

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1776/2009**

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

(22) Anmeldetag: **10.11.2009**

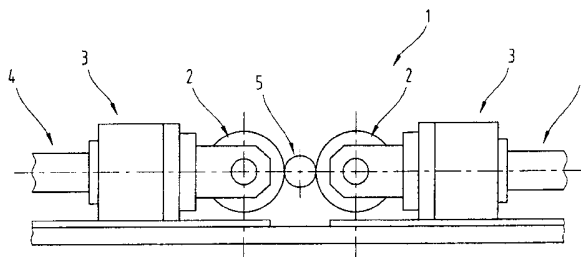
(43) Veröffentlicht am: **15.05.2011**

(73) Patentinhaber:

MIBA SINTER AUSTRIA GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(54) **WALZWERKZEUG**

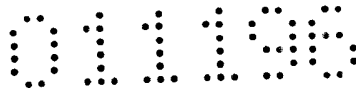
(57) Die Erfindung betrifft ein Walzwerkzeug (2) zur Herstellung einer balligen Verzahnung auf einem Zahnrad (5) durch Querwalzen, insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades (5), mit einem Werkzeugkörper (6), der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne (7) für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades (5) aufweist, wobei die Werkzeugzähne (7) im Bereich der Zahnflanken in axialer Richtung zumindest bereichsweise hohlballig ausgeführt sind.



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft ein Walzwerkzeug (2) zur Herstellung einer balligen Verzahnung auf einem Zahnrad (5) durch Querwalzen, insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades (5), mit einem Werkzeugkörper (6), der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne (7) für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades (5) aufweist, wobei die Werkzeugzähne (7) im Bereich der Zahnflanken in axialer Richtung zumindest bereichsweise hohlballig ausgeführt sind.

Fig. 1



Die Erfindung betrifft ein Walzwerkzeug zur Herstellung einer balligen Verzahnung auf einem Zahnrad durch Querwalzen, insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades, mit einem Werkzeugkörper, der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades aufweist, eine Vorrichtung zum Walzen der Verzahnung eines Zahnrades, insbesondere zum zumindest bereichsweise Verdichten der Verzahnung des Zahnrades, mit zwei zahnradartigen Walzwerkzeugen zum kämmenden Eingriff in die Verzahnung des Zahnrades, wobei die Walzwerkzeuge jeweils in einer Halteeinrichtung gehalten sind, die auf jeweils einer Walzspindel angeordnet sind, ein Verfahren zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung eines Zahnrades durch Querwalzen der Verzahnung unter kämmenden Eingriff von Zähnen einer Werkzeugverzahnung von zwei Walzwerkzeugen, sowie ein Zahnrad mit einer, Zähne aufweisenden Stirnverzahnung, wobei die Zähne im Bereich von Zahnflanken eine sich in axialer Richtung erstreckende Breitenballigkeit mit konvexer Krümmung aufweisen.

Für Laufverzahnungen ist es üblich, um gute Laufeigenschaften zu erreichen, Verzahnungsmodifikationen in Form von kreisbogenförmigen Balligkeiten über die Verzahnungsbreite anzubringen. Generell ist bekannt, dass durch ballig ausgeführte Verzahnungen nachteilige Tragbilder, wie zum Beispiel Kantenträger, das heißt, dass der Kontaktbereich der Flanken nur im Randbereich der Verzahnung eintritt, welche zu lokal überhöhten Pressungen an den Kontaktbereichen führen können, vermeidbar sind. Weiters verursachen Kantenträger ein ungünstiges Geräuschverhalten der Verzahnung. Ein zusätzlicher Vorteil von balligen Verzahnungen ist, dass Parallelitätsfehler der Wellen, auf denen die Laufräder montiert sind, kompensiert werden können.

Breitenballigkeiten können beispielsweise im Zuge der Hartfein-Bearbeitung der Verzahnung, wie zum Beispiel durch Hohnen oder Schleifen, aufgebracht werden. Kann aufgrund niedrigerer Qualitätsanforderungen der Verzahnung auf eine Hartfein-Bearbeitung

verzichtet werden, wäre es von Vorteil eine Breitenballigkeit im Zuge der Herstellung der Verzahnung vor der Wärmebehandlung herzustellen.

Aus der DE 1 652 654 A ist ein Verfahren zum Balligwalzen der Verzahnung von Zahnrädern bekannt, nach dem die Achse des Werkstückes mit Bezug auf das Walzwerkzeug einerseits eine Drehbewegung um die Walzachse und andererseits eine Taumelbewegung der Walzachse längs der Bahn eines Kegels ausführt, dessen Spitze in der Walzachse liegt, wobei die Umlaufdrehzahl des Werkstückes um die Walzachse und die Drehzahl der zusätzlichen Taumelbewegung voneinander abweichen. Das Werkstück wird zur Durchführung des Verfahrens zwischen zwei Körnerspitzen eingespannt, die exzentrisch mit Bezug auf die Walzachse auf den Mänteln zweier Kegel liegen, deren Spitze in der Walzachse liegt. Nach Beendigung des Hauptverformungsvorganges kann der schwenkbar gelagerte Walzkopf mit dem Wert der erwünschten Balligkeit in einer oder in mehreren Richtungen von seiner Nullstellung auf der Walzachse ausgeschwenkt werden. Es ist damit möglich eine radiale Balligkeit der Verzahnung oder eine Längsballigkeit, das heißt axiale Balligkeit, der Verzahnung, herzustellen. Nachteilig hieran ist, dass eine zusätzliche Taumelbewegung durchgeführt wird, wodurch Präzisionsverzahnungen schwer bzw. gar nicht herstellbar sind.

Aus der DE 2 060 579 A ist ein zahnradartiges Walzwerkzeug zum spanlosen Feinbearbeiten der vorverzahnten Zahnflanken von Zahnrädern mit Innen- oder Außenverzahnung, insbesondere von Stirn- oder Kegelrädern, durch Umformen mittels einer Flächenpressung zwischen den Zahnflanken des Werkzeuges und des Werkstückes hervorrufen der Anpresskraft bekannt. Das Walzwerkzeug selbst weist eine ballige Verzahnung auf, um damit eine verhältnismäßig kleine Berührzone zu schaffen, um die notwendige Flächenpressung bei kleiner, äußerer Anpresskraft erzielen zu können. Die Herstellung einer Breitenballigkeit auf einem Zahnrad wird darin allerdings nicht beschrieben.

Aus der DE 32 19 674 A1 ist ein zahnstangenförmiges Werkzeug zum Kaltrollen einer Balligverzahnung bekannt, mit einem Werkzeugträger und einem daran montierten Werkzeugeinsatz. Letzterer weist eine durch lineares Schleifen und Wölben des Werkzeugeinsatzes hergestellte Zahnung auf, deren Zahnform zur Zahnform der Balligverzahnung komplementär ist. Die Herstellung des Werkzeugeinsatzes kann in der Weise erfolgen, dass man an einem flachen, plattenförmigen Einsatzrohling mit ebenen Hauptflächen durch lineares Schleifen eine Zahnung mit geraden Zähnen erzeugt und den Einsatz dann so an der Zahnstange befestigt, dass sich für das Arbeiten mit dem Werkzeug die ge-

wünschte, zu einer Balligverzahnung komplementäre Form der Zähne ergibt. Nachteilig ist hieran, dass das Werkzeug im kontinuierlichen Produktionsprozess einer Zahnradfertigung nur bedingt einsetzbar ist und dass durch die erforderlichen Biegungen im Werkzeugeinsatz einerseits es schwierig ist, eine Verzahnung zu erhalten, welche geringe Toleranzen aufweist, andererseits der Werkzeugeinsatz selbst unter der ständigen Biegebeanspruchung leidet, selbst wenn der Werkstoff elastische Eigenschaften aufweist.

Es ist Aufgabe der Erfindung eine Möglichkeit anzugeben, mit der eine breitenballige Verzahnung auf einem Zahnrad hergestellt werden kann.

Erfindungsgemäß wird dies durch das eingangs genannte Walzwerkzeug gelöst, bei dem die Werkzeugzähne im Bereich der Zahnflanken in axialer Richtung zumindest bereichsweise hohlballig ausgeführt sind, unabhängig hiervon durch ein Walzwerkzeug, bei dem der Werkzeuggestaltkörper in axialer Richtung einen Verdichtungsbereich und einen davon getrennten Bereich zur Erzeugung der Balligkeit auf der Verzahnung des Zahnrades aufweist, unabhängig hiervon durch die eingangs genannte Vorrichtung bei der die Walzspindeln und/oder zumindest ein Teil der Halteeinrichtungen verschwenkbar ausgebildet sind, unabhängig hiervon durch das Verfahren bei dem die Verdichtung mit erfindungsgemäßen Walzwerkzeugen oder mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Walzen der Verzahnung eines Zahnrades durchgeführt wird, sowie durch ein Zahnrad, bei dem die Breitenballigkeit einen progressiven Verlauf des Krümmungsradius aufweist, wobei der Krümmungsradius beginnend von einem Scheitelbereich der Krümmung bis in den Bereich des Übergangs zu Stirnflächen des Zahnrades größer wird.

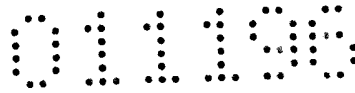
Durch die hohlballige Ausführung der Zahnflanken der Werkzeugzähne, das heißt durch deren konkav nach innen gekrümmten Oberflächen, ist es möglich, die Breitenballigkeit an dem zu fertigenden Zahnrad im Zuge des Verdichtungsprozesses von Sinterzahnradern durch Querwalzen anzubringen, sodass also eine taktzeitneutrale Bearbeitung zur Herstellung der Breitenballigkeit erreicht wird. Es sind dabei beliebige Kurvenformen der Balligkeit darstellbar, also beispielsweise Kreisbogenformen, segmentierte Formen aus Kreisbögen und Linien, etc. Von Vorteil ist weiters, dass der gesamte Zahn, das heißt der Zahnfuß, die Zahnflanke und der Zahnkopf gewalzt wird, sodass eine gleich bleibende Oberflächengüte des fertigen Zahnrades erreicht werden kann. Somit kann die Ausbildung der Breitenballigkeit im Zuge der so genannten Hartfein-Bearbeitung oder durch einen separaten Arbeitsgang entfallen. Es können damit so genannte „net shape“ Verzahnungen ohne Nachbearbeitung mit guten Laufeigenschaften ermöglicht werden. Durch

die Ausbildung des Walzwerkzeuges mit einem separaten Verdichtungsbereich wird erreicht, dass die Werkzeugfertigung vereinfacht werden kann. Zudem wird damit die Walzzeit praktisch nicht bzw. unwesentlich verlängert. Von Vorteil dabei ist weiters, dass bei Bruch des Verdichtungsbereichs des Werkzeuges das teurere Walzwerkzeug zur Herstellung der Balligkeit weiter verwendet werden kann. Letzteres ist insbesondere deswegen teurer, da diese Werkzeuge üblicherweise schleiftechnisch auf CNC-Profilschleifmaschinen hergestellt werden. Diese Werkzeugausführung ist auch zur Herstellung einer Breitenballigkeit der Zahnflanken auf schräg verzahnten Zahnrädern geeignet, indem das herzustellende Zahnrad axial unverschiebbar festgehalten wird.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Walzen von Zahnrädern wird zudem erreicht, dass die Geometrie der Balligkeit durch das Einschwenkmaß einstellbar ist, zudem ist damit das Anbringen der Breitenballigkeit beim Walzen auch ohne aufwändige Walzwerkzeuge möglich, sodass also herkömmliche aus dem Stand der Technik bekannte zylindrische Walzwerkzeuge ebenfalls verwendet werden können. Auch bei dieser Ausführungsvariante der Erfindung ist die Ausbildung der Breitenballigkeit im Verdichtungsprozess von Sinterzahnradern durch Querwalzen möglich, wodurch wiederum eine Taktzeitneutralität erreicht wird.

Generell wird der Vorteil erreicht, dass durch das Walzen relativ einfach beliebige Kurvenformen erzeugt werden können. Beispielsweise kann die Form der Balligkeit neben den voranstehend genannten Formen auch polynomische Funktionen erfüllen. Es ist damit möglich die Balligkeit beispielsweise progressiv auszuführen, das heißt, dass die Krümmung zum Rand der Verzahnung, also zu den Stirnflächen der Zahnräder, vergrößert wird. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass bei wenig Last bereits fast die gesamte Zahnradbreite mit dem Gegenrad Kontakt hat. Wird in der Folge die Last gesteigert, trägt die progressive Form unwesentlich zur Vergrößerung der Kontaktfläche bei, verhindert aber sehr effizient, dass die Kante des Zahnrades zur Kontaktfläche wird und damit ein so genannter Kantenträger entstehen würde. Da es sich bei einer Kante um eine starke Nichtlinearität handelt, bewirkt die Vermeidung von Kantenträgern ein günstiges Geräuschverhalten des Zahnrades.

Zur Erläuterung sei angemerkt, dass unter dem Begriff Breitenballigkeit eine Balligkeit in axialer Richtung der Zähne eines Zahnrades verstanden wird.



Der hohlballige Bereich kann in radialer Richtung zumindest zwei zueinander unterschiedliche Krümmungsradien aufweisen um damit ein besseres Tragbild des Zahnrades zu erhalten.

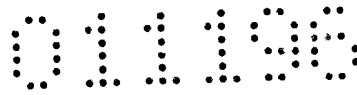
Gemäß einer Ausführungsvariante des Walzwerkzeuges ist vorgesehen, dass an den Zahnflanken in axialer Richtung mehrere hohlballige Bereiche hintereinander angeordnet sind. Durch diese Mehrspurigkeit des Walzwerkzeuges wird eine gleichzeitige Bearbeitung von mehreren Zahnrädern ermöglicht. Andererseits ist es damit möglich, bei einem einzelnen Zahnrad unterschiedliche Bearbeitungsschritte der Bearbeitung der Verzahnung mit nur einem Walzwerkzeug vorzunehmen.

Von Vorteil ist dabei, wenn zwischen zwei benachbart angeordneten Bereichen ein Steg ausgebildet ist. Es kann damit die Spurtreue beim Walzen von Verzahnungen mehrerer Zahnräder verbessert werden.

Zumindest zwei der mehreren hohlballigen Bereiche können eine zueinander unterschiedliche, konkave Krümmung in axialer Richtung aufweisen, wodurch die Breitenballigkeit der Verzahnung des Zahnrades hinsichtlich ihrer Geometrie eine höhere Genauigkeit erreichen kann, da die Bearbeitung in mehreren Einzelschritten ein geringeres Umformmaß ermöglicht wird.

Insbesondere ist dabei die Abfolge der unterschiedlich konkav gekrümmten, hohlballigen Bereiche derart ausgestaltet, dass der Krümmungsradius der Hohlballigkeit zwischen den einzelnen Bearbeitungsschritten zunimmt, sodass in den aufeinander folgenden Bereichen Material in den Randbereich, das heißt in den Kantenbereich, also dem Übergang zwischen der Stirnfläche und der Verzahnung des Zahnrades, verbracht werden kann, wodurch die Festigkeit in diesem Randbereich gesteigert werden kann.

Zumindest zwei der mehreren, hohlballigen Bereiche können sich zumindest im Scheitelbereich der konkaven Krümmung hinsichtlich ihres Durchmessers unterscheiden. Es ist damit wiederum der Verdichtungs Vorgang an sich besser einstellbar. Insbesondere wird die Durchmesservariation derart ausgebildet, dass der Durchmesser des Walzwerkzeuges im Scheitelbereich der hohlballigen Bereiche von einem Bereich zum nächsten Bereich zunimmt, durch die Verdichtungen in diesem Bereich erhöht werden kann. Es ist dabei allerdings auch möglich, dass genau umgekehrt der Durchmesser von einem Bereich zum nächsten Bereich abnimmt, sodass eine Entspannungszone zwischen zwei einzelnen Verdichtungsschritten entsteht, bevor wieder ein Bereich mit größerem Durch-



messer folgt, und damit höhere Dichten zumindest im Oberflächenbereich der Verzahnung des Zahnrades erreicht werden können.

Gemäß einer Ausführungsvariante des Walzwerkzeuges bei dem der Verdichtungsbe-
reich vom Formgebungsbereich zur Ausbildung der Balligkeit der Verzahnung des herzu-
stellenden Zahnrades getrennt ist, ist vorgesehen, dass die beiden Bereiche durch einen
dritten Bereich voneinander getrennt sind, der einen geringeren Durchmesser aufweist als
die beiden daran anschließenden Bereiche. Dieser Zwischenbereich unterstützt das „Ein-
fädeln“ während der Übergabe des Zahnrades vom Verdichtungswerkzeug in den Bereich
des Formgebungswerkzeuges, wodurch diese Übergabe reibungsloser und zahnradsscho-
nender, das heißt schonender für die herzustellende Verzahnung, erfolgen kann.

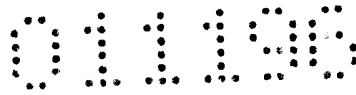
Es ist auch bei dieser Variante der Erfindung möglich, dass der Verdichtungsbe-
reich mehrspurig ausgebildet ist und eine Breite in axialer Richtung aufweist, die ein Vielfaches
der Breite des zu verdichtenden Zahnrades in gleicher Richtung ist. Es können damit
gleichzeitig mehrere Zahnräder, das heißt die Verzahnungen der Zahnräder, verdichtet
werden, sodass der Auslastungsgrad des Bereichs für die Formgebung der Breitenballig-
keit gesteigert werden kann, was insbesondere von Vorteil ist, da diese Formgebung im
Vergleich zum Verdichtungsprozess eine kurze Taktzeit erlaubt. Andererseits ist damit
auch möglich, den Verdichtungsprozess in mehreren Stufen auszubilden, wobei das
Zahnrad nacheinander von einer Spur auf die andere Spur durch einfaches Verschieben
wechselt, wobei auch hier wiederum Varianten möglich sind, mit Entspannungsbereichen
bzw. Varianten mit zunehmenden Durchmesser des Verdichtungswerkzeuges.

Des Weiteren kann auch bei diesem Walzwerkzeug vorgesehen sein, dass der Bereich
zur Erzeugung der Balligkeit auf der Verzahnung des Zahnrades entsprechend den vor-
anstehend genannten Ausbildungen und Varianten der Erfindung ausgebildet ist und sind
dazu die entsprechend voranstehend genannten Vorteile übertragbar.

Ebenso besteht die Möglichkeit, dass in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Walzen
der Verzahnung eines Zahnrades die Walzwerkzeuge entsprechend den voranstehend
genannten Ausführungsvarianten der Erfindung ausgebildet sind.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren
näher erläutert.

Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:



- 7 -

- Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Walzvorrichtung für Zahnräder in Seitenansicht;
- Fig. 2 ein Walzwerkzeug gemäß einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung;
- Fig. 3 einen Schnitt durch einen Werkzeugzahn des Walzwerkzeuges nach Fig. 2 geschnitten gemäß III – III in Fig. 2;
- Fig. 4 eine Draufsicht auf einen Schnitt durch einen Werkzeugzahn einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Walzwerkzeuges;
- Fig. 5 eine Draufsicht auf einen Schnitt durch einen Werkzeugzahn einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung;
- Fig. 6 ein Walzwerkzeug mit getrennten Bereichen der Verdichtung und der Formgebung der Balligkeit;
- Fig. 7 eine Ausführungsvariante einer Walzvorrichtung in Null-Stellung;
- Fig. 8 die Walzvorrichtung nach Fig. 7 mit eingeschwenkter Walzspindel;
- Fig. 9 eine Ausführungsvariante einer Walzvorrichtung in Null-Stellung;
- Fig. 10 die Walzvorrichtung nach Fig. 9 mit eingeschwenktem Walzschlitten;
- Fig. 11 einen Schnitt durch einen Zahn eines erfindungsgemäßen Zahnrades in Draufsicht.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Fig. 1 zeigt ausschnittsweise eine Vorrichtung 1 zum Walzen der Verzahnung eines Zahnrades wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Diese Vorrichtung 1 umfasst zwei zahnradartig ausgeführte Walzwerkzeuge 2, die drehbar in jeweils einer Halteeinrichtung

3, insbesondere Walzschlitten, gehalten sind. Diese Halteeinrichtungen 3 sind dabei jeweils auf eigenen Schlittenspindeln 4 angeordnet.

Die Walzwerkzeuge 2, das heißt deren Verzahnungen, stehen in kämmenden Eingriff mit der Verzahnung eines herzustellenden Zahnrades 5. Das Zahnrad 5 selbst ist bevorzugt aus einem Sinterwerkstoff nach einem Sinterverfahren gebildet und weist bereits eine Rohkontur der Verzahnung auf.

Während des Walzvorganges drehen sich sowohl die Walzwerkzeuge 2 als auch das Zahnrad 5, wofür zumindest eines der Walzwerkzeuge 2 angetrieben sein kann. Es ist aber auch möglich, dass beide Walzwerkzeuge 2 angetrieben sind, bzw. besteht die Möglichkeit, dass das zweite Walzwerkzeug 2 ein Mitläufer ist, und der Antrieb vom ersten Walzwerkzeug 2 über das Zahnrad 5 auf dieses Walzwerkzeug 2 übertragen wird. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass Zahnrad 5 selbst angetrieben wird und die beiden Walzwerkzeuge 2 lediglich so genannte Mitläufer sind.

In Fig. 2 ist eines der Walzwerkzeuge 2 in Seitenansicht dargestellt. Dieses Walzwerkzeug 2 besteht aus einem Werkzeugkörper 6, der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne 7 für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades 5 (Fig. 1) aufweist.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, die einen Querschnitt durch einen Werkzeugzahn 7 gemäß dem Schnitt III – III in Fig. 2 zeigt, ist dieser Werkzeugzahn 7 hohlballig ausgeführt mit einer nach innen weisenden, konkaven Krümmung 8. Dabei ist diese Krümmung 8 komplementär zur konvexen Krümmung der herzustellenden Balligkeit der Zahnflanken der Verzahnung des herzustellenden Zahnrades 5 ausgeführt. Bevorzugt erstreckt sich diese Hohlballigkeit von einem Zahnfuß 9 bis in einen Zahnkopf 10 der Werkzeugverzahnung des Walzwerkzeuges 2 (Fig. 2). Es wird damit möglich, durch Querwalzen eine Balligkeit der Zahnflanken im herzustellenden Zahnrad 5 zu erzeugen, wobei gleichzeitig auch eine Verdichtung des Sinterzahnrades erfolgen kann bzw. ist damit auch in Abhängigkeit von der Krümmung 8 eine Materialverdrängung und damit eine Verdichtung bevorzugter Bereiche, beispielsweise der Randbereiche, der Verzahnung des Zahnrades 5, also im Bereich des Überganges von den Stirnseiten zu den Zahnflanken, erzielbar.

Die Hohlballigkeit, das heißt die Krümmung 8, kann unterschiedlichste, geometrische Ausgestaltungen haben. Im einfachsten Fall ist diese, wie in Fig. 3 gezeigt, kreisbogenförmig ausgebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass diese Krümmung 8 aus

unterschiedlichen Bereichen zusammengesetzt ist, beispielsweise Bereichen mit unterschiedlichen Krümmungsradien. Diese Bereiche mit unterschiedlichen Krümmungsradien können dabei von geradlinigen Bereichen unterbrochen sein.

Es besteht weiters generell die Möglichkeit, die Hohlballigkeit mit unterschiedlichen Krümmungsradien in deren Krümmungsverlauf auszubilden, um damit Zahnräder 5 herstellen zu können, die ein besseres Tragbild aufweisen bzw. ist es damit auch möglich, Ungenauigkeiten in den Zahnflanken ausgleichen zu können. Beispielsweise kann die Krümmung im Mittenbereich der Zahnflanken einen größeren Krümmungsradius aufweisen als in zumindest einem der beiden Randbereiche der Zahnflanken, oder umgekehrt. Es sind auch feinere Abstufungen mit mehr als zwei unterschiedlichen Krümmungsradien möglich.

Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch einen Werkzeugzahn 7 einer Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Walzwerkzeuges 2. Dieser Werkzeugzahn 7 ist dabei in drei Bereiche 11 bis 13 unterteilt, wodurch drei Spuren ausgebildet werden. Es ist damit möglich drei Zahnräder 5 (Fig. 1) gleichzeitig einer Walzbehandlung zur Herstellung einer Balligkeit im Zahnflankenbereich zu bearbeiten.

Selbstverständlich können mehr als drei derartige Bereiche 11 bis 13 am Walzwerkzeug 2 angeordnet werden.

Andererseits ist es damit möglich, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, die ebenfalls einen Zahn 7 im Querschnitt und Draufsicht einer Ausführungsvariante des Walzwerkzeuges 2 zeigt, dass diese Bereiche 11, 12 am Walzwerkzeug 2 unterschiedlich ausgebildet sind. Beispielsweise kann, wie gezeigt, der Bereich 11 in einem Scheitelbereich 14 der Krümmung 8 einen geringeren Durchmesser 15 aufweisen als ein Scheitelbereich 16, der in diesem Fall einen Durchmesser 17 aufweist, der größer ist als der Durchmesser 15. Es ist damit möglich die Verdichtung und/oder Ausbildung der Balligkeit im Bereich der Zahnflanken des Zahnrades 5 (Fig. 1) unterschiedlichen, nacheinander folgenden Bearbeitungsschritten auszusetzen, also beispielsweise wie in Fig. 5 gezeigt, eine zweistufige Verdichtung vorzunehmen, indem in einem ersten Verdichtungsschritt das Zahnrad 5 auf in dem Bereich 11 quergewalzt wird und in einem zweiten Verdichtungsschritt mit weiterer Verdichtung im Bereich 12.

Andererseits ist es möglich, wie dies in Fig. 5 strichliert angedeutet ist, dass sich die beiden Bereiche 11, 12 hinsichtlich ihrer Krümmung 8, das heißt des Krümmungsradius, un-

terscheiden, wobei im Bereich 11 die Krümmung 8 einen kleineren Radius aufweist als eine Krümmung 18 des Bereiches 12. Es ist auch bei dieser Ausführungsvariante möglich, dass die beiden Krümmungen 8, 18 nicht wie gezeigt kreisbogenförmig ausgebildet sind, sondern dass diese andere geometrische Verläufe, wie beispielsweise unterschiedliche Krümmungsradien innerhalb zumindest einer der Krümmung 8, 18 etc. , wie voranstehend beschrieben, aufweisen.

Selbstverständlich besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, dass die Bereiche 11, 12 umgedreht sind, sodass also das Zahnrad 5 (Fig. 1) zuerst den Bereich 12 mit dem größeren Durchmesser durchläuft, wodurch eine entsprechende Verdichtung und Formgebung erfolgt, danach dieses Zahnrad 5 den Bereich 11 durchläuft, wobei in diesem Bereich 11 aufgrund des kleineren Durchmessers 15, im Vergleich zum Durchmesser 17 des Bereiches 12, eine Entspannung der Verdichtungszone möglich ist, und danach wiederum ein weiterer Bereich anschließt, der in Fig. 5 nicht dargestellt ist, der einen im Vergleich zum Durchmesser 15 größeren Durchmesser aufweist und damit ein nächster Verdichtungsschritt erfolgt, wobei dieser Durchmesser auch größer sein kann als der Durchmesser 17 des Bereiches 12.

Wie weiters aus Fig. 5 ersichtlich ist, können die Bereiche 11 bis 13 durch Stege 19 voneinander getrennt sein.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsvariante des Walzwerkzeuges 2, wobei dieses Walzwerkzeug dreiteilig ausgeführt ist, mit einem ersten Teil 20, einem mittleren, zweiten Teil 21 sowie einem dritten Teil 22, der an den zweiten Teil 21 anschließt. Der Teil 20 ist dabei als Verdichtungsbereich 23 ausgebildet, mit dem ausschließlich die Verdichtung des Zahnrades 5 (Fig. 1) im Bereich der Verzahnung, das heißt der Zahnfüße und/oder Zahnflanken und/oder Zahnköpfe erfolgt. Mit dem mittleren Bereich, der im Vergleich zu den Teilen 20 und 22 einen geringeren Durchmesser aufweist, wird die Übergabe des kämmenden Zahnrades 5 während des Betriebes der Vorrichtung 1 (Fig. 1), also bei laufenden Walzwerkzeugen 2, vom Verdichtungsbereich 23 des Teils 20 auf den Teil 22 erleichtert. Der Teil 22 wiederum bildet einen Bereich 24 des Walzwerkzeuges 2, in dem letztendlich die Breitenballigkeit der Zähne der Verzahnung des Zahnrades 5 (Fig. 1) hergestellt wird.

In einer Ausführungsvariante dazu ist es möglich, dass auf diesem mittleren Teil 21 verzichtet wird, sodass also der Verdichtungsbereich 23 direkt an den Bereich 24 zur Herstellung der Balligkeit anschließt. Sämtliche Teile, also die Teile 20 bis 22 bzw. 20 und 22,

tragen radial außen vorragend am Werkzeugkörper 6 die Werkzeugverzahnung mit den Werkzeugzähnen 7.

Der Werkzeug-Teil 22, das heißt dessen Werkzeugzähne 7 können, wie voranstehend beschrieben, ausgeführt sein.

Es ist, obwohl die mehrteilige Form aus voranstehend genannten Gründen bevorzugt wird, auch möglich, dass dieses Walzwerkzeug 2 nach Fig. 6 einteilig ausgebildet wird.

Es besteht weiters die Möglichkeit, dass der Verdichtungsbereich 23 ebenfalls mehr als eine Spur aufweist, sodass gleichzeitig mehrere Zahnräder 5 (Fig. 1) einem Verdichtungsprozess der Verzahnung unterzogen werden können.

Die Fig. 7 und 8 zeigen eine erste Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zum Walzen der Verzahnung und herstellen einer Breitenballigkeit des Zahnrades 5. Dabei können Walzspindeln 24, auf denen die Walzwerkzeuge 2 angeordnet sind, aus der in Fig. 7 gezeigten Null-Stellung, in der die Achsen dieser Walzspindeln 24 und die Achse des Zahnrades 5 kollinear ausgerichtet sind, um einen Winkelbetrag in einer vertikalen Ebene geschwenkt werden, wie dies aus Fig. 8 ersichtlich ist, sodass diese Kollinearität zwischen den Achsen nicht mehr gegeben ist. Das Zahnrad 5 bleibt hinsichtlich seiner Achse dabei unverändert. Mit den Walzspindeln 24 werden gleichzeitig auch die Walzwerkzeuge 2 mitverschwenkt, wie dies aus Fig. 8 ersichtlich ist. Es kann damit also über den Schwenkbereich eine unterschiedliche Krümmung der Breitenballigkeit der Verzahnung des Zahnrades 5 erreicht werden. Der Verschwenkbereich kann beispielsweise bis 12° , insbesondere zwischen 0° und 9° , betragen.

Alternativ oder zusätzlich zu dieser Verschwenkung der Walzspindeln 24 zeigen die Fig. 9 und 10 eine Ausführungsvariante der Vorrichtung 1, bei der die Halteeinrichtungen 3 mehrteilig ausgebildet sind und Walzschlitten 26 aufweisen, die in den Halteeinrichtungen 3 entsprechend Pfeilen 27 aus der Nullstellung in eine in einer horizontalen Ebene eingeschwenkte Stellung (Fig. 10) verschwenkbar sind. Die Walzspindeln 24 selbst werden dabei in Bezug auf die Achse des Zahnrades 5, die unverändert bleibt, in dieser Ebene mitverschwenkt. Auch mit dieser Ausführungsvariante ist eine entsprechende Breitenballigkeit der Zähne der Verzahnung des Zahnrades 5 erzielbar, wobei das Ausmaß dieser Breitenballigkeit über den Verstellwinkel der Walzschlitten 26 im Bezug auf die Nullstellung (Fig. 9) eingestellt werden kann. Die beiden Walzschlitten 26 weisen an ihrer, dem Zahnrad 5 abgewandten Rückseite konvexe Flächen auf, die auf konkaven Flächen der

Werkzeughalterung der Halteinrichtung 3 zur Verschwenkung abgleiten können. Ein entsprechender Spindeltrieb oder dergleichen kann selbstverständlich auch vorgesehen sein.

Es sind auch Kombinationen aus den beiden Varianten denkbar, sodass also die Walzspindeln 25 sowohl in einer horizontalen als auch in einer vertikalen Ebene verschwenkt werden können.

In Fig. 11 ist schließlich ein Querschnitt durch einen Zahn 28 der Verzahnung des Zahnrades 5 dargestellt, wobei dieser Zahn 28 die Breitenballigkeit aufweist und diese Breitenballigkeit einen progressiven Verlauf aufweist, wobei ausgehend von einem Scheitelbereich 29 in Richtung auf Stirnflächen 30 der Krümmungsradius der Balligkeit zunimmt, wodurch voranstehend genannte Effekte erreicht werden.

Es sind auch hier mehrere Krümmungsverläufe der Breitenballigkeit möglich, sodass also die Krümmung schrittweise oder kontinuierlich in Richtung auf die Stirnflächen 30, beginnend vom Scheitelbereich 29 aus, zunehmen kann.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der Vorrichtung 1 und des Walzwerkzeuges 2, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 und des Walzwerkzeuges 2 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Vorrichtung
- 2 Walzwerkzeug
- 3 Halteeinrichtung
- 4 Schlittenspindel
- 5 Zahnrad

- 6 Werkzeugkörper
- 7 Werkzeugzahn
- 8 Krümmung
- 9 Zahnfuß
- 10 Zahnkopf

- 11 Bereich
- 12 Bereich
- 13 Bereich
- 14 Scheitelbereich
- 15 Durchmesser

- 16 Scheitelbereich
- 17 Durchmesser
- 18 Krümmung
- 19 Steg
- 20 Teil

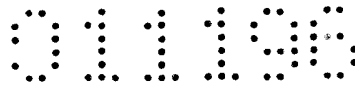
- 21 Teil
- 22 Teil
- 23 Verdichtungsbereich
- 24 Walzspindel
- 25 Bereich

- 26 Walzschlitten
- 27 Pfeil
- 28 Zahn
- 29 Scheitelbereich
- 30 Stirnfläche

Patentansprüche

1. Walzwerkzeug (2) zur Herstellung einer balligen Verzahnung auf einem Zahnrad (5) durch Querwalzen, insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades (5), mit einem Werkzeugkörper (6), der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne (7) für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades (5) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeugzähne (7) im Bereich der Zahnflanken in axialer Richtung zumindest bereichsweise hohlballig ausgeführt sind.
2. Walzwerkzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der hohlballige Bereich in radialer Richtung zumindest zwei zueinander unterschiedliche Krümmungsradien aufweist.
3. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass an den Zahnflanken in axialer Richtung mehrere hohlballige Bereiche (11 bis 13) hintereinander angeordnet sind.
4. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeweils zwei benachbart angeordneten Bereichen (11 bis 13) ein Steg (19) ausgebildet ist.
5. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der mehreren hohlballigen Bereiche (11 bis 13) eine zueinander unterschiedliche konkave Krümmung (8, 18) in axialer Richtung aufweisen.
6. Walzwerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der mehreren hohlballigen Bereiche (11 bis 13) zumindest im Scheitelbereich (14, 16) der konkaven Krümmung (8, 18) einen unterschiedlichen Durchmesser (15, 17) aufweisen.

7. Walzwerkzeug (2) zur Herstellung einer balligen Verzahnung auf einem Zahnrad (5) durch Querwalzen, insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades (5), mit einem Werkzeugkörper (6), der radial nach außen vorragende Werkzeugzähne (7) für den kämmenden Eingriff in die Verzahnung des zu walzenden Zahnrades (5) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkzeugkörper (6) in axialer Richtung einen Verdichtungsbereich (23) und einen davon getrennten Bereich (24) zur Erzeugung der Balligkeit auf der Verzahnung des Zahnrades (5) aufweist.
8. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Bereiche (23, 24) durch einen dritten Bereich voneinander getrennt sind, der einen geringeren Durchmesser aufweist, als die beiden daran anschließenden Bereiche (23, 24).
9. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichtungsbereich (23) mehrspurig ausgebildet ist und eine Breite in axialer Richtung aufweist, die ein Vielfaches der Breite der zu verdichtenden Verzahnung des Zahnrades (5) in gleicher Richtung ist.
10. Walzwerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich (24) zur Erzeugung der Balligkeit auf der Verzahnung des Zahnrades (5) die Werkzeugzähne (7) im Bereich der Zahnflanken in axialer Richtung zumindest bereichsweise hohlballig ausgeführt sind.
11. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass an den Zahnflanken im Bereich (24) zur Erzeugung der Balligkeit auf der Verzahnung des Zahnrades (5) in axialer Richtung mehrere hohlballige Bereiche (11 bis 13) hintereinander angeordnet sind.
12. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jeweils zwei benachbart angeordneten hohlballigen Bereichen (11 bis 13) ein Steg (19) ausgebildet ist.



- 3 -

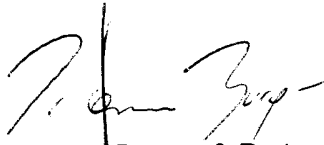
13. Walzwerkzeug (2) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der mehreren hohlballigen Bereiche (11 bis 13) eine zueinander unterschiedliche konkave Krümmung (8, 18) in axialer Richtung aufweisen.
14. Walzwerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der mehreren hohlballigen Bereiche (11 bis 13) zumindest im Scheitelbereich (14, 16) der konkaven Krümmung (8, 18) einen unterschiedlichen Durchmesser (15, 17) aufweisen.
15. Vorrichtung (1) zum Walzen der Verzahnung eines Zahnrades (5), insbesondere zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung des Zahnrades (5), mit zwei zahnradartigen Walzwerkzeugen (2) zum kämmenden Eingriff in die Verzahnung des Zahnrades (5), wobei die Walzwerkzeuge (2) jeweils in einer Halteeinrichtung (3) gehalten sind, die auf jeweils einer Walzspindel (4) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzspindeln (4) und/oder zumindest ein Teil der Halteeinrichtungen (3) verschwenkbar ausgebildet sind.
16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzwerkzeuge (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildet sind.
17. Verfahren zum zumindest bereichsweisen Verdichten der Verzahnung eines Zahnrades (5) durch Querwalzen der Verzahnung unter kämmenden Eingriff von Werkzeugzähnen (7) einer Werkzeugverzahnung von zwei Walzwerkzeugen (2), dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung mit Walzwerkzeugen (2) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 14 oder mit einer Vorrichtung (1) entsprechend Anspruch 15 oder 16 durchgeführt wird.
18. Zahnrad (5) mit einer, Zähne aufweisenden Stirnverzahnung, wobei die Zähne im Bereich von Zahnflanken eine sich in axialer Richtung erstreckende Breitenballigkeit mit konvexer Krümmung aufweisen, insbesondere hergestellt nach einem Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Breitenballigkeit einen progressiven Verlauf des Krümmungsradius aufweist, wobei der Krümmungsradius beginnend von einem

011196

- 4 -

Scheitelbereich (28) der Krümmung bis in den Bereich des Übergangs zu Stirnflächen (29) des Zahnrades (5) größer wird.

Miba Sinter Austria GmbH
durch



Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH

Fig.1

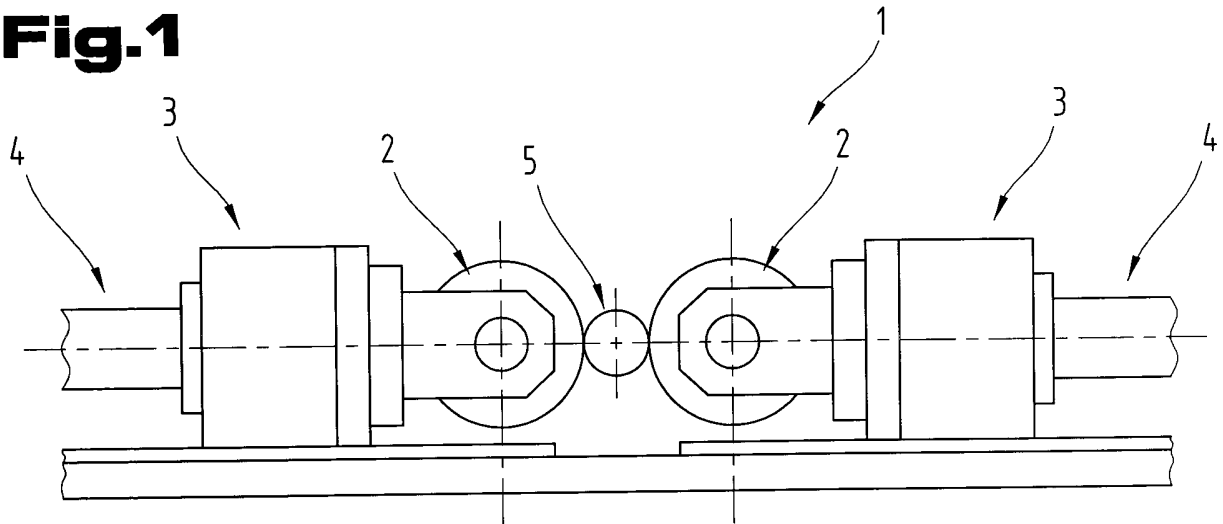


Fig.2

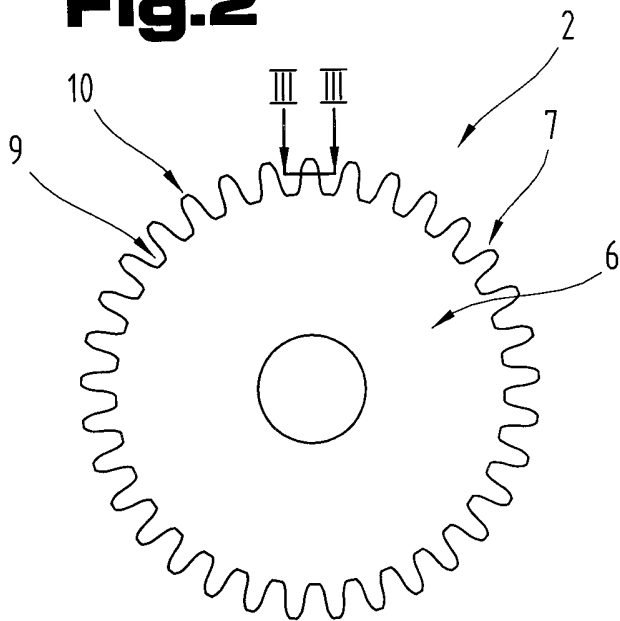


Fig.3

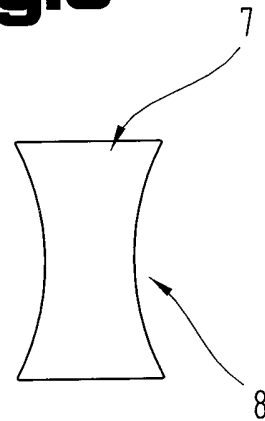


Fig.4

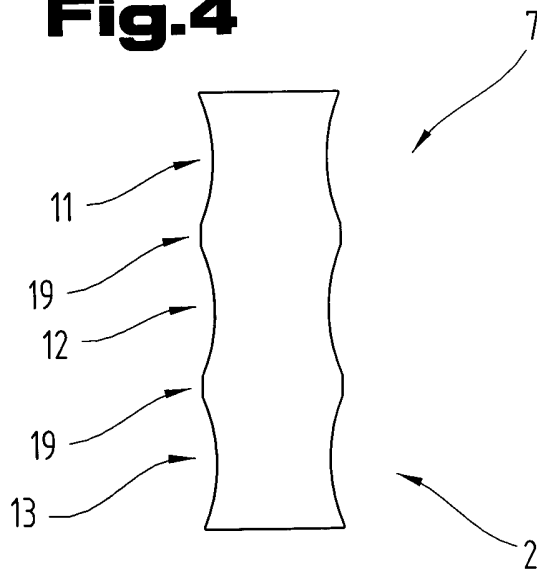


Fig.5

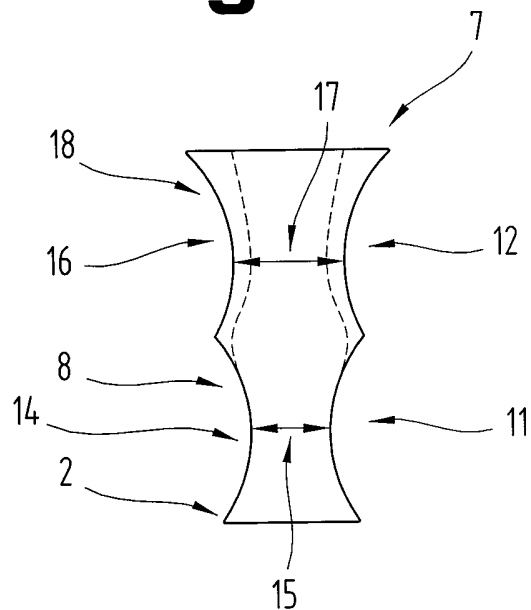


Fig.6

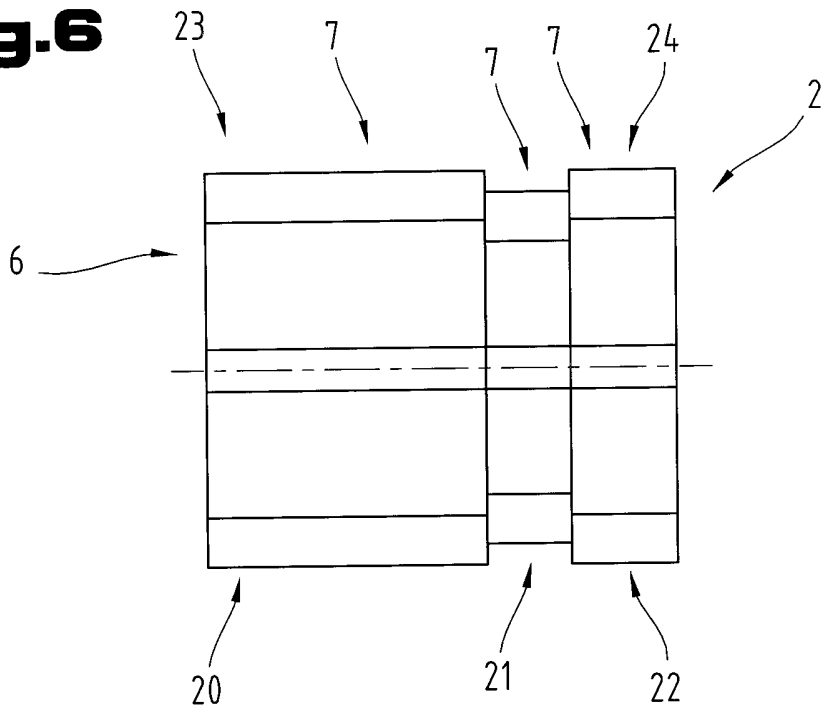


Fig.7

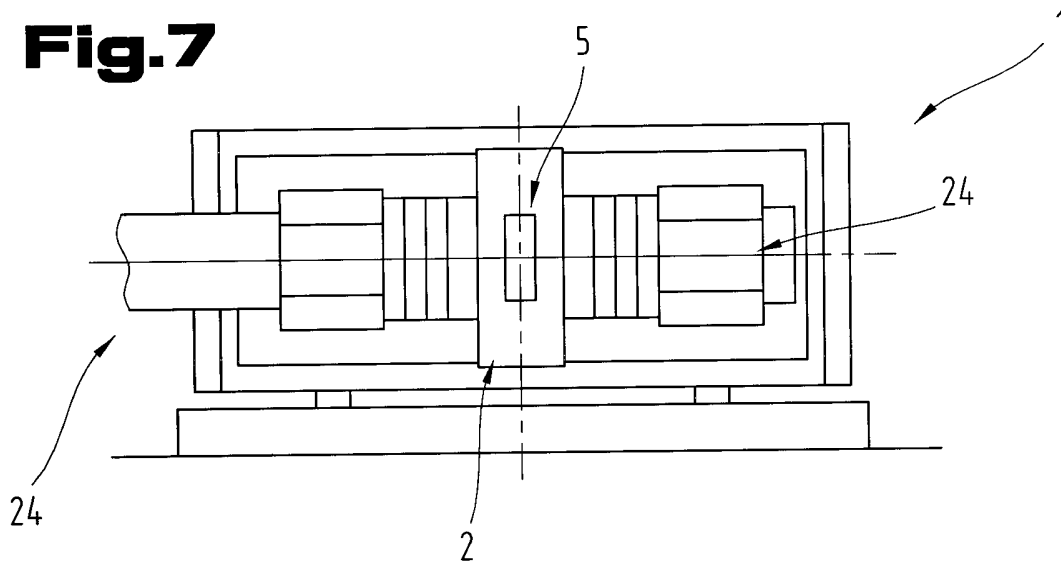


Fig.8

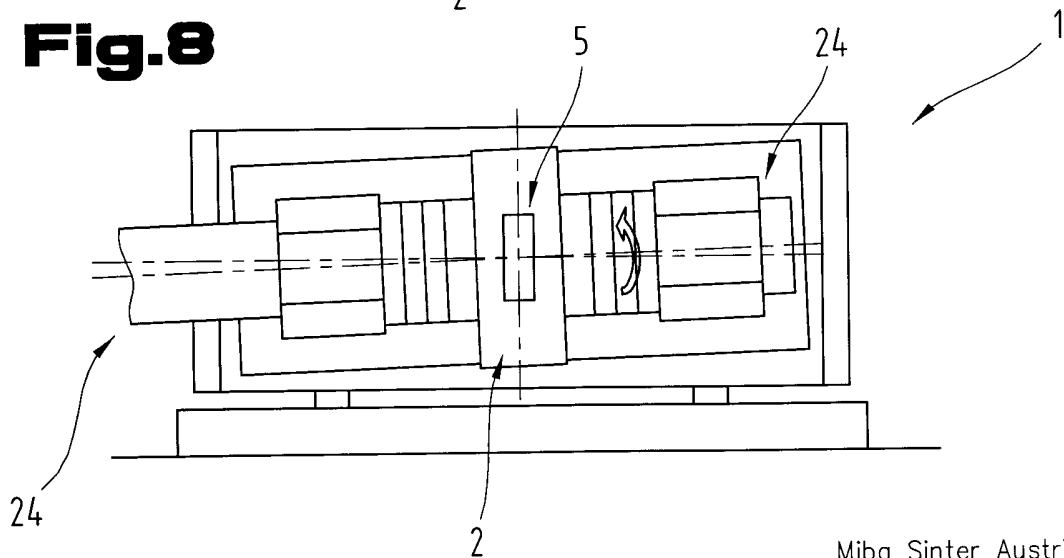


Fig.9

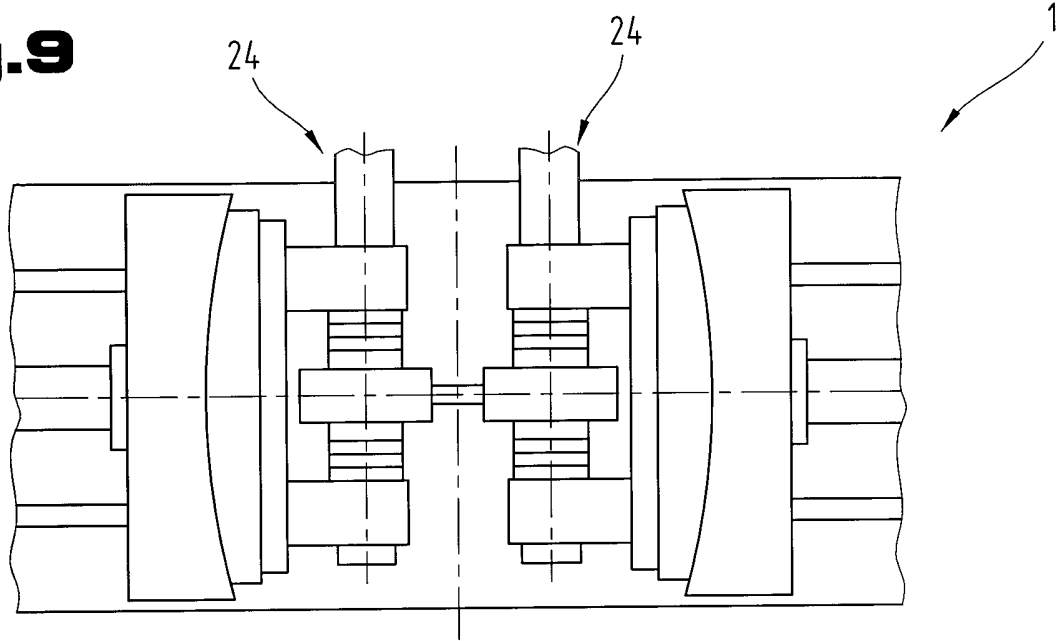


Fig.10

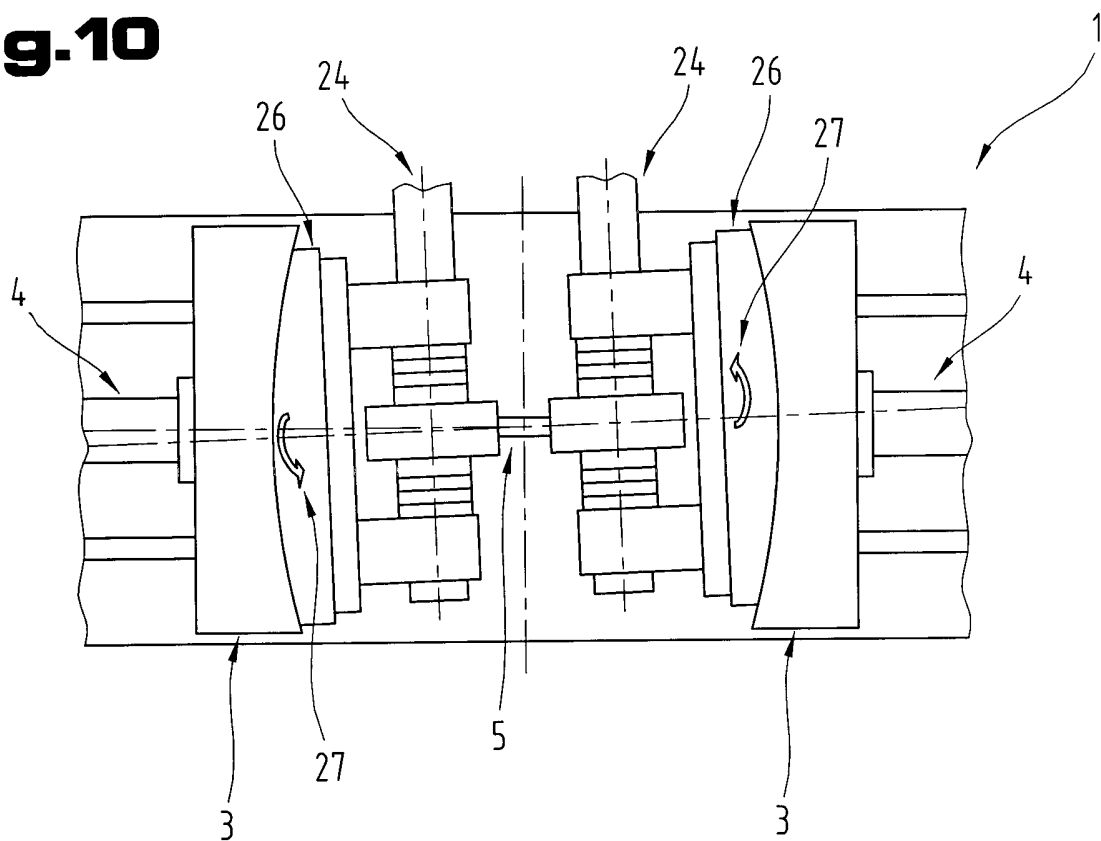
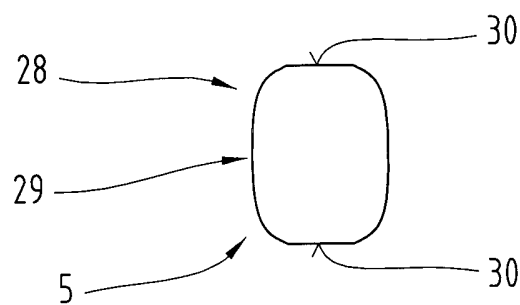


Fig.11





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : B21H 5/02 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: B21H 5/02		
Recherchierter Prüfstoß (Klassifikation): B21H, B22F		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 10. November 2009 eingereichten Ansprüchen 1-18 erstellt.		
Kategorie ⁷	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	WO 1992/005897 A1 (FORMFLO LIMITED), 16. April 1992 (16.04.1992) <i>Figur 2</i> --	1
Y	DE 32 19 674 A1 (EX-CELL-O CORP.), 16. Dezember 1982 (16.12.1982) <i>Figuren</i> ----	1
Datum der Beendigung der Recherche: 5. Oktober 2010		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dipl.-Ing. WANKMÜLLER
⁷ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		