein Spanwerkzeug kann beispielsweise ein Schaberwerkzeug oder ein Stoßwerkzeug oder Wälzschälwerkzeug oder Wälzfräswerkzeug oder Verzahnungshonwerkzeug sein. Es lässt sich dann zeitlich dem Kaltwalzvorgang nachgeordnet eine Feinbearbeitung einer hergestellten Roh-Verzahnung in der gleichen Aufspannung durchführen.

[0027] Es ist dabei möglich, dass das mindestens ein Spanwerkzeug ein Flachwerkzeug ist oder ein Rundwerkzeug.

[0028] Es ist ferner vorgesehen, dass eine Wirkfläche des mindestens einen Spanwerkzeugs in einem spitzen Winkel zu einer Werkstückachse orientiert ist. Dadurch lässt sich ein entsprechender spanender Vorgang durchführen, um eine Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung realisieren zu können.

[0029] Die Winkeleinstellung kann durch Positionierung und/oder Ausbildung des mindestens einen Spanwerkzeugs und/oder Positionierung des zu bearbeitenden Werkstücks erfolgen. Im letzteren Falle erfolgt beispielsweise eine Verschwenkung des Werkstücks nach dem Kaltwalzvorgang.

[0030] Insbesondere ist die Verzahnung der Übergangseinrichtung so ausgebildet, dass sie ein so großes Spiel aufweist und eine derart geringe Verzahnungsbreite aufweist, dass das Werkstück vom Kaltwalzwerkzeug zum mindestens einen Spanwerkzeug transferierbar ist, ohne dass das Werkstück außer Eingriff kommt. Der Übergang des Werkstücks kann dabei durch lineare Bewegung und/oder Verschwenken erfolgen.

[0031] Insbesondere ist die Übergangseinrichtung zwischen dem Kaltwalzwerkzeug und dem mindestens einen Spanwerkzeug angeordnet, um einen effektiven und damit zeitsparenden Übergang zu ermöglichen.

[0032] Bei einer Ausführungsform ist mindestens ein Werkzeug vorgesehen, welches eine Kaltwalzspur als

Profilspur und eine Spur zur Spanbearbeitung als Schneidspur aufweist. Bei einem Kaltwalzvorgang wird die Kaltwalzspur verwendet und bei der Spanbearbeitung wird die entsprechende Spur zur Spanbearbeitung verwendet. Der Übergang lässt sich dann auf einfache Weise durchführen.

[0033] Insbesondere ist dann zwischen der Kaltwalzspur und der Spanspur eine Übergangsspur (einer Übergangseinrichtung) angeordnet, um einen effektiven Übergang des Werkstücks zu ermöglichen, ohne dass ein Außereingriffbringen erfolgen muss.

[0034] Es ist dabei möglich, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur bezogen auf eine Werkzeugbewegungsachse hintereinander angeordnet sind. Bei der Werkzeugbewegung beim Kaltwalzen wird dabei nur die Kaltwalzspur in Wirkeingriff mit dem Werkstück gebracht. Nach Beendigung des Kaltwalzvorgangs erfolgt eine derartige Verschiebung, dass bei der Spanbearbeitung nur die Spanspur in Eingriff gebracht wird.

[0035] Es ist dabei möglich, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur an einer gemeinsamen Leiste angeordnet sind und insbesondere ein Kombinationswerkzeug bilden. Beim Kaltwalzen wird nur ein bestimmter Bereich dieser Leiste in Wirkeingriff mit dem Werkstück gebracht. Bei der Spanbearbeitung wird ein anderer Bereich in Wirkeingriff gebracht. Die Leiste lässt sich durch ein oder mehrere Schlitten auf einfache Weise bewegen und insbesondere hin- und herbewegen.

[0036] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur bezogen auf eine Werkzeugbewegungsachse nebeneinander und insbesondere parallel angeordnet sind. Bei einem Kaltwalzvorgang wirkt dann nur die Kaltwalzspur auf das Werkstück. Damit die Spanspur auf das Werkstück wirken kann, muss das Werkstück oder das Werkzeug in der Abstandsrichtung der Kaltwalzspur und der Spanspur verschoben werden.

[0037] Es ist dabei möglich, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur an unterschiedlichen Leisten angeordnet sind. Es ist grundsätzlich auch möglich, dass sie an der gleichen Leiste angeordnet sind und ein Kombinationswerkzeug bilden. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem sich auf effektive Weise Verzahnungen hoher Qualität herstellen lassen.

[0038] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Roh-Verzahnung durch Kaltwalzen mittels eines ersten Kaltwalzwerkzeuges und eines zweiten Kaltwalzwerkzeuges hergestellt wird, die Roh-Verzahnung mittels mindestens eines Spanwerkzeugs an derselben Werkzeugmaschine in der gleichen Aufspannung feinbearbeitet wird und das Werkstück an das mindestens eine Spanwerkzeug über eine Übergangsverzahnung gefahren wird, wobei die Übergangsverzahnung bewirkt, dass das Werkstück in Eingriff bleibt.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren weist die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine erläuterten Vorteile auf.

[0040] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine erläutert.

[0041] Beim Kaltwalzen werden das erste Kaltwalzwerkzeug und das zweite Kaltwalzwerkzeug synchron bewegt. Die synchrone Bewegung kann dabei eine gegensinnige Linearbewegung oder eine gleichsinnige Drehbewegung sein. Die Kaltwalzwerkzeuge sind dabei synchronisiert.

[0042] Es ist dabei grundsätzlich möglich, dass die Kaltwalzwerkzeuge (wenn es sich um Flachwerkzeuge handelt) mit einem variierenden Profil ausgebildet sind, welches die Herstellung der entsprechenden Roh-Verzahnung ermöglicht. Vorteilhaft ist es, wenn das erste Kaltwalzwerkzeug und das zweite Kaltwalzwerkzeug beim Kaltwalzen in einer Richtung quer zu einer Werkzeug-Bewegungsachse und quer zu einer Werkstückachse dem Werkstück zugestellt werden. Dadurch lassen sich beispielsweise Kaltwalzstangen mit gleichem Profil über die Länge der Kaltwalzstangen verwenden, um die Roh-Verzahnung herzustellen.

[0043] Insbesondere ist das Werkstück drehbar eingespannt. Es wird dann durch die Bewegung der Kaltwalzwerkzeuge, welche in Wirkeingriff mit dem Werkstück stehen, in seiner Drehbewegung angetrieben.

[0044] Insbesondere wird das Werkstück nach dem Kaltwalzen mit einer Werkstückachse verschwenkt und/oder linear verschoben. Dadurch ist es möglich, mindestens ein Spanwerkzeug in Eingriff mit dem Werkstück zu bringen.

[0045] Günstig ist es, wenn das Werkstück nach dem Kaltwalzen mit seiner Roh-Verzahnung an mindestens ein Spanwerkzeug gefahren wird. Es ist dadurch realisierbar, dass die Werkstückorientierung nicht verloren geht.

[0046] Das Werkstück wird an das mindestens eine Spanwerkzeug an einer Übergangsverzahnung gefahren, wobei die Übergangsverzahnung bewirkt, dass das Werkstück in Eingriff bleibt.

[0047] Beispielsweise ist die Feinbearbeitung eine Stoßbearbeitung und/oder Schabbearbeitung und/oder Wälzschälbearbeitung und/oder Wälzfräsbearbeitung und/oder Verzahnungshonbearbeitung. Es lässt sich dadurch eine Verzahnung hoher Qualität herstellen, welche beispielsweise als Getriebeverzahnung verwendbar ist.

[0048] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine;

Figur 2(a) eine vergrößerte Darstellung eines Teilbereichs der Werkzeugmaschine gemäß Figur 1 bei einem Kaltwalzvorgang;

- Figur 2(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 2(a);
- Figur 2(c) eine Vorderansicht auf den Bereich gemäß Figur 2(a);
- Figur 3(a) die gleiche Ansicht wie Figur 2(a), jedoch bei einer Span- bearbeitung;
- Figur 3(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 3(a);
- Figur 4(a) eine Teilansicht ähnlich Figur 2(a) bei einem weiteren Aus- führungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine bei einem Kaltwalzvorgang;
- Figur 4(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 4(a);
- Figur 4(c) eine Vorderansicht auf den Bereich gemäß Figur 4(a);
- Figur 5(a) die gleiche Ansicht wie in Figur 4(a) bei einer Span- bearbeitung;
- Figur 5(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 5(a);
- Figur 6(a) eine vergrößerte Ansicht eines Teilbereichs eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeug- maschine bei einem Kaltwalzvorgang;
- Figur 6(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 6(a);
- Figur 6(c) Vorderansicht auf den Bereich gemäß Figur 6(a);
- Figur 7(a) die gleiche Ansicht wie in Figur 6(a) bei einem Span- bearbeitungsvorgang ;
- Figur 7(b) eine Schnittansicht längs der Linie b-b gemäß Figur 7(a); und
- Figur 8 eine Teildarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine.

[0049] Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine, welches in Figur 1 gezeigt und dort als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, umfasst ein Maschinengrundgestell 12, über welches die Werkzeugmaschine 10 auf einem Untergrund aufgestellt ist. Mit dem Maschinengrundgestell 12 ist ein C-förmiges Gestell 14 verbunden.

- [0050]** Dieses Gestell 14 weist einen ersten Haltebereich 16 und einen gegenüberliegenden zweiten Haltebereich 18 auf. Die beiden Haltebereiche 16 und 18 sind über einen Verbindungsbereich 20 miteinander verbunden. Der erste Haltebereich 16 ragt dabei in einer Querrichtung z über den Verbindungsbereich 20 hinaus. Ebenso ragt der zweite Haltebereich 18 in der Querrichtung z über den Verbindungsbereich 20 hinaus. Der erste Haltebereich 16 und der zweite Haltebereich 18 bilden dadurch jeweils Haltebacken, an denen jeweils ein erster Werkzeughalter 22 (an dem ersten Haltebereich 16) und ein zweiter Werkzeughalter 24 (an dem zweiten Haltebereich 18) beweglich gehalten sind. Die beiden Werkzeughalter 22, 24 liegen einander gegenüber. An diesen lassen sich jeweils ein oder mehrere Werkzeuge fixieren.
- [0051]** Zwischen den Werkzeughaltern 22 und 24 ist eine Werkstückhalteeinrichtung 25 mit einem oder einer Mehrzahl von Werkstückhaltern 27 angeordnet, welche an dem Verbindungsbereich 20 mindestens einseitig fixiert sind (Figur 2). In einen Werkstückhalter 27 ist jeweils ein Werkstück 29 einsetzbar, wobei es durch den Werkstückhalter drehbar um eine Werkstückachse 31 an der Werkzeugmaschine 10 gehalten ist, damit ein Kaltwalzvorgang zur Herstellung einer Roh-Verzahnung an dem Werkstück 29 und eine spanende Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung durchführbar ist.
- [0052]** Dem Verbindungsbereich 20 gegenüberliegend ist zwischen dem ersten Haltebereich 16 und dem zweiten Haltebereich 18 eine Verstärkungslasche 30 angeordnet. Diese weist im Bereich der Werkstückhalter eine durchgehende Öffnung 32 auf, durch die insbesondere Reitstockteile eines Werkstückhalters 27 hindurchtauchen können.
- [0053]** Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Werkzeughalter 22 und 24 jeweils in einer Längsrichtung x und in der Querrichtung y zur Längsrichtung x beweglich.
- [0054]** Der erste Haltebereich 16 und der zweite Haltebereich 18 weisen dazu jeweils eine schräge Führungsbahn 34 bzw. 36 auf, an der ein erster Keilschlitten 38 bzw. ein zweiter Keilschlitten 40 geführt ist. Die Führungsbahn 34 ist gegenüber der Richtung x um einen spitzen Winkel geneigt. Die Führungsbahn 36 des zweiten Haltebereichs 18 liegt parallel zur Führungsbahn 34 des ersten Haltebereichs 16.
- [0055]** Je nach Stellung der Keilschlitten 38, 40 auf ihren Führungsbahnen 34, 36 lässt sich der Abstand der Werkzeughalter 22, 24 in der Richtung y einstellen.
- [0056]** Zur Führung der Keilschlitten 38, 40 sind in den Haltebereichen 16 und 18 beispielsweise Ausnehmungen 42, 44 gebildet, in denen Führungsleisten 46, 48 der jeweiligen Keilschlitten 38, 40 eingetaucht sind.
- [0057]** Über die Führung der Keilschlitten 38, 40 lassen sich Werkzeuge 26a, 26b und 28a, 28b einem Werkstück in der Richtung y zustellen. Insbesondere lassen sich die Werkzeuge 26a, 26b und 28a, 28b während eines Walzvorgangs und während einer spanenden Feinbearbeitung in Radialrichtung mit Bezug zum Werkstück ver-

len.

[0058] Die Bewegung der Keilschlitten 38, 40 auf ihren Führungsbahnen 34 bzw. 36 ist angetrieben. Es ist dazu ein entsprechender Antrieb vorgesehen (in der Zeichnung nicht gezeigt). Bezüglich der Ausbildung des Antriebs wird auf die WO 01/94048 A1 und die US 2004/0007034 A1 Bezug genommen.

[0059] An dem ersten Keilschlitten 38 ist ein erster Werkzeugschlitten 50 in der Richtung x linearverschieblich geführt. Ferner ist an dem zweiten Keilschlitten 40 ein zweiter Werkzeugschlitten 52 in der Richtung x linearverschieblich geführt, wobei die Führungsrichtungen der beiden Werkzeugschlitten 50, 52 parallel ausgerichtet sind. Auf den Werkzeugschlitten 50, 52 sitzen die Werkzeuge 26a, 26b bzw. 28a, 28b direkt (Figur 2), d.h. sind an diesen unbeweglich fixiert.

[0060] Zur Führung der Werkzeugschlitten 50, 52 weisen die Keilschlitten 38, 40 einander zugewandte Führungsbahnen 54, 56 auf. Auf diesen sitzen jeweils die Werkzeugschlitten 50, 52, wobei deren Bewegung in der x-Richtung angetrieben ist. Die entsprechenden Antriebe sind in der Zeichnung nicht gezeigt. Es wird in diesem Zusammenhang auf die WO 01/94048 A1 bzw. US 2004/0007034 A1 Bezug genommen.

[0061] Bei der Bearbeitung eines Werkstückes sind die in der y-Richtung beabstandeten Werkzeugschlitten 50 und 52 gegenläufig synchron angetrieben; bei der Bewegung des Werkzeugschlittens 50 in der +x-Richtung bewegt sich der andere Werkzeugschlitten 52 in die -x-Richtung und umgekehrt.

[0062] Über die Werkzeughalter 22, 24 lassen sich die Werkzeuge 26a, 26b, 28a, 28b in der x-Richtung und y-Richtung bewegen. Die Bewegung in der y-Richtung lässt sich insbesondere auch während eines Bearbeitungsvorgangs durchführen. Zur Bewegung in der x-Richtung werden die Werkzeugschlitten 50 und 52 auf ihren jeweiligen Führungsbahnen 54, 56 angetrieben bewegt. Zur Bewegung in der y-Richtung werden die Keilschlitten 38, 40 auf ihren jeweiligen Führungsbahnen 34, 36 angetrieben verschoben.

[0063] Ein Werkzeugschlitten 50, 52 kann ein Werkzeug oder eine Mehrzahl von Werkzeugen halten. Wenn eine Mehrzahl von Werkzeugen gehalten ist, dann können an einem Werkstück unterschiedliche Profilarbeitungsvorgänge nacheinander durchgeführt werden. Insbesondere lassen sich bei entsprechender Werkzeugausbildung unterschiedliche Arten von Profilen einbringen bzw. ein Profil lässt sich Grobbearbeiten (durch Kaltwalzen) und Feinbearbeiten (durch spanende Bearbeitung), ohne dass ein externer Werkzeugwechsel und eine Werkstückumspannung durchgeführt werden muss.

[0064] Der Werkzeugschlitten 52 (und entsprechend der Werkzeugschlitten 50) weist eine Fixierungseinrichtung für ein oder mehrere Werkzeuge auf. Über die Fixierungseinrichtung sind das oder die Werkzeuge in einer x-Position, y-Position und z-Position an dem Werkzeugschlitten 52 fest positionierbar. Beispielsweise sind mehrere Werkzeuge in der x-Richtung hintereinander

positionierbar. Auch ein Querversatz in der z-Richtung ist möglich oder ein Höhenversatz in der y-Richtung ist möglich. Dadurch ergeben sich umfangreiche Möglichkeiten zur Herstellung von Profilen an einem Werkstück.

[0065] Die Werkzeugmaschine 10 weist eine Steuerungseinrichtung 60 auf (in Figur 1 schematisch gezeigt). Diese Steuerungseinrichtung 60 ist beispielsweise in einem Schaltkasten angeordnet. Über die Steuerungseinrichtung 60 lässt sich die Werkzeugmaschine 10 steuern. Insbesondere lässt sich die Bewegung der Werkzeughalter 22 und 24 in der Richtung x und die Zustellung in der Richtung y steuern. Ferner lässt sich die Position der Werkzeugschlitten 50 und 52 bezüglich der Auswahl der Werkzeuge (26a und 28a bzw. 26b und/oder 28b) steuern.

[0066] Ein Werkstückhalter 27 umfasst jeweils ein erstes Anlageelement 62 und ein zweites Anlageelement 64 mit jeweiligen Anlagespitzen 66, 68, zwischen welchen ein Werkstück 29 einspannbar ist. Ein eingespanntes Werkstück 29 ist dabei um die Achse 70 des entsprechenden Werkstückhalters 27 drehbar. Die Achse 27 des entsprechenden Werkstückhalters 64 liegt zwischen den Spitzen 66 und 68. Die Drehachse 31 eines Werkstücks 29, welches in den entsprechenden Werkstückhalter 27 eingespannt ist, ist eine Werkstückachse und fällt mit dieser Achse 70 zusammen.

[0067] Ein Werkstückhalter 27 weist beispielsweise einen feststehenden Spindelstockteil auf, an welchem das erste Anlageelement 62 angeordnet oder gebildet ist. Ferner weist ein Werkstückhalter 27 einen Reitstockteil auf, an dem das zweite Anlageelement 64 gebildet ist oder angeordnet ist. Der Reitstockteil ist in einer Richtung, welche insbesondere parallel zur Achse 70 ausgerichtet ist, beweglich. Über den Reitstockteil lässt sich ein Werkstück 29 in dem zugeordneten Werkstückhalter 27 verspannen. Der Werkstückhalter 27 kann als Ganzes verschieblich und/oder schwenkbar sein, wie unten noch erläutert wird.

[0068] Bei einem Ausführungsbeispiel (Figuren 2 und 3) umfasst die Werkstückhalteeinrichtung 25 eine Schwenkeinrichtung 72, über welche der Werkstückhalter 27 um eine Schwenkachse 74 schwenkbar ist und dadurch eine Winkelstellung der Achse 70 und damit der Werkstückachse relativ zur x-Richtung einstellbar ist.

[0069] Die Werkzeugmaschine 10 umfasst eine Kaltwalzeinrichtung 76, über welche sich an dem Werkstück 29 eine Roh-Verzahnung durch Kaltwalzen herstellen lässt. Ferner umfasst sie eine Spanbearbeitungseinrichtung 78, über welche nach Herstellung der Roh-Verzahnung sich eine Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung durch ein spanabhebendes Verfahren durchführen lässt.

[0070] Zur Bildung der Kaltwalzeinrichtung 76 ist an dem ersten Werkzeugschlitten 50 ein Kombinationswerkzeug 80 angeordnet, welches die Werkzeuge 26a und 26b umfasst. An dem zweiten Werkzeugschlitten 52 ist ein Werkzeug 82 angeordnet, welches die Werkzeuge 28a und 28b umfasst. Das Werkzeug 26a des Kombinationswerkzeugs 80 ist ein Kaltwalzwerkzeug insbeson-

dere in Form einer Kaltwalzbacke mit einem Profil, welches durch die herzustellende Roh-Verzahnung vorgegeben ist. Das Werkzeug 26b des Kombinationswerkzeugs 80 ist ein Spanwerkzeug wie beispielsweise ein Stoßwerkzeug oder ein Schabwerkzeug. Das Werkzeug 26a bildet ein erstes Kaltwalzwerkzeug.

[0071] Die Werkzeuge 26a und 26b sind an der gleichen Leiste des Kombinationswerkzeugs 80 angeordnet, wobei sie in der x-Richtung hintereinander angeordnet sind und dabei beabstandet sind.

[0072] Zwischen dem Kaltwalzwerkzeug 26a und dem Spanwerkzeug 26b ist eine Übergangseinrichtung 84 angeordnet. Diese ist als Übergangsverzahnung ausgebildet, welche einen Übergang des Werkstücks 29 von dem ersten Kaltwalzwerkzeug 26a auf das Spanwerkzeug 26b erlaubt, ohne dass das Werkstück 29 außer Eingriff gerät, das heißt die Roh-Verzahnung an dem Werkstück 29, welche über die Kaltwalzwerkzeuge 26a und 28a hergestellt wurde, bleibt in Eingriff mit der Übergangsverzahnung 84 bei der Überführung in die Verzahnung des Spanwerkzeugs 26b.

[0073] Die Verzahnung der Übergangseinrichtung 84 weist bezogen auf die (Roh-)Verzahnung des Werkstücks 29, welche durch Kaltwalzen hergestellt wird, ein so großes Spiel auf und eine derart geringe Verzahnungsbreite auf, dass der Übergang ermöglicht ist.

[0074] Das Werkzeug 28a ist ein zweites Kaltwalzwerkzeug. Die Werkzeuge 26a und 28a bilden dabei eine Kaltwalzwerkzeugkombination, zwischen welchen das Werkstück 29 positioniert ist.

[0075] Es ist prinzipiell ausreichend, dass nur eines der Kombinationswerkzeuge 80 oder 82 ein Spanwerkzeug (26b oder 28b) aufweist.

[0076] Zur Herstellung der Roh-Verzahnung an dem Werkstück 29 wird der entsprechende Werkstückrohling an dem Werkstückhalter 27 eingespannt. Die Drehachse 31 und die Werkstückachse 70 sind dabei quer und insbesondere senkrecht zur x-Richtung in z-Richtung ausgerichtet.

[0077] Die Kaltwalzwerkzeuge 26a und 28a bewegen sich bei einem Kaltwalzvorgang gegensinnig synchron in der x-Richtung, wobei sie in der y-Richtung dem Werkstück 29 zugestellt werden. Das Spanwerkzeug 26b bzw. 28b kommt während des Kaltwalzvorgangs nicht in Berührung mit dem Werkstück 29.

[0078] Der Kaltwalzvorgang ist in den Figuren 2(a), (b) und (c) schematisch darstellt.

[0079] Beim Kaltwalzen werden die Kaltwalzwerkzeuge 26a und 28a über ihre jeweiligen Werkstückschlitten 50 und 52 gegenläufig synchron bewegt. Die Kaltwalzwerkzeuge 26a und 28a weisen eine Profilierung auf. Die Werkzeuge 26a und 28a treffen gleichzeitig auf das Werkstück 29 auf. Zunächst durch Reibschluss und dann durch Formschluss wird das Werkstück um die Achse 31 in eine Drehung versetzt. Werkstoff wird in Freiräume der profilierten Werkzeuge 26a, 28a verdrängt. Das Kaltwalzen ist eine spannlose Umformtechnik. Verzahnungen lassen sich mit Kaltwalzen sehr viel schneller her-

stellen als durch spanabhebende Bearbeitung.

[0080] Bei einem Ausführungsbeispiel mit Zustellung in der y-Richtung lassen sich die Werkzeuge 26a und 28a mit gleich bleibender Profiltiefe ausbilden. Es wird in diesem Zusammenhang auf die WO 01/94048 A1 und die WO 2006/045566 A1 Bezug genommen.

[0081] Nach Beendigung des Kaltwalzvorgangs wird, wie in Figur 3 schematisch gezeigt, das Werkstück 29, welches jetzt eine Roh-Verzahnung 86 aufweist, in das Werkzeug 26b (Spanwerkzeug) überführt. Dies erfolgt durch eine Verschiebung des Kombinationswerkzeugs 80. Weiterhin wird das Kombinationswerkzeug 82 so verschoben, dass es nicht mehr in Eingriff mit dem Werkstück 29 steht. Während der Verschiebung des Werkstücks 29 in dem Übergangsbereich 84 wird das Werkstück 29 über die Schwenkeinrichtung 72 in eine Schwenkstellung gebracht, das heißt die Achse 31 und damit auch die Werkstückachse 70 wird in einen endlichen Winkel (Winkel ungleich 0° und ungleich 90°) zu der x-Richtung gebracht. Insbesondere ist dieser endliche Winkel ein spitzer Winkel.

[0082] Für die Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung 86 wird das Spanwerkzeug 26b an dem Werkstück 29 verfahren, wobei eine Zustellung in der y-Richtung erfolgt.

[0083] Das Spanwerkzeug 26b führt eine Feinbearbeitung an der Roh-Verzahnung durch. Es erfolgt ein Abwalzen und eine Querbewegung. Die Schneiden des Werkzeugs 26b liegen schräg zum Werkstück 29.

[0084] Bei der Feinbearbeitung wird die Verzahnungsqualität verbessert. Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Verzahnungsqualität für Getriebeverzahnungen beim Kaltwalzen um ca. 20 µm bis 30 µm zu gering ist. Durch die Spanbearbeitung mit dem Werkzeug 26b wird eine Verzahnungsqualität erreicht, die beispielsweise für Getriebeverzahnungen ausreichend ist.

[0085] Das Spanwerkzeug 26b ist beispielsweise als Stoßwerkzeug oder Schabwerkzeug ausgebildet.

[0086] Der Kaltwalzvorgang und die spanende Bearbeitung haben grundsätzlich eine ähnliche Kinematik. Dadurch lässt sich das Kaltwalzen über die Kaltwalzeinrichtung 76 zur Herstellung der Roh-Verzahnung 86 und die anschließende spanende Feinbearbeitung durch die Spanbearbeitungseinrichtung 78 an der gleichen Werkzeugmaschine 10 durchführen, ohne dass die Einspannung (Aufspannung) des Werkstücks 29 geändert werden muss. Die Schlitten 50 und 52 werden beim Kaltwalzen synchron hin- und herbewegt. Bei der Spanbearbeitung wird der Schlitten 50, welcher das Spanwerkzeug 26b hält, hin- und hergefahren. Beide Male erfolgt eine y-Zustellung zum Werkstück.

[0087] Über die Übergangseinrichtung 84 lässt sich ein Übergang von den Kaltwalzwerkzeugen 26a, 28a zu dem Spanwerkzeug 26b durchführen, wobei die Verschwenkung ermöglicht ist; die hergestellte Roh-Verzahnung 86 wird nicht außer Eingriff an dem Kombinationswerkzeug 80 gebracht, so dass die Werkstückorientierung nicht verloren geht.

[0088] Wenn nach der Beendigung des Kaltwalzvorgangs bei der Verschiebung des Kombinationswerkzeugs 80 das Ende des Werkzeugs 26a erreicht ist, dann kann ein Schwenkvorgang des Werkstücks 29 eingeleitet werden, der bis zum Erreichen des Beginns des Spanwerkzeugs 26b beendet sein muss. Bei der Bewegung über die Übergangsverzahnung der Übergangseinrichtung 84 muss der Zwangslauf zwischen Vorschubbewegung des Kombinationswerkzeugs 80 in x-Richtung und Schwenkbewegung des Werkstücks 29 durch die Schwenkeinrichtung 72 nur relativ ungenau realisiert werden.

[0089] Während eines Kaltwalzvorgangs werden die Werkzeugschlitten 50 und 52 nur derart bewegt, dass die Kaltwalzwerkzeuge 26a und 28a in ständiger Wirkverbindung mit dem Werkstück 29 sind. Während der spanenden Feinbearbeitung wird das Kombinationswerkzeug 80 (nach Wegfahren des Kombinationswerkzeugs 82) nur soweit bewegt, dass lediglich das Spanwerkzeug 26b auf das Werkstück 29 wirkt.

[0090] Wie oben erwähnt, ist es möglich, dass nur eines der Kombinationswerkzeuge 80 und 82 ein Spanwerkzeug aufweist. Eine gleichmäßige Abnutzung lässt sich erreichen, wenn sowohl die Kombinationswerkzeuge 80 als auch 82 jeweils ein Spanwerkzeug aufweisen und zur gleichmäßigen Werkzeugabnutzung diese alternierend (bei unterschiedlichen Werkstücken) eingesetzt werden.

[0091] Das Kombinationswerkzeug weist in x-Richtung hintereinander liegende Spuren auf, nämlich die Profilsur des Kaltwalzwerkzeugs 26a und die Schneldenspur des Spanwerkzeugs 26b, welche durch die Übergangseinrichtung 84 verbunden sind.

[0092] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, welches in den Figuren 4 und 5 schematisch gezeigt ist, ist an dem ersten Werkzeugschlitten 50 ein erstes Kaltwalzwerkzeug 88 gehalten. Ferner ist parallel zu dem ersten Kaltwalzwerkzeug 88 an dem ersten Werkzeugschlitten 50 ein Spanwerkzeug 90 gehalten. Das erste Kaltwalzwerkzeug 88 weist eine Profilsur auf, welche parallel zu einer Schneldenspur des Spanwerkzeugs 90 liegt. Das erste Kaltwalzwerkzeug 88 und das Spanwerkzeug 90 sind an getrennten Leisten gebildet. Es ist grundsätzlich auch möglich, dass sie an der gleichen Leiste gebildet sind und insbesondere an einem Kombinationswerkzeug angeordnet sind.

[0093] An dem zweiten Werkzeugschlitten 52 ist ein zweites Kaltwalzwerkzeug 92 gehalten. Eine Werkstückhalteeinrichtung 94, an welcher der Werkstückhalter 27 angeordnet ist (welcher grundsätzlich gleich ausgebildet ist wie oben beschrieben), weist eine Verschiebungseinrichtung 96 auf, durch welche ein Werkstück coaxial oder parallel zu der Achse 70 des Werkstückhalters 27 verschieblich ist und insbesondere in der z-Richtung verschieblich ist.

[0094] Zusätzlich ist eine Schwenkeinrichtung entsprechend der Schwenkeinrichtung 72 zur Einstellung der Schwenkposition der Werkstückachse 70 bezogen

auf die x-Richtung vorgesehen.

[0095] Dadurch kann, wie in Figur 5(b) schematisch gezeigt, nach Durchführung eines Kaltwalzvorgangs mittels der Kaltwalzwerkzeuge 88 und 92 das Werkstück mit dem hergestellten Roh-Verzahnungsbereich 86 an das Spanwerkzeug 90 verschoben werden. Die Kaltwalzwerkzeuge 88 und 92 sind dabei außer Eingriff gebracht.

[0096] Erfindungsgemäß ist dabei zwischen dem ersten Kaltwalzwerkzeug 88 und dem Spanwerkzeug 90 eine Übergangseinrichtung vorgesehen sein, um eine Überführung ohne Außereingriffbringen der Verzahnung zu ermöglichen.

[0097] Ansonsten erfolgt die Verzahnungsherstellung wie oben beschrieben, das heißt es wird zunächst über die Kaltwalzwerkzeuge 88 und 92 ein Kaltwalzvorgang zur Herstellung der Roh-Verzahnung 86 durchgeführt. Dann wird der Roh-Verzahnungsbereich in Wirkeingriff mit dem Spanwerkzeug 90 gebracht, welches die Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung durchführt. Das Spanwerkzeug 90 wiederum ist beispielsweise ein Stoßwerkzeug oder ein Schabwerkzeug oder Wälzfräswerkzeug oder Wälzschälwerkzeug oder Verzahnungshonwerkzeug.

[0098] Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 2 bis 5 sind die Werkzeuge Flachwerkzeuge (Flachbackenwerkzeuge) und insbesondere Kaltwalzstangen und Spanstangen (wie Schaberstangen).

[0099] Es ist grundsätzlich auch möglich, dass für das erfindungsgemäße Verfahren zum Kaltwalzen als erstes Kaltwalzwerkzeug 98 eine Kaltwalzstange eingesetzt wird und als zweites Kaltwalzwerkzeug 100 ebenfalls eine Kaltwalzstange. Als Spanwerkzeug 102 wird ein Rundwerkzeug eingesetzt, welches um eine Achse 104 drehbar und insbesondere rotierbar ist. Die Achse 104 ist dabei insbesondere in einem Winkel (und insbesondere spitzen Winkel) zu der Achse 70 des Werkstückhalters 27 angeordnet.

[0100] Es erfolgt zunächst ein Kaltwalzvorgang mittels der Kaltwalzstangen 98 und 100 (Figur 6). Anschließend wird durch Verschiebung in der z-Richtung die hergestellte Roh-Verzahnung in Wirkeingriff mit dem Spanwerkzeug 104 gebracht. Dieses führt dann eine spanende Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung beispielsweise durch Stoßen oder Schaben durch.

[0101] Es ist beispielsweise auch möglich, wie in Figur 8 angedeutet, dass als erstes Kaltwalzwerkzeug 106 ein Rundwerkzeug (Kaltwalzrolle) eingesetzt wird und als zweites Kaltwalzwerkzeug 108 ebenfalls ein Rundwerkzeug (Kaltwalzrolle) eingesetzt wird, welche um Drehachsen 107 bzw. 109 rotierbar sind.

[0102] Bei einem Kaltwalzvorgang werden diese zur Herstellung der Roh-Verzahnung 86 zugestellt.

[0103] Nach dem Kaltwalzvorgang wird wie oben beschrieben der Roh-Verzahnungsbereich 86 in Wirkeingriff mit einem Spanwerkzeug 110 gebracht. Das Spanwerkzeug 110 kann ein Flachwerkzeug oder ein Rundwerkzeug sein.

[0104] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst ein "konventioneller" Kaltwalzprozess mit gegenüberliegenden synchron bewegten gegenläufig (bei Flachwerkzeugen) oder gleichsinnig (bei Rundwerkzeugen) angetriebenen Kaltwalzwerkzeugen durchgeführt. Die Kaltwalzwerkzeuge können dabei linear entgegengesetzt bewegte Flachwerkzeuge oder gleichsinnig rotierte Rundwerkzeuge sein. Der Kaltwalzvorgang ist ein spanloser Umformprozess.

[0105] Mit der gleichen Aufspannung des Werkstücks, welches jetzt eine Roh-Verzahnung aufweist, wird in derselben Werkzeugmaschine ein Übergang auf ein Spanwerkzeug wie beispielsweise ein Schabwerkzeug oder Stoßwerkzeug durchgeführt. Dazu wird beispielsweise das Werkstück durch eine Übergangseinrichtung mit einer Übergangsverzahnung linear verfahren und/oder verschwenkt. Die Kaltwalzwerkzeuge werden dabei außer Wirkeingriff mit dem Werkstück gebracht. Nach Erreichen des Spanwerkzeugs erfolgt eine Spanbearbeitung, durch welche die Verzahnungsqualität verbessert wird. Die Spanbearbeitung erfolgt durch lineare Bewegung (insbesondere Hin- und Herbewegung) des Spanwerkzeugs oder durch eine Drehbewegung jeweils mit y-Zustellung. Beispielsweise durch Stoßen und/oder Schaben und/oder Wälzfräsen und/oder Wälzschälen und/oder Verzahnungshonen erhält man eine Qualität der Verzahnung, welche beispielsweise für Getriebeverzahnungen geeignet ist.

[0106] Bei der erfindungsgemäßen Lösung lassen sich für das Kaltwalzen Flachwerkzeuge oder Rundwerkzeuge verwenden. Für die spanende Feinbearbeitung lässt sich ein entsprechendes Flachwerkzeug oder Rundwerkzeug verwenden.

[0107] Das Kaltwalzen und die Spanbearbeitung werden zeitlich nacheinander durchgeführt. Für die Spanbearbeitung ist eine Änderung der Winkelstellung notwendig. Dies kann durch Änderung der Winkelstellung des Werkstücks erfolgen und/oder durch entsprechende Einstellung der Winkelstellung des Spanwerkzeugs.

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine zur Herstellung von Verzahnungen an Werkstücken (29), umfassend eine Werkstückhalteeinrichtung (25), eine Kaltwalzeinrichtung (76) zur Herstellung einer Roh-Verzahnung (86) an mindestens einem durch die Werkstückhalteeinrichtung (25) gehaltenen Werkstück (29) durch Kaltwalzen, und eine Spanbearbeitungseinrichtung (78) zur spanenden Feinbearbeitung der Roh-Verzahnung (86) des mindestens einen Werkstücks (29), welches an der Werkstückhalteeinrichtung (25) gehalten ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Übergangseinrichtung (84) vorgesehen ist, durch welche ein Werkstück von einem Kaltwalzwerkzeug (26a) zu einem Spanwerkzeug (26b) bei Eingriff der Roh-Verzahnung (86) transferierbar ist, und dass die

Übergangseinrichtung (84) eine Verzahnung aufweist.

2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückhalteeinrichtung (25) mindestens einen Werkstückhalter (27) umfasst, an dem ein Werkstück (29) um eine Werkstückachse drehbar fixierbar ist.
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückhalteeinrichtung (25) mindestens eine Verschiebungseinrichtung (96) aufweist, durch welche ein Werkstück (29) in einer Richtung koaxial oder parallel zu einer Werkstückachse verschieblich ist.
4. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückhalteeinrichtung (25) mindestens eine Schwenkeinrichtung (72) aufweist, durch welche eine Winkelstellung eines Werkstücks für die spanende Feinbearbeitung einstellbar ist.
5. Werkzeugmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Winkelstellung relativ zu einer Bewegungsachse der Kaltwalzwerkzeuge (26a, 28a) einstellbar ist, und insbesondere, dass die Winkelstellung relativ zu dem Spanwerkzeug (26b) einstellbar ist.
6. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Kaltwalzwerkzeugkombination mit einem ersten Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und einem zweiten Kaltwalzwerkzeug (28a; 108), welche synchron angetrieben beweglich sind, und insbesondere, dass die Werkstückhalteeinrichtung (25) so ausgebildet ist, dass mindestens ein Werkstück zwischen dem ersten Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und dem zweiten Kaltwalzwerkzeug (28a; 108) positionierbar ist, und insbesondere, dass das erste Kaltwalzwerkzeug (26a) und das zweite Kaltwalzwerkzeug (28a) Flachwerkzeuge sind, wobei insbesondere eine Bewegungsachse (x) des ersten Kaltwalzwerkzeugs (26a) und des zweiten Kaltwalzwerkzeugs (28a) senkrecht zu einer Werkstückachse ist und insbesondere, dass eine Zustellungseinrichtung vorgesehen ist, über welche das erste Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und das zweite Kaltwalzwerkzeug (28a; 108) dem Werkstück (29) in einer Richtung (z) quer zu einer Werkstückachse zustellbar sind.
7. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Kaltwalzwerkzeugkombination mit einem ersten Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und einem zweiten Kaltwalzwerkzeug (28a; 108), welche synchron angetrieben beweglich sind, und insbesondere, dass die

Werkstückhalteeinrichtung (25) so ausgebildet ist, dass mindestens ein Werkstück zwischen dem ersten Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und dem zweiten Kaltwalzwerkzeug (28a; 108) positionierbar ist, und insbesondere,

dass das erste Kaltwalzwerkzeug (106) und das zweite Kaltwalzwerkzeug (108) Rundwerkzeuge sind, wobei insbesondere eine Drehachse (107; 109) parallel zu einer Werkstückachse ist, und insbesondere, dass eine Zustellungseinrichtung vorgesehen ist, über welche das erste Kaltwalzwerkzeug (26a; 106) und das zweite Kaltwalzwerkzeug (28a; 108) dem Werkstück (29) in einer Richtung (z) quer zu einer Werkstückachse zustellbar sind.

8. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens ein Spanwerkzeug (26b; 90; 102; 110) für die spanende Feinbearbeitung, und insbesondere, dass das mindestens eine Spanwerkzeug (26b; 90) ein Flachwerkzeug ist und/oder dass das mindestens eine Spanwerkzeug (102; 110) ein Rundwerkzeug ist und/oder dass das mindestens eine Spanwerkzeug (26b; 90; 102; 110) ein Stoßwerkzeug oder Schaberwerkzeug oder Wälzschälwerkzeug oder Wälzfräswerkzeug oder Verzahnungshonwerkzeug ist.
9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Wirkfläche des mindestens einen Spanwerkzeugs (26b; 90; 102; 110) in einem spitzen Winkel zu einer Werkstückachse orientiert bar ist, und insbesondere, dass die Winkereinstellung durch Positionierung und/oder Ausbilden des mindestens einen Spanwerkzeugs (26b; 90; 102; 110) und/oder Positionierung des zu bearbeitenden Werkstücks (29) erfolgen kann.
10. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verzahnung der Übergangseinrichtung (84) für das Werkstück (29) ein so großes Spiel aufweist und eine derart geringe Verzahnungsbreite aufweist, dass das Werkstück vom Kaltwalzwerkzeug (26a) zum mindestens einen Spanwerkzeug (26b) transferierbar ist, ohne dass das Werkstück (29) außer Eingriff kommt.
11. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übergangseinrichtung (84) zwischen dem Kaltwalzwerkzeug (26a) und dem mindestens einen Spanwerkzeug (26b) angeordnet ist.
12. Werkzeugmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens ein Werkzeug (80), welches eine Kaltwalzspur und eine Spur zur Spanbearbeitung aufweist, und

insbesondere, dass zwischen der Kaltwalzspur und der Spanspur eine Übergangsspur angeordnet ist, und insbesondere, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur bezogen auf eine Werkzeug-Bewegungsachse (x) hintereinander angeordnet sind.

13. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kaltwalzspur und die Spanspur an einer gemeinsamen Leiste angeordnet sind oder dass die Kaltwalzspur und die Spanspur bezogen auf eine Werkzeug-Bewegungsachse (x) nebeneinander angeordnet sind, und insbesondere, dass die Kaltwalzspur und die Spanspur an unterschiedlichen Leisten angeordnet sind.
14. Verfahren zur Herstellung einer Verzahnung an einem Werkstück mittels einer Werkzeugmaschine, bei dem ein Werkstück an einem Werkstückhalter eingespannt wird, eine Roh-Verzahnung durch Kaltwalzen mittels eines ersten Kaltwalzwerkzeugs und eines zweiten Kaltwalzwerkzeugs hergestellt wird, und die Roh-Verzahnung mittels mindestens eines Spanwerkzeugs an derselben Werkzeugmaschine in der gleichen Aufspannung feinbearbeitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück an das mindestens eine Spanwerkzeug über eine Übergangsverzahnung gefahren wird, wobei die Übergangsverzahnung bewirkt, dass das Werkstück in Eingriff bleibt.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück nach dem Kaltwalzen mit einer Werkstückachse verschwenkt wird und/oder linear verschoben wird.

Claims

1. Machine tool for the production of teeth on workpieces (29), comprising a workpiece holding device (25), a cold rolling device (76) for the production of rough teeth (86) on at least one workpiece (29) held by the workpiece holding device (25) by way of cold rolling, and a device for machining by chip removal (78) for the fine machining by chip removal of the rough teeth (86) of the at least one workpiece (29) held on the workpiece holding device (25), **characterized in that** a transfer device (84) is provided for transferring a workpiece from a cold rolling tool (26a) to a tool for machining by chip removal (26b) with engagement of the rough teeth (86), and **in that** the transfer device (84) has teeth.
2. Machine tool as defined in claim 1, **characterized in that** the workpiece holding device (25) comprises at least one workpiece holder (27), on which a workpiece (29) is fixable so as to be rotatable about a workpiece axis.

3. Machine tool as defined in claim 1 or 2, **characterized in that** the workpiece holding device (25) has at least one displacement device (96), by means of which a workpiece (29) is displaceable in a direction coaxial or parallel to a workpiece axis. 5
4. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the workpiece holding device (25) has at least one pivoting device (72), by means of which an angular position of a workpiece is adjustable for the fine machining by chip removal. 10
5. Machine tool as defined in claim 4, **characterized in that** the angular position is adjustable relative to an axis of movement of the cold rolling tools (26a, 28a), and, in particular, **in that** the angular position is adjustable relative to the tool for machining by chip removal (26b). 15
6. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized by** at least one combination of cold rolling tools with a first cold rolling tool (26a; 106) and a second cold rolling tool (28a; 108) driven for synchronous movement, and, in particular, in that the workpiece holding device (25) is designed such that at least one workpiece is positionable between the first cold rolling tool (26a; 106) and the second cold rolling tool (28a; 108), and, in particular, in that the first cold rolling tool (26a) and the second cold rolling tool (28a) are flat tools, in particular, an axis of movement (x) of the first cold rolling tool (26a) and of the second cold rolling tool (28a) being at right angles to a workpiece axis, and, in particular, in that a feeding device is provided for advancing the first cold rolling tool (26a; 106) and the second cold rolling tool (28a; 108) to the workpiece (29) in a direction (z) transverse to a workpiece axis. 20 25 30
7. Machine tool as defined in any one of claims 1 to 5, **characterized by** at least one combination of cold rolling tools with a first cold rolling tool (26a; 106) and a second cold rolling tool (28a; 108) driven for synchronous movement, and, in particular, in that the workpiece holding device (25) is designed such that at least one workpiece is positionable between the first cold rolling tool (26a; 106) and the second cold rolling tool (28a; 108), and, in particular, in that the first cold rolling tool (106) and the second cold rolling tool (108) are round tools, in particular, an axis of rotation (107; 109) being parallel to a workpiece axis, and, in particular, in that a feeding device is provided for advancing the first cold rolling tool (26a; 106) and the second cold rolling tool (28a; 108) to the workpiece (29) in a direction (z) transverse to a workpiece axis. 35 40 45 50
8. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized by** at least one tool for machining by chip removal (26b; 90; 102; 110) for the fine machining by chip removal, and, in particular, in that the at least one tool for machining by chip removal (26b; 90) is a flat tool, and/or in that the at least one tool for machining by chip removal (102; 110) is a round tool, and/or in that the at least one tool for machining by chip removal (26b; 90; 102; 110) is a shaping tool or shaving tool or hob peeling tool or hob cutting tool or tooth honing tool. 55
9. Machine tool as defined in claim 8, **characterized in that** an operative surface of the at least one tool for machining by chip removal (26b; 90; 102; 110) can be oriented at an acute angle in relation to a workpiece axis, and, in particular, **in that** the angular adjustment can be brought about by the positioning and/or the design of the at least one tool for machining by chip removal (26b; 90; 102; 110) and/or the positioning of the workpiece (29) to be machined.
10. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the teeth of the transfer device (84) for the workpiece (29) have such a large clearance and have such a small tooth width that the workpiece is transferable from the cold rolling tool (26a) to the at least one tool for machining by chip removal (26b) without the workpiece (29) becoming disengaged.
11. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized in that** the transfer device (84) is arranged between the cold rolling tool (26a) and the at least one tool for machining by chip removal (26b).
12. Machine tool as defined in any one of the preceding claims, **characterized by** at least one tool (80) having a cold rolling track and a track for machining by chip removal, and, in particular, in that a transfer track is arranged between the cold rolling track and the track for machining by chip removal, and, in particular, in that the cold rolling track and the track for machining by chip removal are arranged one behind the other with respect to a tool axis of movement (x).
13. Machine tool as defined in claim 12, **characterized in that** the cold rolling track and the track for machining by chip removal are arranged on a common rail, or **in that** the cold rolling track and the track for machining by chip removal are arranged next to one another with respect to a tool axis of movement (x), and, in particular, **in that** the cold rolling track and the track for machining by chip removal are arranged on different rails.
14. Method for the production of teeth on a workpiece by means of a machine tool, wherein a workpiece is clamped on a workpiece holder, rough teeth are pro-

duced by way of cold rolling by means of a first cold rolling tool and a second cold rolling tool, and the rough teeth are fine-machined by means of at least one tool for machining by chip removal on the same machine tool in the same clamping position, **characterized in that** the workpiece is conveyed to the at least one tool for machining by chip removal via transfer teeth, the transfer teeth causing the workpiece to remain in engagement.

15. Method as defined in claim 14, **characterized in that** after the cold rolling the workpiece is pivoted and/or displaced linearly with a workpiece axis.

Revendications

1. Machine-outil pour la réalisation de dentures sur des pièces (29), comprenant un dispositif de serrage de la pièce (25), un dispositif de laminage à froid (76) pour la réalisation d'une denture brute (86) par laminage à froid sur au moins une pièce (29) maintenue par le dispositif de serrage de la pièce (25), et un dispositif d'usinage par enlèvement de copeaux (78) pour le finissage par enlèvement de copeaux de la denture brute (86) de l'au moins une pièce (29) maintenue sur le dispositif de serrage de la pièce (25), **caractérisée en ce qu'**un dispositif de transfert (84) est prévu, au moyen duquel une pièce est transférable d'un outil de laminage à froid (26a) à un outil d'enlèvement de copeaux (26b) par engrènement de la denture brute (86), et **en ce que** le dispositif de transfert (84) comporte une denture.
2. Machine-outil selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le dispositif de serrage de la pièce (25) comprend au moins un porte-pièce (27) sur lequel une pièce (29) peut être fixée de manière pivotante autour d'un axe de pièce.
3. Machine-outil selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisée en ce que** le dispositif de serrage de la pièce (25) comporte au moins un dispositif de déplacement (96) au moyen duquel une pièce (29) peut être déplacée dans une direction coaxiale ou parallèle à un axe de pièce.
4. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le dispositif de serrage de la pièce (25) comporte au moins un dispositif de pivotement (72) au moyen duquel il est possible de régler une position angulaire d'une pièce pour le finissage par enlèvement de copeaux.
5. Machine-outil selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la position angulaire est réglable par rapport à un axe de déplacement de l'outil de laminage à froid (26a, 28a), et en particulier **en ce que** la po-

sition angulaire est réglable par rapport à l'outil d'enlèvement de copeaux (26b).

6. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée par** au moins une combinaison d'outils de laminage à froid avec un premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et un deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108), déplaçables par entraînement synchrone, et **caractérisée en particulier** en ce qu'au moins une pièce est positionnable entre le premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et le deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108), et en particulier en ce que le premier outil de laminage à froid (26a) et le deuxième outil de laminage à froid (28a) sont des outils plats, un axe de déplacement (x) du premier outil de laminage à froid (26a) et du deuxième outil de laminage à froid (28a) étant notamment perpendiculaire à un axe de pièce, et en particulier en ce qu'un dispositif d'avance est prévu, au moyen duquel le premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et le deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108) peuvent être avancés vers la pièce (29) dans une direction (z) transversale à un axe de pièce.
7. Machine-outil selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée par** au moins une combinaison d'outils de laminage à froid avec un premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et un deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108), déplaçables par entraînement synchrone, et **caractérisée en particulier** en ce que le dispositif de serrage de la pièce (25) est réalisé de telle manière qu'au moins une pièce soit positionnable entre le premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et le deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108), et en particulier en ce que le premier outil de laminage à froid (106) et le deuxième outil de laminage à froid (108) sont des outils cylindriques, un axe de rotation (107 ; 109) étant notamment parallèle à un axe de pièce, et en particulier en ce qu'un dispositif d'avance est prévu, au moyen duquel le premier outil de laminage à froid (26a ; 106) et le deuxième outil de laminage à froid (28a ; 108) peuvent être avancés vers la pièce (29) dans une direction (z) transversale à un axe de pièce.
8. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée par** au moins un outil d'enlèvement de copeaux (26b ; 90 ; 102 ; 110) pour le finissage par enlèvement de copeaux, et **caractérisée en particulier** en ce que le ou les outils d'enlèvement de copeaux (26b ; 90) sont des outils plats et/ou en ce que le ou les outils d'enlèvement de copeaux (102 ; 110) sont des outils cylindriques et/ou en ce que le ou les outils d'enlèvement de copeaux (26b ; 90 ; 102 ; 110) sont des outils à percussion, des outils à gratter, des outils à écrouter, des outils à tailler à la fraise-mère ou des outils à roder les dentures.

9. Machine-outil selon la revendication 8, **caractérisée en ce qu'**une surface active du ou des outils d'enlèvement de copeaux (26b ; 90 ; 102 ; 110) est orientable suivant un angle aigu par rapport à un axe de pièce, et en particulier **en ce que** le réglage angulaire peut être effectué par le positionnement et/ou la conception du ou des outils d'enlèvement de copeaux (26b ; 90 ; 102 ; 110) et/ou le positionnement de la pièce à usiner (29).
10. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la denture du dispositif de transfert (84) pour la pièce (29) présente un jeu si important et une largeur de denture si réduite que la pièce peut être transférée de l'outil de laminage à froid (26a) à au moins un outil d'enlèvement de copeaux (26b) sans que la pièce (29) soit désengrenée.
11. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le dispositif de transfert (84) est disposé entre l'outil de laminage à froid (26a) et l'au moins un outil d'enlèvement de copeaux (26b).
12. Machine-outil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée par** au moins un outil (80) comportant une voie de laminage à froid et une voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux, et **caractérisée en** particulier en ce qu'une voie de transfert est disposée entre la voie de laminage à froid et la voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux, et en particulier en ce que la voie de laminage à froid et la voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux sont disposées l'une derrière l'autre par rapport à un axe de déplacement d'outil (x).
13. Machine-outil selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** la voie de laminage à froid et la voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux sont disposées sur une barre commune, ou en ce que la voie de laminage à froid et la voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux sont disposées l'une à côté de l'autre par rapport à un axe de déplacement d'outil (x), et en particulier **en ce que** la voie de laminage à froid et la voie pour l'usinage par enlèvement de copeaux sont disposées sur des barres différentes.
14. Procédé de réalisation d'une denture sur une pièce au moyen d'une machine-outil où une pièce est serré sur un porte-pièce, une denture brute étant réalisée par laminage à froid au moyen d'un premier outil de laminage à froid et d'un deuxième outil de laminage à froid, et la denture brute étant soumise à un finissage au moyen d'au moins un outil d'enlèvement de copeaux sur la même machine-outil lors du même serrage, **caractérisé en ce que** la pièce est déplacée vers le ou les outils d'enlèvement de copeaux
- au moyen d'une denture de transfert, ladite denture de transfert ayant pour effet que la pièce reste engrenée.
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce qu'**après laminage à froid, la pièce est pivotée par un axe de pièce et/ou déplacée linéairement.

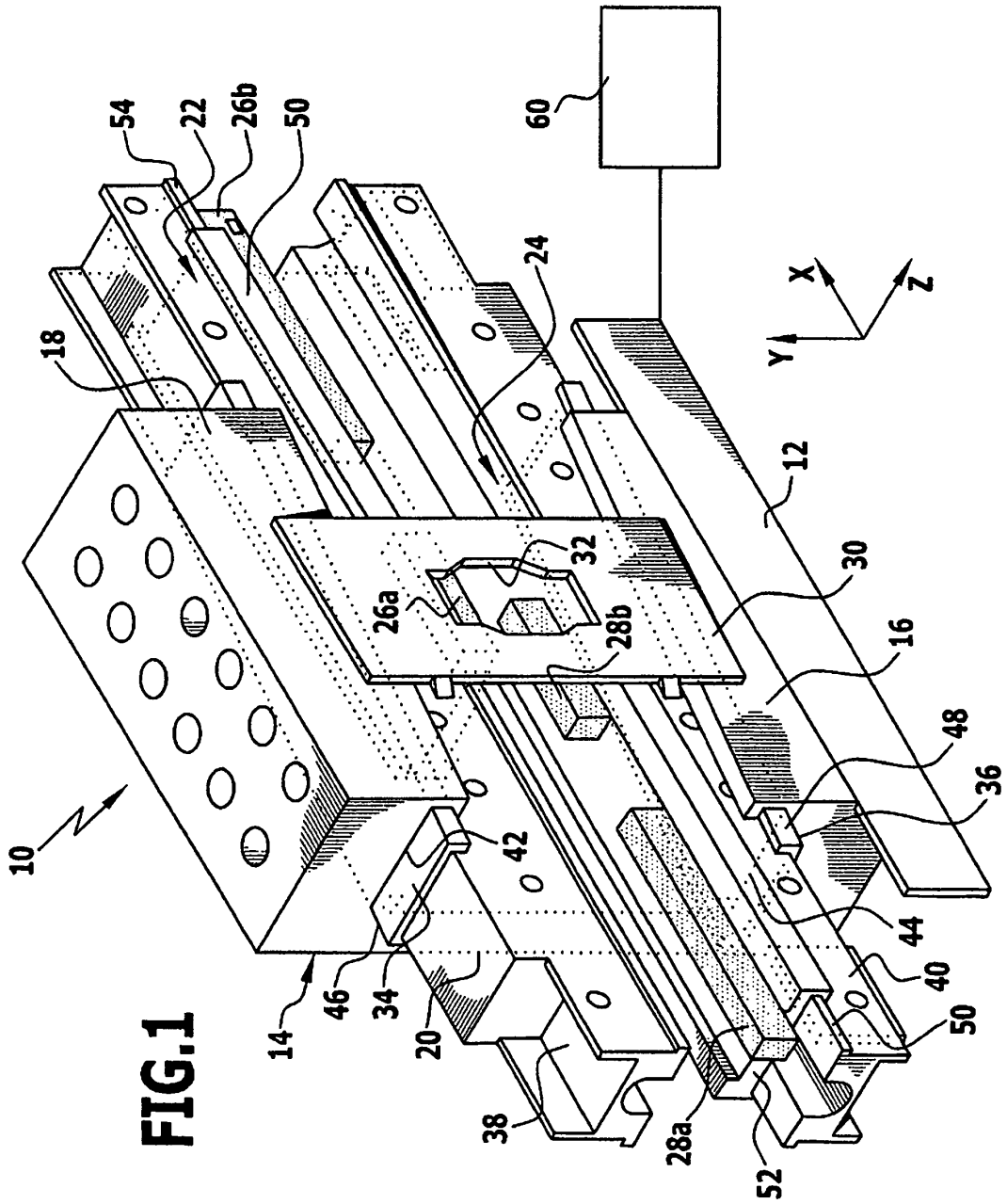


FIG.2A

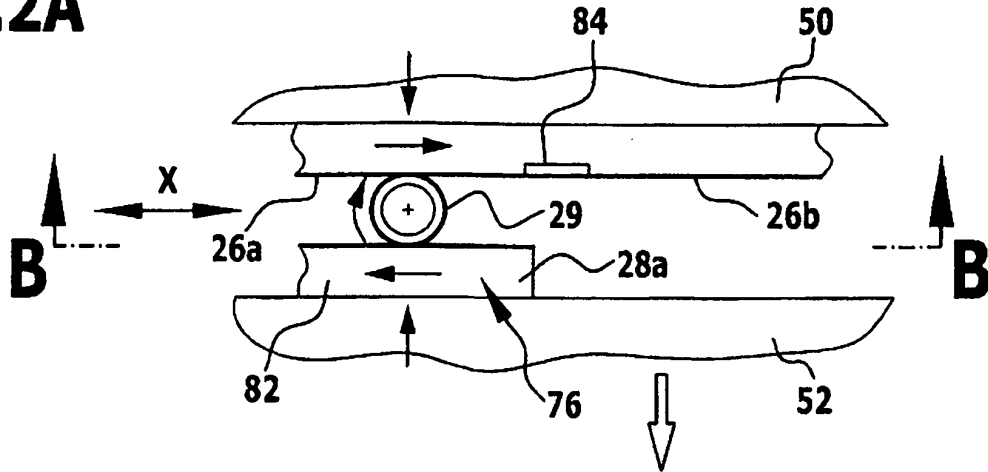


FIG.2B

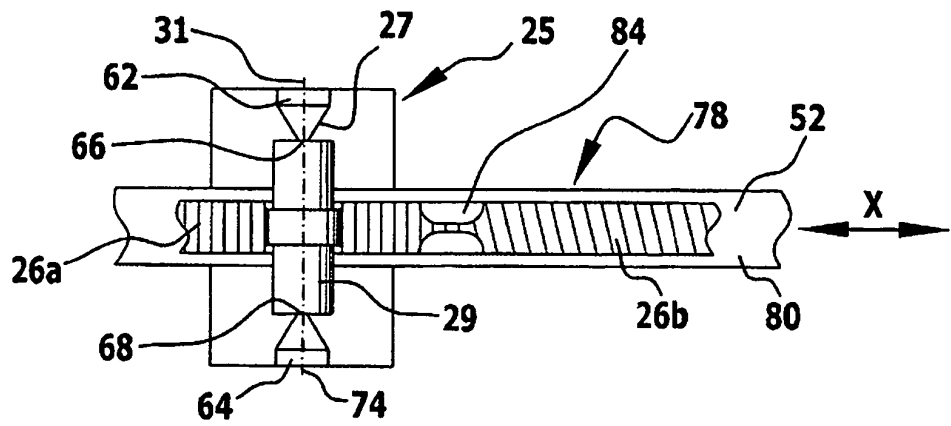


FIG.2C

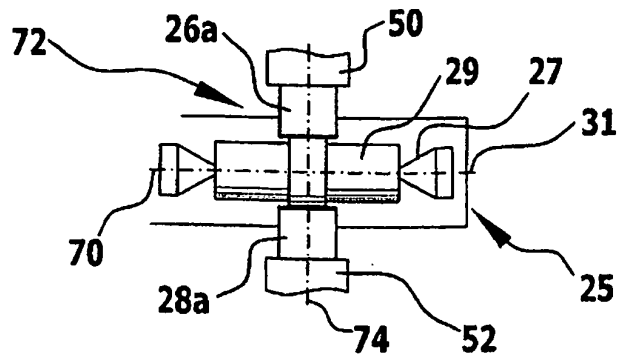


FIG.3A

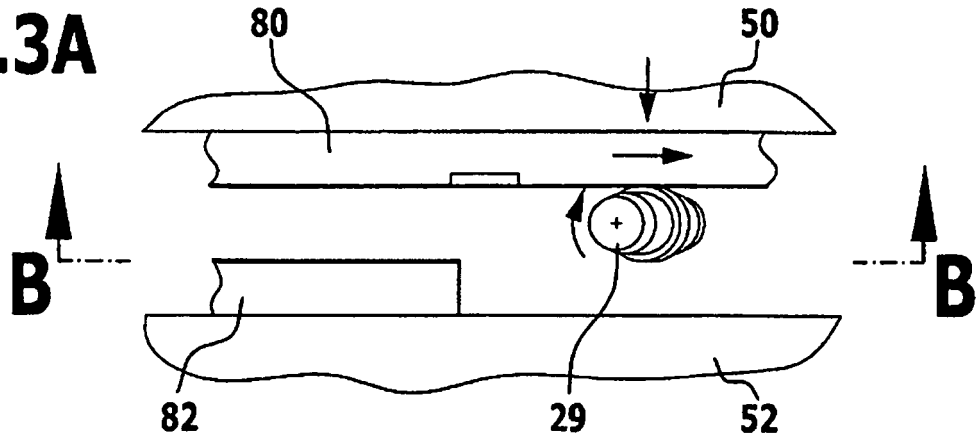


FIG.3B

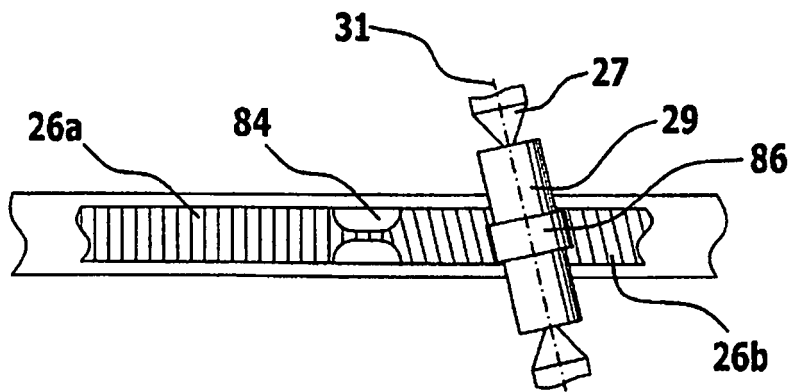


FIG.4A

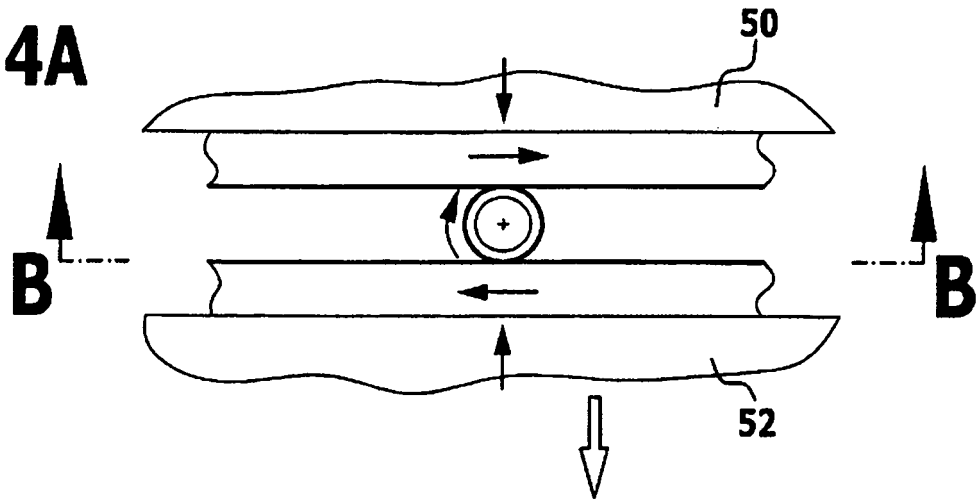


FIG.4B

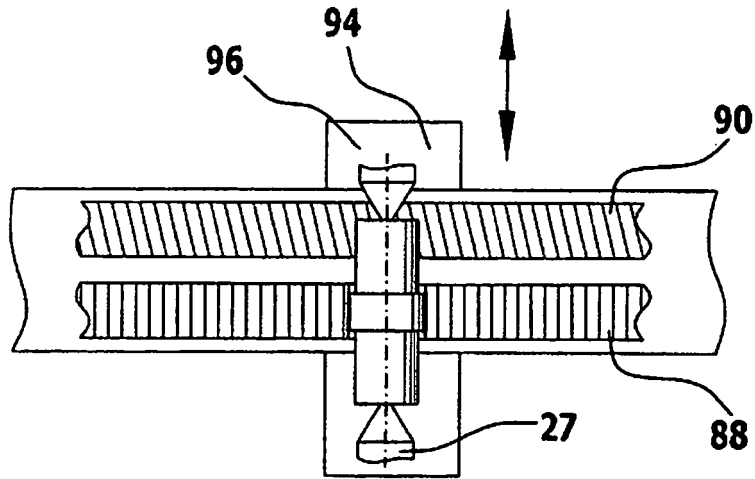


FIG.4C

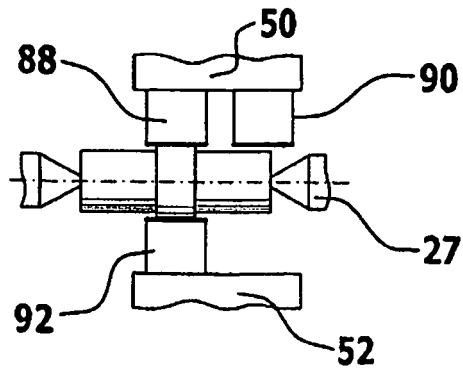


FIG.5A

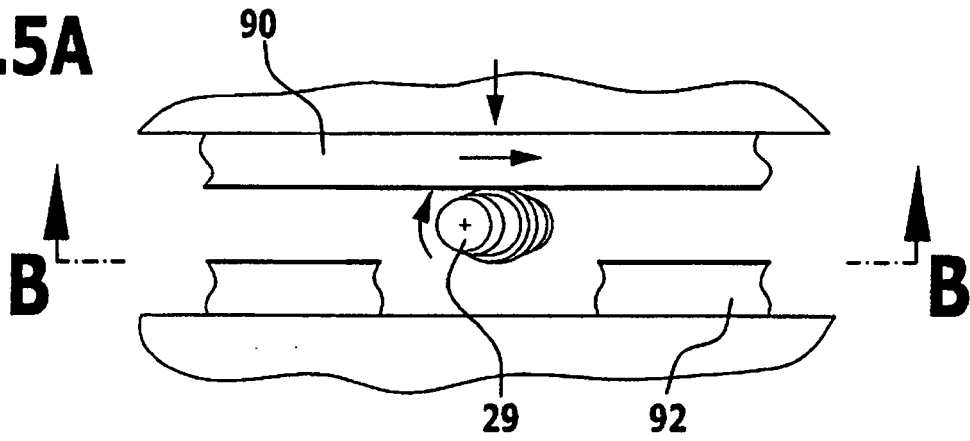


FIG.5B

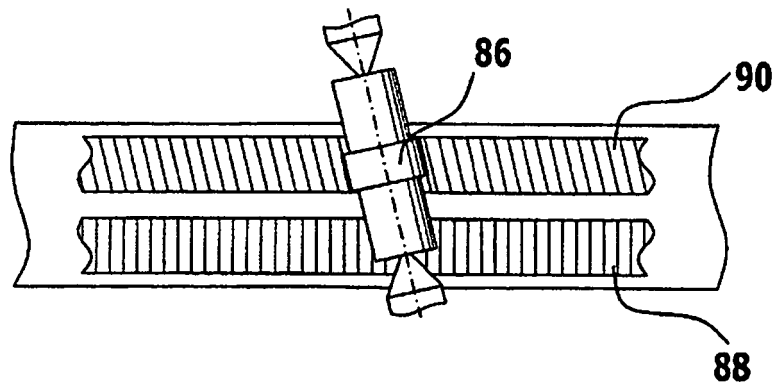


FIG.6A

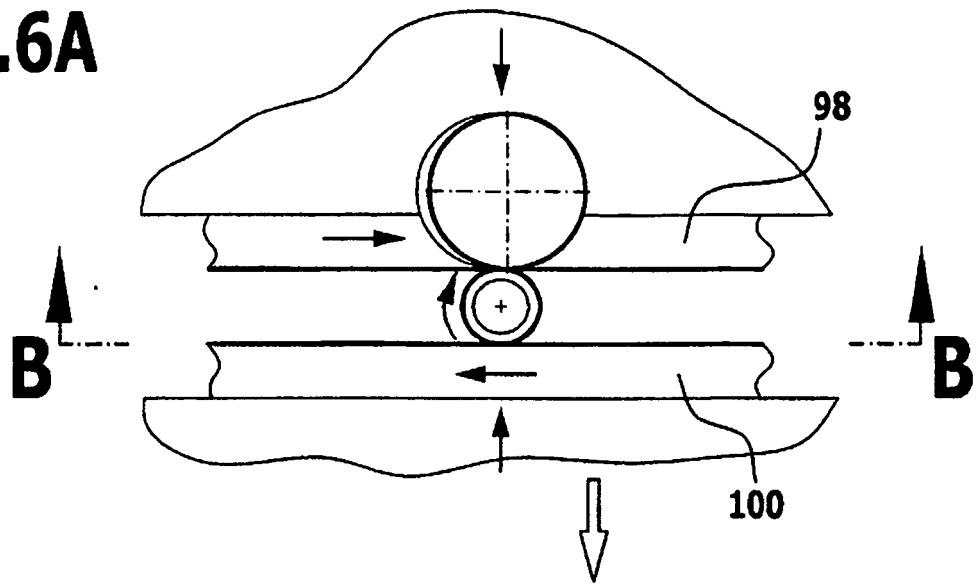


FIG.6B

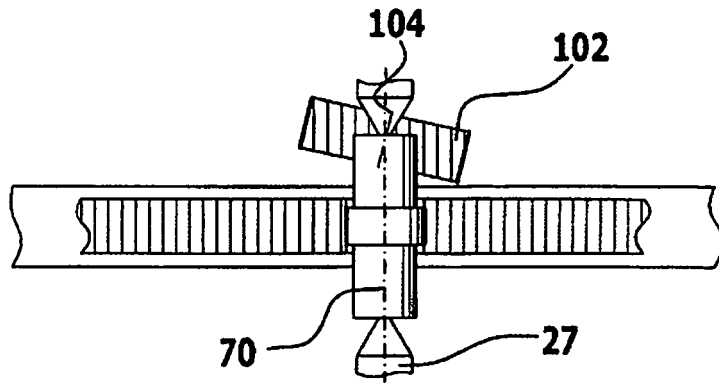


FIG.6C

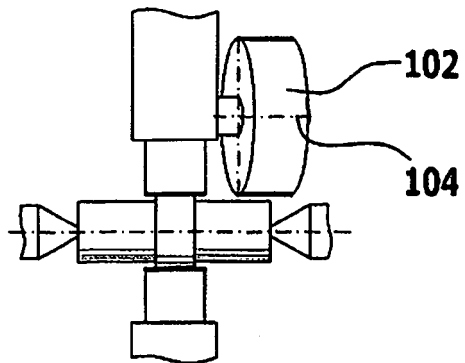


FIG.7A

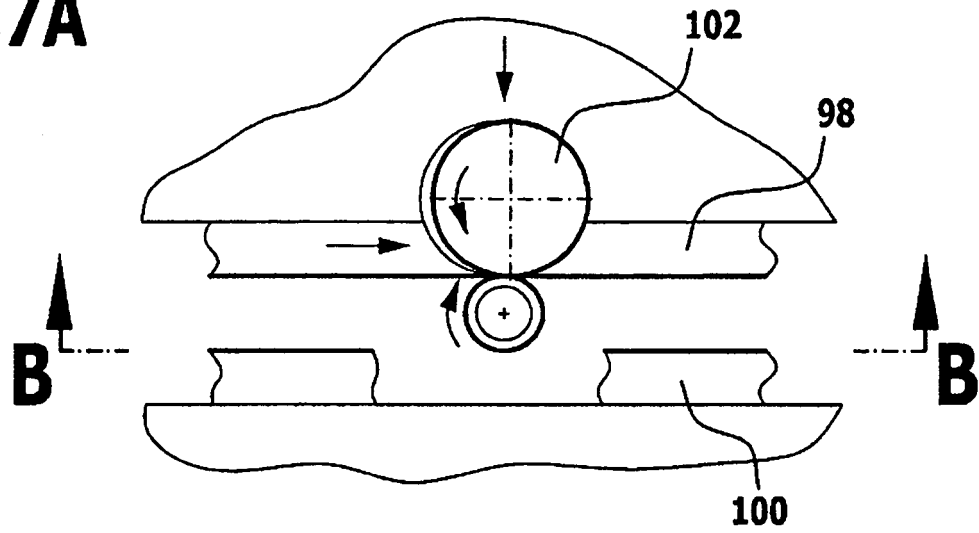


FIG.7B

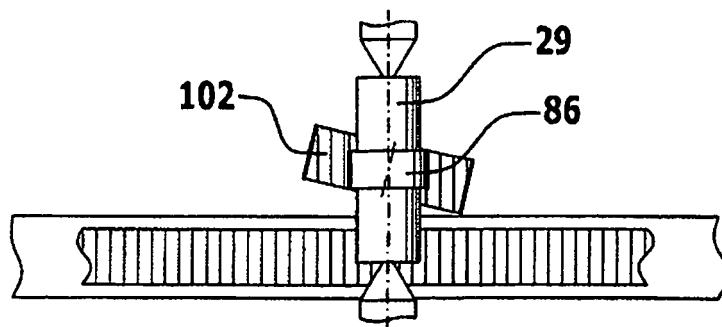
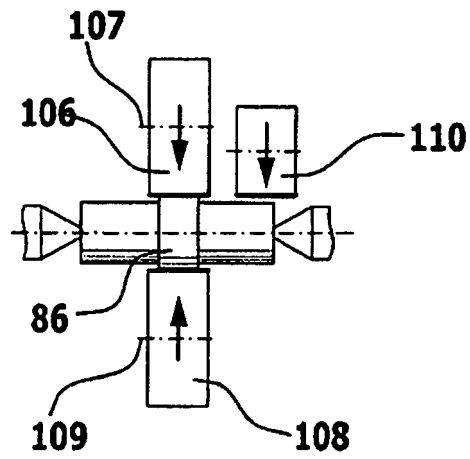


FIG.8



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

- WO 0194048 A1 [0003] [0025] [0058] [0060] [0080]
- WO 2006045566 A1 [0004] [0080]
- DE 2604281 A1 [0005]
- DE 19650350 C2 [0006]
- DE 32054740 [0007]
- DE 2054740 [0009]
- US 20040007034 A1 [0058] [0060]