

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 484/2007**

(22) Anmeldetag: **28.03.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.10.2008**

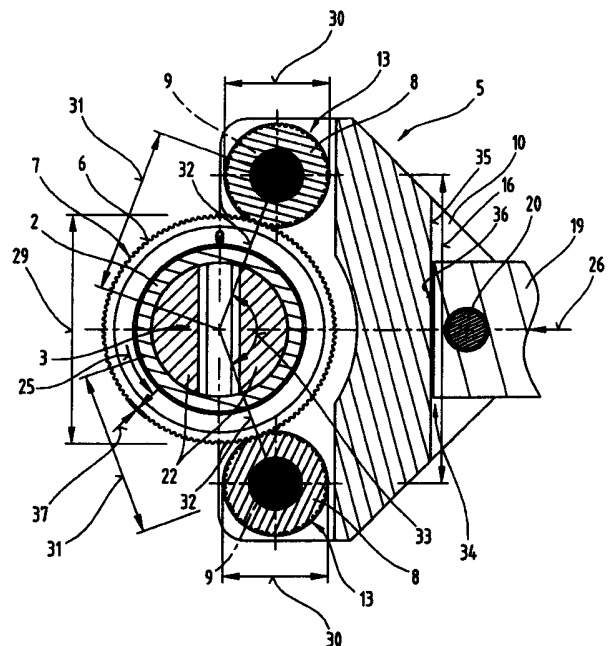
(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **B21H 5/02 (2006.01),  
B22F 5/08 (2006.01)**

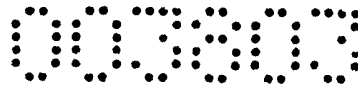
(73) Patentinhaber:

**MIBA SINTER AUSTRIA GMBH  
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)**

(54) **VERFAHREN ZUR BEARBEITUNG EINER VERZÄHNUNG AN EINEM SINTERTEIL**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Bearbeitung einer Verzahnung (7) an einem Außenumfang (6) oder einem Innenumfang eines Werkstücks (2) aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall, mit einem an der Verzahnung (7) durchgeführten Walzvorgang mit zwei drehbaren Formwalzrädern (8), die eine in die Verzahnung (7) des Werkstücks (2) eingreifende Formverzahnung (13) aufweisen. Dabei sind die zwei Formwalzräder (8) mit zueinander zumindest annähernd konstantem Achsabstand (16) zwischen ihren Formwalzradachsen (9) drehbar in einem gemeinsamen Halterahmen (10) angeordnet.

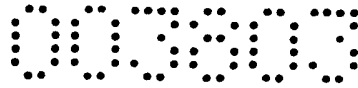




## **Z u s a m m e n f a s s u n g**

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Bearbeitung einer Verzahnung (7) an einem Außenumfang (6) oder einem Innenumfang eines Werkstücks (2) aus gepresstem und gesinter-tem Pulvermetall, mit einem an der Verzahnung (7) durchgeführten Walzvorgang mit zwei drehbaren Formwalzrädern (8), die eine in die Verzahnung (7) des Werkstücks (2) eingreifen-  
de Formverzahnung (13) aufweisen. Dabei sind die zwei Formwalzräder (8) mit zueinander  
zumindest annähernd konstantem Achsabstand (16) zwischen ihren Formwalzradachsen (9)  
drehbar in einem gemeinsamen Halterahmen (10) angeordnet.

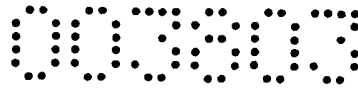
(Fig. 2)



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung einer Verzahnung am Außenumfang oder Innenumfang eines Werkstücks aus gepresstem und gesinter-tem Pulvermetall gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 11, sowie ein Werkstück aus gepresstem und gesinterem Sintermetall gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 26.

Aus Metallpulver gepresste und anschließend gesinterte Werkstücke weisen nach dem Sintern aufgrund ihres Herstellverfahrens eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Porosität auf. Diese Porosität bewirkt insbesondere bei Zahnrädern, Zahnriemenrädern oder Zahnkettenrädern und dgl. eine Herabsetzung der Dauerbiegefestigkeit im Bereich der Zahnfüße und eine verringerte Verschleißfestigkeit im Bereich der Zahnflanken. Weiters erfahren gesinterte Werkstücke, abhängig von der Zusammensetzung des Pulvermetalls, sowie den Verfahrenparametern beim Pressen und Sintern eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Dimensionsänderung durch Schwinden oder Wachsen während des Sintervorgangs. Bei Werkstücken mit hohen Genauigkeitsanforderungen kann dadurch die nach dem Sintervorgang erreichte Maß- und Formgenauigkeit gegebenenfalls noch nicht ausreichend sein. Zur Vermeidung dieser Nachteile ist es bekannt, Werkstücke aus gepresstem und gesinterem Pulvermetall an ihrer Oberfläche durch Walzen nachzubehandeln. Durch einen derartigen Walzvorgang findet einerseits eine Verdichtung einer Oberflächenschicht des gesinterten Werkstücks statt, wodurch die Dauerfestigkeit als auch die Verschleißfestigkeit erhöht werden, andererseits können dadurch Maß- und Formabweichungen reduziert werden.

Eine derartige Nachbehandlung von Zahnrädern aus gepresstem und gesinterem Pulvermetall ist aus DE 69 105 749 T2 bekannt. Diese beschreibt die Oberflächenbearbeitung von Zahnrädern mit Walzmaschinen, wodurch deren Oberfläche im Bereich der Zähne durch Walzen verdichtet wird und über eine Tiefe von wenigstens 380 µm eine Verdichtung im Bereich von 90 bis 100 % erreicht wird. Bei den beschriebenen Einfach- und Zwi-



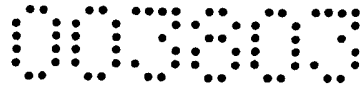
lingswalzmaschinen wird ein zu bearbeitendes Zahnrad auf einer festen Achse drehbar gelagert und eine Walzform, die auf einer beweglichen, angetriebenen Achse angeordnet ist mit diesem in Eingriff gebracht. Dabei wälzen sich die Zähne der Walzform an den Zähnen des zu bearbeitenden Zahnrads ab und verdichten dessen Oberfläche. Während des Walzvorgangs wird die Achse der Walzform durch einen beweglichen Schlitten radial an die Achse des zu bearbeitenden Zahnrads angenähert, bis die gewünschte Oberflächenverdichtung erreicht ist.

Ein Nachteil eines derartigen Walzverfahrens besteht darin, dass die durch das Walzverfahren erreichbare Maßgenauigkeit und Formgenauigkeit des Werkstücks stark abhängig ist von der Ausgangsgenauigkeit des gesinterten Werkstücks und der Maßgenauigkeit und Formgenauigkeit der Walzform. Beispielsweise kann eine Formabweichung des gesinterten Werkstücks, z.B. eine Konizität in Axialrichtung, durch das beschriebene Verfahren nur durch beträchtliche von der Walzmaschine aufzubringende, auf den beweglichen Schlitten wirkende Einstellkräfte reduziert werden, da die durch die Verdichtung eintretende Verfestigung der Werkstückoberfläche einer erforderlichen Formkorrektur entgegenwirkt.

Um eine bessere Form- und Maßgenauigkeit der Verzahnung zu erreichen, gibt es Verfahren, bei denen bei der Walzbearbeitung zwei oder mehrere Walzformen gleichzeitig mit dem Werkstück im Eingriff stehen. Die dazu verwendeten Vorrichtungen sind aufwändige Sonderkonstruktionen mit Walzformen, die zur Anpassung an unterschiedliche Werkstückabmessungen entlang von Führungen und mittels Verstellantrieben relativ zueinander verstellbar sind.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Walzbearbeitung einer Verzahnung eines Werkstücks aus gepresstem und gesinterten Pulvermetall bereitzustellen, mit dem eine Korrektur von Formabweichungen und Maßabweichungen am gesinterten Werkstück mit einfacheren Mitteln möglich ist.

Diese Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren mit den Maßnahmen des Kennzeichenteils des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Kennzeichenteils des Anspruchs 11 gelöst. Der überraschende Vorteil der erfindungsgemäßen Verwendung bzw. Anordnung von zwei Formwalzrädern in einem gemeinsamen Halterahmen besteht darin, dass das Walzwerkzeug sehr einfach aufgebaut ist und keine besonderen Einrichtun-

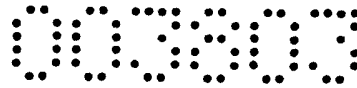


gen zur Verstellung der Formwalzräder relativ zueinander aufweist. Geringfügige Form- bzw. Maßabweichungen eines Formwalzrades können jeweils durch das andere Formwalzrad reduziert bzw. ausgeglichen werden, da die fertig gewalzte Werkstückoberfläche sozusagen als Mittelwert auf der Bearbeitung durch die zwei Formwalzräder hervorgeht. Insbesondere durch die Verwendung von genau zwei Formwalzrädern in einem Walzwerkzeug, können mit diesem Werkstücke mit verschiedenen großen Teilkreisdurchmessern bearbeitet werden, ohne dass die Formwalzräder bzw. die Formwalzradachsen relativ zueinander verstellbar sein müssen. Der Halterahmen kann deshalb einfach und robust, beispielsweise aus zwei voneinander distanzierten, zueinander parallelen Platten gebildet sein.

Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, während des Walzvorgangs zwischen dem Werkstück und den Formwalzrädern zusätzlich eine oszillierende Relativbewegung in Axialrichtung auszuführen. Der Effekt dieser oszillierenden Relativbewegung in Axialrichtung zwischen dem Werkstück und den Formwalzrädern besteht darin, dass die Materialverdrängung an der Werkstückoberfläche während des Wälzvorgangs dadurch wesentlich erleichtert wird. Zusätzlich zu den radialen Druckspannungen treten beim erfindungsgemäßen Verfahren axiale Schubspannungen an der Werkstückoberfläche auf, wodurch die plastische Verformbarkeit des gesinterten Werkstücks besser genutzt wird und insbesondere in axialer Richtung eine verbesserte Materialverdrängung und damit insgesamt ein besserer Ausgleich von Formabweichungen und indirekt auch Maßabweichungen möglich ist.

Die Amplitude der oszillierenden Relativbewegung, also die axiale Relativverschiebung zwischen Werkstück und Formwalzrad, kann dabei insbesondere zumindest 0,5 mm betragen, wodurch ein ausgeprägter Gleitvorgang an den einander kontaktierenden Oberflächen bewirkt wird und die plastische Umformbarkeit des Materials des gesinterten Werkstücks optimal ausgenützt wird.

Das Verfahren kann vorteilhaft auch so ausgeführt werden, dass während des laufenden Walzvorgangs abwechselnd eine stufenweise Reduktion des Abstandes zwischen einer Drehachse des Werkstücks und des Walzwerkzeugs und ein oder mehreren Zyklen der Relativbewegung in Axialrichtung zwischen dem Werkstück und den Formwalzrädern erfolgen. So kann insbesondere bei einem konstanten Achsabstand die gesamte Verzah-



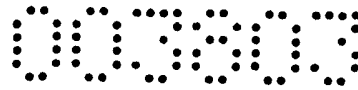
nung des Werkstücks unter ständiger Aufrechterhaltung der Relativbewegung einmal vollständig walzbearbeitet werden, bevor eine nächste Reduktion des Achsabstandes erfolgt. Dieser Ablauf ähnelt dem Wechsel zwischen Zustellbewegung und Vorschubbewegung beim Längsdrehen eines Drehteiles.

Damit die Zähne der Werkstückverzahnung jeweils an beiden Zahnflanken gleiche Eigenschaften erhalten ist es von Vorteil, wenn der Walzvorgang mit zumindest einer Umkehrung der Drehrichtung ausgeführt wird. Dadurch wird gewährleistet, dass an beiden Zahnflanken eines Zahnes annähernd gleiche plastische Verformungen auftreten und dementsprechend ähnliche geometrische und mechanische Eigenschaften erzielt werden.

Die Formwalzräder werden vor dem eigentlichen Walzvorgang vorteilhaft in Radialrichtung bis zum Kontakt an das Werkstück angenähert, wodurch die Verzahnung des Werkstücks mit der Formverzahnung der Formwalzräder in Eingriff kommt. Bei einem axialen Annähern der beiden Verzahnungen wären aufwendige Vorkehrungen erforderlich, die die relative Drehposition von Werkstück und Formwalzrädern so einstellt, dass nicht der Zahn eines Werkstücks mit einem Zahn an einem Formwalzrad zusammentrifft. Bei einer radialen Annäherungsbewegung ist durch die freie Drehbarkeit der Formwalzräder im Walzwerkzeug weitgehend verhindert, dass zwei Zahnköpfe miteinander kollidieren. Als zusätzliche Sicherheit gegen eine derartige Kollision kann eine Formwalzradachse auch in Bezug auf das Werkstück verschiebbar und gefedert gelagert sein, wodurch das gegenseitige Eingreifen der Verzahnung zusätzlich erleichtert wird.

Eine Variante des Verfahrens besteht darin, dass ein Antriebsmoment für den Walzvorgang von einer Drehantriebsvorrichtung direkt auf das Werkstück ausgeübt wird. Dies kann dadurch erfolgen, dass eine Drehantriebsvorrichtung zur Durchführung des Walzvorganges direkt mit einer Aufnahme für das Werkstück verbunden ist. Das Walzwerkzeug benötigt in diesem Fall keine Antriebsvorrichtung für die Formwalzräder und kann einfach aufgebaut sein. Alternativ dazu kann der Antrieb auch auf die Formwalzräder wirken und das Werkstück ohne Antrieb drehbar gelagert sein.

Die Drehantriebsvorrichtung kann dabei mittels einer geeigneten Aufnahme gleichzeitig das Werkstück halten und die drehbare Lagerung des Werkstücks bewirken. Die Funktionen halten und Antreiben des Werkstücks können dadurch mit einer einzigen Aufnahme



bewerkstelligt werden, obwohl es natürlich auch möglich ist, das Werkstück in einer Aufnahme zu halten und mit einer von der Aufnahme unabhängigen Drehantriebsvorrichtung anzutreiben.

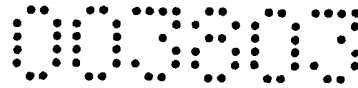
Zur Walzbearbeitung von schrägverzahnten Werkstücken ist es auch möglich, dass der Walzvorgang mit Formwalzrädern mit Schrägverzahnung ausgeführt wird. In diesem Fall können, wie bei der Bearbeitung von geradverzahnten Werkstücken die Formwalzradachsen parallel zur Drehachse des Werkstücks angeordnet sein.

Eine Möglichkeit die Zahnform von Werkstücken über die Breite veränderlich auszuformen, besteht darin, dass die Formwalzradachsen zur Drehachse des Werkstücks schräg gestellt sind. So kann beispielsweise die Verdichtung der Werkstückverzahnung in der Mitte der Werkstückbreite erhöht gegenüber den Randbereichen sein, die Zahndicke also am Rand aufgrund der geringeren Verdichtung geringfügig größer sein, als in der Mitte des Werkstücks. Ebenso kann die Zahnform am Werkstück durch spezielle Form der Formwalzräder bzw. deren Verzahnung beeinflusst werden. So kann beispielsweise durch eine quasi konkave Ausbildung der Verzahnung der Formwalzräder eine konvexe, d.h. ballige Form der Werkstückverzahnung bewirkt werden.

Der Walzvorgang wird vorteilhaft so ausgeführt, dass an der Oberfläche der Verzahnung des Werkstücks eine Verdichtung auf über 95 % der Dichte des Pulvermetalls ohne Porenanteil, also der Dichte des Vollmaterials, erfolgt. Mit einer derartigen Verdichtung wird neben der Korrektur von Maß- und Formabweichungen auch eine Erhöhung der Zahnfestigkeit und Verschleißfestigkeit erreicht.

Zur Erzeugung einer oben beschriebenen axialen Relativbewegung zwischen dem Werkstück und den Formwalzrädern können bei der Vorrichtung die Formwalzräder und/oder die Aufnahme mit dem Werkstück durch eine Verstelleinrichtung oszillatorisch in einer zur Drehachse zumindest annähernd Axialrichtung verstellbar ausgeführt sein.

Vorteilhaft für eine gleichmäßige Belastung der beiden Formwalzräder ist es, wenn das Walzwerkzeug oder der Halterahmen an einer zur Drehachse der Aufnahme bzw. des Werkstücks parallelen Schwenkachse gelagert sind.

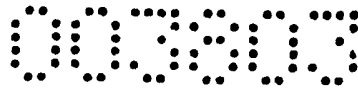


Eine kompakte Bauweise des Walzwerkzeugs wird erzielt, wenn das Verhältnis eines Teilkreisdurchmessers an der Verzahnung eines zu bearbeitenden Werkstücks zu den Teilkreisdurchmessern an den Formwalzrädern aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,0 und einer oberen Grenze 3,5 gewählt ist. D.h. dass die Formwalzräder kleiner sind, als das Werkstück. Durch die kleinen Abmessungen der Formwalzräder kommen die höheren Herstellkosten für eine Ausführung mit kleineren Maß- und Formtoleranzen nicht so stark zum Tragen, wodurch bei geringeren Werkzeugkosten eine hohe Maß- und Formgenauigkeit der Werkstücke erzielt werden kann. Die beiden Formwalzräder können dabei gleiche Teilkreisdurchmesser aufweisen, jedoch ebenso unterschiedliche Abmessungen – sowohl in ihren Teilkreisdurchmessern als auch in ihren axialen Längen - aufweisen.

Für die Werkzeugauslegung ist es weiters von Vorteil, wenn das Verhältnis aus dem Teilkreisdurchmesser an den Formwalzrädern zu einem Achsabstand zwischen den zwei Formwalzradachsen aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 und einer oberen Grenze von 0,75 gewählt ist. Zusammen mit dem zuvor erwähnten Größenverhältnis zwischen Werkstück und Formwalzrad ergibt sich daraus eine günstige Anordnung des Werkstücks zwischen den beiden Formwalzrädern.

Ebenfalls eine günstige geometrische Anordnung eines Werkstücks bezüglich der Formwalzräder ergibt sich, wenn zwei von der Drehachse des Werkstücks durch die zwei Formwalzradachsen weisende Ebenen einen Winkel ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von  $60^\circ$  und einer oberen Grenze von  $170^\circ$  einschließen. Dadurch können auch bei konstant gehaltenem Abstand zwischen den Formwalzradachsen Werkstücke mit unterschiedlichem Teilkreisdurchmesser der Verzahnung bearbeitet werden, wohingegen bei einem Winkel von  $180^\circ$  der Abstand zwischen den zwei Formwalzradachsen verstellbar sein muss.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Walzbearbeitung eignet sich insbesondere für Verzahnungen mit kleinen Zahngrößen, da das Verfahren in diesem Fall eine wirtschaftliche Alternative zu den ebenfalls zur Nachbehandlung von gesinterten Werkstücken eingesetzten Kalibrierverfahren ist. Speziell bei großen Zähnezahlen und bei kleinen Zahnabmessungen und dementsprechend kleinen Toleranzen ist die Herstellung von passenden Kalibrierwerkzeugen sehr aufwendig und kostenintensiv, weshalb das Verfahren besonders vor-



teilhaft ist, wenn die Verzahnung des Werkstücks und der Formwalzräder eine Zahnhöhe, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 mm und einer oberen Grenze von 5 mm aufweist.

Die Verzahnung der Formwalzräder ist als abwälzbares Gegenprofil zum Verzahnungsprofils des Werkstücks geformt, welches als Zahnriemenprofil, als Zahnkettenprofil oder als elvoventes Verzahnungsprofil ausgeführt sein kann wobei für diese Profile aus dem Stand der Technik ausreichend geeignete Geometrien bekannt sind.

Obwohl es möglich ist, dass ein Formwalzrad schmaler ist, als die zu bearbeitende Verzahnung am Werkstück, ist es von Vorteil, wenn die Formwalzräder eine axiale Verzahnungslänge aufweisen, die größer ist, als eine axiale Verzahnungslänge am Werkstück. Dadurch ist sichergestellt, dass durch die Stirnkanten der Formwalzräder bei der axialen Relativbewegung keine schabende Abtragung von Sintermaterial erfolgt. Zur Vermeidung eines derartigen Abtragvorgangs können auch die Stirnkanten der Formwalzräder mit einer Fase oder einer Rundung versehen sein

Die Verstelleinrichtung zur Erzeugung der axialen Relativbewegung der Formwalzräder und/oder der Einstellung des Abstandes zwischen der Drehachse des Werkstücks und der Formwalzradachse ist dabei vorteilhaft durch eine numerisch gesteuerte Verstellachse einer Bearbeitungsmaschine gebildet.

Die Erfindung wird im Nachfolgenden anhand des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Werkstücks auf einer Aufnahme im Eingriff mit einem Walzwerkzeug einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Werkstücks mit dem im Eingriff befindlichen Walzwerkzeug gemäß Fig. 1.

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



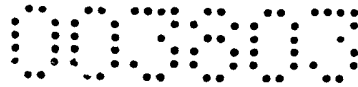
auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung 1 zur Walzbearbeitung eines Werkstücks 2 aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall. Die Vorrichtung 1 umfasst dabei eine Aufnahme 3, an der das Werkstück 2 zur Durchführung der Walzbearbeitung befestigt ist und dadurch um eine Drehachse 4 drehbar ist sowie ein Walzwerkzeug 5, mit dem eine am Außenumfang 6 des Werkstücks 2 angeordnete Verzahnung 7 walzbearbeitet wird.

Das Walzwerkzeug 5 umfasst dabei zwei Formwalzräder 8, die jeweils um eine Formwalzradachse 9 drehbar im Walzwerkzeug 5 gelagert sind. Diese Lagerung erfolgt in einem Halterahmen 10, der insbesondere auch einstückig ausgeführt sein kann und dementsprechend hohe Festigkeit bzw. Steifigkeit aufweist. Baulich kann eine Formwalzradachse 9 durch Achszapfen 11, die axial an den Formwalzrädern vorragen und in entsprechenden Lagerstellen 12 am Halterahmen eingesetzt sind, gebildet sein. Die Achszapfen 11 können beispielsweise einstückig am Formwalzrad 8 angeformt sein, jedoch auch durch ein eigenes Achselement, das in das Formwalzrad 8 eingeführt wird, gebildet sein.

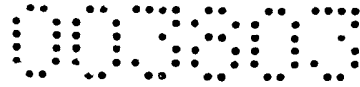
Die Formwalzräder 8 sind an ihrem Außenumfang mit einer Formverzahnung 13 versehen, die sich über den gesamten Umfang der Formwalzräder 8 erstreckt und in Richtung der Formwalzradachse 9 eine axiale Verzahnungslänge 14 aufweist. Diese Verzahnungslänge 14 ist, wie Fig. 1 entnehmbar ist, größer, als eine axiale Verzahnungslänge 15 der Verzahnung



nung 7 am Werkstück 2. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Formwalzradachsen 9 der Formwalzräder 8 parallel zur Drehachse 4 des Werkstücks 2 angeordnet, abweichend davon sind jedoch Ausführungen eines Walzwerkzeugs 5 möglich, bei der die Formwalzradachsen 9 leicht windschief bezüglich der Drehachse 4 angeordnet sind. Die zwei Formwalzradachsen 9 besitzen relativ zueinander einen Achsabstand 16, der im Wesentlichen konstant ist. Dies wird dadurch bewirkt, dass die Lagerstellen 12 am Halterahmen 10 relativ zueinander nicht verstellbar, insbesondere fix angeordnet sind. Eine minimale Änderung des Achsabstandes 16 kann sich dadurch ergeben, dass eine Formwalzradachse 9 – in Fig. 1 die oben dargestellte Formwalzradachse – bezogen auf die zweite Formwalzradachse 8 – in Fig. 1 die untere Formwalzradachse – zumindest annähernd in tangentialer Richtung 17 beweglich am Halterahmen 10 gelagert ist. Dazu kann die Lagerstelle 12 bei der verschieblichen Formwalzradachse 9 in Form einer Kulisse 18 ausgebildet sein, in der die Achszapfen 11 des Formwalzrades in, bezogen auf die andere Formwalzradachse 9, annähernd tangentialer Richtung 17 beweglich ist. Die Kulisse 18 kann beispielsweise derart hergestellt, dass anstatt einer herkömmlichen Bohrung ein Langloch im Halterahmen 10 hergestellt wird. Abweichend von der dargestellten Ausführung können auch beide Formwalzradachsen 9 auf dieselbe Weise beweglich am Halterahmen 10 gelagert sein.

Das Walzwerkzeug 5 ist mit seinem Halterahmen 10 an einem Werkzeugträger 19 einer nicht dargestellten Bearbeitungsmaschine befestigt. Diese Lagerung kann starr sein, aber auch eine Beweglichkeit zwischen dem Halterahmen 10 und dem Werkzeugträger 19 aufweisen, indem zwischen dem Halterahmen 10 und dem Werkzeugträger 19 ein Schwenklager 20 ausgebildet ist. Der mögliche Schwenkwinkel für diese bewegliche Lagerung ist durch stabile Anschläge begrenzt und in einem Bereich von wenigen Winkelgraden gehalten, da eine zu große Beweglichkeit an dieser Lagerung die Stabilität des Walzwerkzeugs 5 während des Betriebes nachteilig beeinflussen könnte.

Die Aufnahme 3, auf der das zu bearbeitende Werkstück 2 befestigt werden kann, umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel einen Spanndorn 21, mit dem das Werkstück 2 an einem Innendurchmesser gespannt werden kann. Der Spanndorn 21 umfasst dazu zwei oder mehr Spannelemente 22, die durch eine nicht dargestellte Spannvorrichtung gegen den Innendurchmesser des Werkstücks 2 gedrückt werden können, wodurch eine konzentrische Positionierung des Werkstücks 2 bezüglich der Drehachse 4 und gleichzeitig eine dreh-

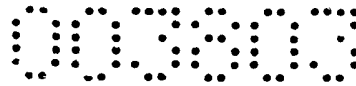


moment-feste Verbindung zwischen Werkstück 2 und Aufnahme 3 hergestellt wird. Die Aufnahme 3 ist an einer antreibbaren Spindel 23 angeordnet, die mit einer nur ausschnittsweise angedeuteten Drehantriebsvorrichtung 24 verbunden ist.

Im Folgenden wird eine mögliche Ablaufvariante bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bearbeiten der Verzahnung 7 des Werkstücks 2 beschrieben. Vor Beginn des Verfahrens wird das Werkstück 2 in Richtung der Drehachse 4 auf den Spanndorn 21 aufgesetzt und mit Hilfe der Spannelemente 22 auf diesem fixiert. Das Walzwerkzeug 5 ist dazu in ausreichendem Abstand zur Drehachse 4 positioniert. Nach Fixierung des Werkstücks 2 an der Aufnahme 3 wird das Walzwerkzeug 5 in die Bearbeitungsposition verbracht. Dazu wird der Halterahmen 10 mit den beiden Formwalzrädern 8 mittels des Werkzeugträgers 19 zumindest annähernd radial bezogen auf die Drehachse 4 an diese angenähert, wodurch die Formverzahnungen 13 der Formwalzräder 8 mit der Verzahnung 7 des Werkstücks 2 in Eingriff kommen. Das Werkstück 2 befindet sich dabei vorzugsweise noch in Stillstand, es kann jedoch auch bereits eine Drehbewegung um die Drehachse 4 ausführen. Durch die freie Drehbeweglichkeit der Formwalzräder 8 finden bei der radialen Annäherung des Walzwerkzeugs 5 an das Werkstück 2 die Zähne der Verzahnung 7 leicht in die Zahnlücken der Formverzahnung 13. Da es in Ausnahmefällen vorkommen kann, dass ein Zahnkopf des Formwalzrades 8 genau radial mit einem Zahnkopf der Verzahnung 7 des Werkstücks 2 zusammenfällt und ein gegenseitiger Eingriff der Verzahnungen dadurch blockiert wäre, unterstützt die zusätzliche Beweglichkeit einer Formwalzradachse 9 bezüglich des Halterahmens 10 das gegenseitige Eingreifen der Formverzahnung 13 in die Verzahnung 7.

Nach erfolgtem Eingriff der Formwalzräder 8 in die Verzahnung 7 des Werkstücks 2 wird nun dieses zusammen mit der Aufnahme durch die Drehantriebsvorrichtung 24 in eine Drehbewegung versetzt, wodurch sich die beiden Formwalzräder 8 an der Verzahnung 7 abwälzen. Die Drehbewegung erfolgt dabei zum Beispiel in eine erste Drehrichtung 25.

Damit an der Verzahnung 7 die gewünschten Walzumformprozesse stattfinden können, müssen zwischen den Formverzahnungen 13 und der Verzahnung 7 dementsprechende Walzkräfte wirken, die dadurch hervorgerufen werden, indem das Walzwerkzeug 5 zumindest annähernd in einer Radialrichtung 26 in Richtung der Drehachse 4 kraftbeaufschlagt



wird. Dies erfolgt dadurch, dass der Werkzeugträger 19 mit einer entsprechenden Kraft in die Radialrichtung 26 gedrückt wird. Diese in Radialrichtung 26 aufgebrachte Kraft bewirkt die zwischen dem Werkstück 2 und den Formwalzrädern 8 wirkenden Walzkräfte, die abhängig von den Größenverhältnissen, insbesondere von den Durchmesserhältnissen, auch sehr hohe Werte annehmen können.

Bei dem durch das Drehen des Werkstücks 2 stattfindenden Abwälzvorgang der Formwalzräder 8 wird die Verzahnung 7 vom Profil der Formverzahnung 13 in seiner Maß- und Formgenauigkeit verbessert sowie die Oberflächendichte erhöht. So kann zum Beispiel eine Korrektur von Maßabweichungen erfolgen, indem an der Verzahnung 7 die Zahndicken und/oder die Zahnhöhen durch geringfügige plastische Verformungen korrigiert werden; eine Korrektur von Formabweichungen ist beispielsweise dadurch möglich, dass eine Konizität in Richtung der Drehachse 4 oder ein Rundlauf am Zahnkopfkreis oder am Zahnfußkreis verbessert wird. Durch die Oberflächenverdichtung kann beispielsweise die Verschleißfestigkeit der Zahnflanken oder die Zahnfuß-Festigkeit verbessert werden.

Um diese elasto-plastischen Umformvorgänge zu erleichtern, ist es zusätzlich möglich, zwischen der Verzahnung 7 und den Formverzahnungen 13 während des Walzvorganges eine Relativbewegung in Richtung der Drehachse 4 zu überlagern, wodurch zusätzlich zu den im wesentlichen radial wirkenden Walzkräften axial wirkende Reibkräfte wirksam werden und durch die Mehrachsichtigkeit des Spannungszustandes an der Oberfläche der Verzahnung 7 die plastische Umformbarkeit des Werkstückmaterials besser ausgenutzt wird. Diese Relativbewegung kann beispielsweise dadurch bewirkt werden, dass das Walzwerkzeug 5 eine oszillierende Bewegung in einer zur Drehachse 4 parallelen Axialrichtung 27 ausführt. Eine Amplitude 28 dieser oszillierenden Schwingbewegung beträgt dabei zumindest 0,5 mm damit ein ausgeprägtes axiales Gleiten zwischen den zusammenwirkenden Verzahnungen eintreten kann.

Die beim Walzvorgang auftretenden Walzkräfte können so gesteuert werden, dass die vom Walzwerkzeug 5 auf das Werkstück 2 ausgeübte Kraft durch die am Werkzeugträger 19 wirkende Kraft geregelt wird, beispielsweise linear oder stufenförmig ansteigend. Alternativ dazu ist es jedoch auch möglich, die Walzkräfte so einzustellen, dass, ausgehend von einer Ausgangsposition des Walzwerkzeugs 5, dieses während des Walzvorganges um de-



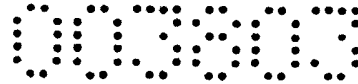
finierte Wegschritte der Drehachse 4 angenähert wird und sich die Walzkräfte dementsprechend einstellen. Bei dem zweiten Verfahren nehmen die zwischen den Formwalzrädern 8 und dem Werkstück 2 wirkenden Walzkräfte bei konstant gehaltenem Abstand des Walzwerkzeugs 5 zur Drehachse 4 aufgrund der auftretenden plastischen Umformprozesse ab, bis das Walzwerkzeug 5 wieder um einen kleinen Verstellweg an die Drehachse 4 angenähert wird. Der Walzvorgang kann somit kraftgesteuert oder auch weggesteuert ausgeführt werden.

Nach Abschluss des Walzvorganges, der beispielsweise durch das Erreichen einer bestimmten maximalen Walzkraft oder durch das Erreichen eines festgelegten Minimalabstandes des Walzwerkzeugs von der Drehachse 4 oder nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen des Werkstücks 2 bei einer bestimmten Kraft- und/oder Wegeinstellung bestimmt ist, wird das Walzwerkzeug 5 entgegen der Radialrichtung 26 wieder vom Werkstück 2 distanziert, wonach dieses nach dem Lösen der Spannelemente 22 wieder von der Aufnahme 3 entfernt werden kann.

Während des Walzvorganges ist es auch möglich, die Drehrichtung 25 zumindest einmal umzukehren, wie das in Fig. 1 durch einen strichlierten Pfeil für die umgekehrte Drehrichtung 25 angedeutet ist. Dadurch werden an den einzelnen Zähnen der Verzahnung 7 jeweils beide Zahnflanken in gleichem Maße walzbearbeitet und man erhält dadurch gewissermaßen eine symmetrische Verbesserung der Verzahnungseigenschaften.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 zeigt ein Werkstück mit einer geraden Verzahnung 7, dementsprechend sind auch die Formverzahnungen 13 der Formwalzräder 8 gerade ausgeführt. Abweichend davon ist es jedoch ebenso möglich, das Verfahren bzw. die Vorrichtung 1 so abzuändern, dass auch Werkstücke 2 mit Schrägverzahnung bearbeitet werden können. Dies kann dadurch erreicht werden, indem die Formverzahnung 13 der Formwalzräder 8 als Schrägverzahnung ausgeführt ist.

Wenn das beschriebene Verfahren zur Walzbearbeitung einer Innenverzahnung eines Werkstücks 2 aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall eingesetzt wird, ist es für den Fachmann ein leichtes, die zuvor beschriebenen Verfahrensmaßnahmen für diesen Fall passend abzuändern. Selbstverständlich muss das Walzwerkzeug 5 in diesem Fall axial in den Bereich der Verzahnung 7 eingebracht werden, weiters wird im Laufe der Walzbear-



beitung der Abstand zwischen der Drehachse 4 und dem Walzwerkzeug 5 vergrößert, um die gewünschten Walzkräfte zu erzielen. Bei einer Innenbearbeitung sind die Formwalzräder 8 vorzugsweise kleiner ausgeführt als für die Außenbearbeitung, um wieder verschiedene Teilkreisdurchmesserbereiche der Werkstücke 2 abdecken zu können.

Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung der Vorrichtung gemäß Fig. 1 mit dem Werkstück 2 sowie dem Walzwerkzeug 5 in Arbeitsstellung, bei der die Formverzahnungen 13 der Formwalzräder 8 mit der Verzahnung 7 am Außendurchmesser 6 des Werkstücks 2 im Eingriff stehen.

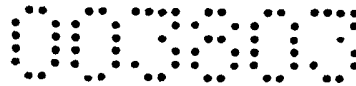
Im Folgenden werden die geometrischen Zusammenhänge zwischen Werkstück 2 und Walzwerkzeug 5 betrachtet, die auch Einfluss auf die Verfahrensdurchführung haben.

Die Verzahnung 7 des Werkstücks 2 weist einen Teilkreisdurchmesser 29 auf, der im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa dem 2-fachen eines Teilkreisdurchmessers 30 der Formverzahnungen 13 der Formwalzräder 8 entspricht. Ein von der Drehachse 4 bis zu einer Formwalzradachse 9 gemessener Abstand 31 entspricht somit der Hälfte der Summe aus dem Teilkreisdurchmesser 29 des Werkstücks 2 und dem jeweiligen Teilkreisdurchmesser 30 des betrachteten Formwalzrades 9.

Zusammen mit dem im Wesentlichen konstanten Achsabstand 16 zwischen den beiden Formwalzradachsen 9 ist die Lage des Walzwerkzeuges 5 beim Eingriff mit dem Werkstück 2 durch die Teilkreisdurchmesser 29, 30 und den Achsabstand 16 an sich fix vorgegeben, wenn man von den geringfügigen Maßveränderungen am Werkstück 2 durch die Walzbearbeitung absieht.

Zwischen zwei Ebenen 32, die von der Drehachse 4 durch die beiden Formwalzradachsen 9 gelegt werden können ergibt sich dadurch ein Spreizungswinkel 33, der etwa auch dem Winkel zwischen den beiden von den Formwalzrädern 8 im Wesentlichen radial auf das Werkstück 2 ausgeübten Walzkräften entspricht.

Die Teilkreisdurchmesser 30 der Formwalzräder 8 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel gleich groß gewählt, abweichend davon können die beiden Formwalzräder auch unterschiedliche Teilkreisdurchmesser 30 aufweisen.

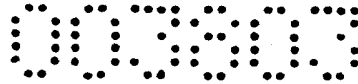


Das Verhältnis aus dem Teilkreisdurchmesser 29 des Werkstücks 2 und den Teilkreisdurchmessern 30 der Formwalzräder 8 ist vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,0 und einer oberen Grenze von 3,5 gewählt. Weiters ist das Verhältnis zwischen den Teilkreisdurchmessern 30 der Formwalzräder 8 und dem Achsabstand 16 zwischen deren Formwalzradachsen 9 vorzugsweise aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 und einer oberen Grenze von 0,75 gewählt.

Durch diese Wahl der Größenverhältnisse wird auch der mögliche Bereich des Spreizungswinkes 33 beeinflusst, der vorteilhaft zwischen einer unteren Grenze von  $60^\circ$  und einer oberen Grenze von  $170^\circ$  liegt. Insbesondere bei höheren Spreizungswinkeln 33 können bei insgesamt niedriger auf das Walzwerkzeug 5 wirkender Kraft in Radialrichtung 26 große radiale Walzkräfte zwischen den Formwalzrädern 8 und dem Werkstück 2 wirksam werden, die durch eine robuste und steife Ausführung des Halterahmens 10 aufgenommen werden müssen. Dies ist bei der in Fig. 1 dargestellten einstückigen Ausführung des Halterahmens 10 bestmöglich gegeben.

Fig. 2 zeigt weiters die Befestigung des Halterahmens 10 am Werkzeugträger 19 mittels eines Schwenklagers 20, wobei der mögliche Schwenkwinkel durch ein geringes Spiel 34 zwischen Anschlagflächen 35 am Halterahmen 10 und Anschlagflächen 36 am Werkzeugträger 19 gering gehalten ist, da sich ein Kraftausgleich zwischen den beiden Formwalzrädern 9 schon bei geringsten Ausgleichsbewegungen des Halterahmens 10 einstellen kann. Durch diese schwenkbewegliche Lagerung ist auch bewirkt, dass durch die Abwälzbewegung der Formverzahnung 13 mit der Verzahnung 7 gegebenenfalls dabei entstehende pulsierende Kräfte auf den Halterahmen 10 nur abgeschwächt in den Werkzeugträger 19 übertragen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich sehr gut zur Verringerung von Maß- und Formabweichungen bei Werkstücken 2 mit vielen, relativ kleinen Zähnen, da es speziell für diese Fälle viel günstiger ist, als z.B. eine Kalibrierung mittels eines hochgenau gefertigten Kalibrierwerkzeuges, das jeweils nur für genau eine Werkstückabmessung einsetzbar ist. Demgegenüber kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein ganzes Spektrum von Werksstückgeometrien, insbesondere unterschiedliche Teilkreisdurchmesser 29 abgedeckt werden, wodurch mit geringem Vorrichtungsaufwand trotzdem sehr maß- und form-



genaue Verzahnungen an gesinterten Werkstücken 2 hergestellt werden können, wie sie z.B. bei Zahnriemenscheiben für schnellaufende Ventiltriebe erforderlich sind.

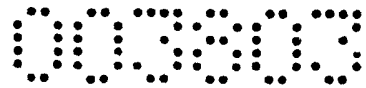
Eine in Fig. 2 dargestellte Zahnhöhe 37 des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Werkstücks 2 beträgt deshalb vorzugsweise zwischen 0,5 mm und 5 mm.

Die Ausführungsbeispiele zeigt eine mögliche Ausführungsvariante des Verfahrens bzw. der Vorrichtung 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellte Ausführungsvariante derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen beschriebenen 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. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

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

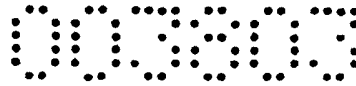
Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.



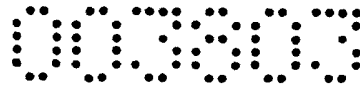
## Bezugszeichenaufstellung

1	Vorrichtung	36	Anschlagfläche
2	Werkstück	37	Zahnhöhe
3	Aufnahme		
4	Drehachse		
5	Walzwerkzeug		
6	Außenumfang		
7	Verzahnung		
8	Formwalzrad		
9	Formwalzradachse		
10	Halterahmen		
11	Achszapfen		
12	Lagerstelle		
13	Formverzahnung		
14	Verzahnungslänge		
15	Verzahnungslänge		
16	Achsabstand		
17	Richtung		
18	Kulisse		
19	Werkzeugträger		
20	Schwenklager		
21	Spanndorn		
22	Spannelement		
23	Spindel		
24	Drehantriebsvorrichtung		
25	Drehrichtung		
26	Radialrichtung		
27	Axialrichtung		
28	Amplitude		
29	Teilkreisdurchmesser		
30	Teilkreisdurchmesser		
31	Abstand		
32	Ebene		
33	Spreizwinkel		
34	Spiel		
35	Anschlagfläche		

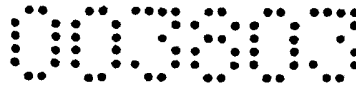


## **P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Verfahren zur Bearbeitung einer Verzahnung (7) an einem Außenumfang (6) oder einem Innenumfang eines Werkstücks (2) aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall, mit einem an der Verzahnung (7) durchgeführten Walzvorgang mit zwei drehbaren Formwalzrädern (8), die eine in die Verzahnung (7) des Werkstücks (2) eingreifende Formverzahnung (13) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Formwalzräder (8) mit zueinander zumindest annähernd konstantem Achsabstand (16) zwischen ihren Formwalzradachsen (9) drehbar in einem gemeinsamen Halterahmen (10) angeordnet sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während des Walzvorgangs zwischen dem Werkstück (2) und den Formwalzrädern (8) zusätzlich eine oszillierende Relativbewegung in Axialrichtung (27) ausgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Amplitude (28) der oszillierenden Relativbewegung zumindest 0,5 mm beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass während des laufenden Walzvorgangs abwechselnd eine stufenweise Reduktion des Abstandes (32) zwischen einer Drehachse (4) des Werkstücks (2) und den Formwalzradachsen (9), und mehrere Zyklen der Relativbewegung in Axialrichtung (27) zwischen dem Werkstück (2) und den Formwalzrädern (8) erfolgen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzvorgang mit einer Umkehrung der Drehrichtung (25) ausgeführt wird.



6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Formwalzräder (8) mit dem Halterahmen (10) vor dem Walzvorgang etwa in Radialrichtung (26) bis zum Kontakt mit dem Werkstück (2) angenähert werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Antriebsmoment für den Walzvorgang von einer Antriebsvorrichtung (24) auf das Werkstück (2) ausgeübt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (2) während des Walzvorgangs von einer Aufnahme (3) an der Antriebsvorrichtung (24) gehalten wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzvorgang mit zwei Formwalzrädern (8) mit Schrägverzahnung ausgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass beim Walzvorgang an der Oberfläche der Verzahnung (7) bis zu einer Tiefe von 0,3 mm eine Verdichtung auf über 95 % der Dichte des Pulvermetalls ohne Porenanteil erfolgt.
11. Vorrichtung (1) zur Walzbearbeitung einer Verzahnung (7) am Außenumfang (6) oder Innenumfang eines Werkstücks (2) aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall, umfassend eine Aufnahme (3) zur Aufnahme des Werkstücks (2) und dessen drehbarer Lagerung um eine Drehachse (4) sowie ein Walzwerkzeug (5) mit zwei Formwalzrädern (8) mit einer, in die Verzahnung (7) des aufgenommenen Werkstücks (2) eingreifenden Formverzahnung (13) zum Walzen der Verzahnung (7), dadurch gekennzeichnet, dass die Formwalzräder (8) mit zueinander im wesentlichen konstantem Achsabstand (16) drehbar in einem Halterahmen (10) gelagert sind.
12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Formwalzräder (8) und/oder die Drehaufnahme (3) mit dem Werkstück (2) durch eine Verstell-



einrichtung oszillatorisch in einer zur Drehachse (4) zumindest annähernd parallelen Axialrichtung (27) verstellbar sind.

13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass Formwalzradachsen (9) der Formwalzräder (8) parallel zur Drehachse (4) der Aufnahme (3) angeordnet sind.

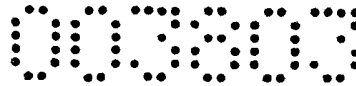
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Walzwerkzeug (5) oder der Halterahmen (10) an einem zur Drehachse (4) der Aufnahme (3) parallelen Schwenklager (20) gelagert sind.

15. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Formwalzradachse (9) bezogen auf die zweite Formwalzradachse (9) zumindest annähernd in tangentialer Richtung (17) beweglich am Halterahmen (10) gelagert ist.

16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die bewegliche Formwalzradachse (9) in einer am Halterahmen (10) angeordneten Kulisserie (18) geführt ist.

17. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis eines Teilkreisdurchmessers (29) an der Verzahnung (7) des Werkstücks (2) zu einem Teilkreisdurchmesser (30) der Formverzahnung (13) am Formwalzrad (8) aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,0 und einer oberen Grenze von 3,5 gewählt ist.

18. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis aus dem Teilkreisdurchmesser (30) an den Formwalzrädern (8) zu dem Achsabstand (16) zwischen den zwei Formwalzradachsen (9) aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 und einer oberen Grenze von 0,75 gewählt ist.



19. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zwei von der Drehachse (4) des Werkstücks (2) durch die zwei Formwalzradachsen (9) weisende Ebenen (32) zueinander einen Spreizwinkel (33) ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von  $60^\circ$  und einer oberen Grenze von  $170^\circ$  einschließen.

20. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung (7) des Werkstücks (2) und die Formverzahnung (13) der Formwalzräder (8) eine Zahnhöhe (37) ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,3 mm und einer oberen Grenze von 3 mm aufweist.

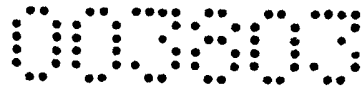
21. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Formverzahnung (13) ein Gegenprofil zu einem Zahnriemenprofil, einem Zahnkettenprofil, Evolventenverzahnungsprofil oder einem sonstigen Formverzahnungsprofil aufweist.

22. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Formwalzrad (8) eine axiale Verzahnungslänge (14) aufweist, die größer ist, als eine axiale Verzahnungslänge (15) am Werkstück (2).

23. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebsvorrichtung (24) zur Durchführung des Walzvorganges direkt mit der Aufnahme (3) für das Werkstück (2) verbunden ist.

24. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verstelleinrichtung zur Erzeugung der axialen Relativbewegung der Formwalzräder (8) und/oder der Einstellung des Abstandes (32) zwischen der Drehachse (4) des Werkstücks (2) und der Formwalzradachsen (9) durch eine numerisch gesteuerte Verstellachse einer Bearbeitungsmaschine gebildet ist.

25. Vorrichtung (1) nach einer der Ansprüche 11 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Formwalzräder (8) als Formverzahnung (13) eine Schrägverzahnung aufweisen.



- 5 -

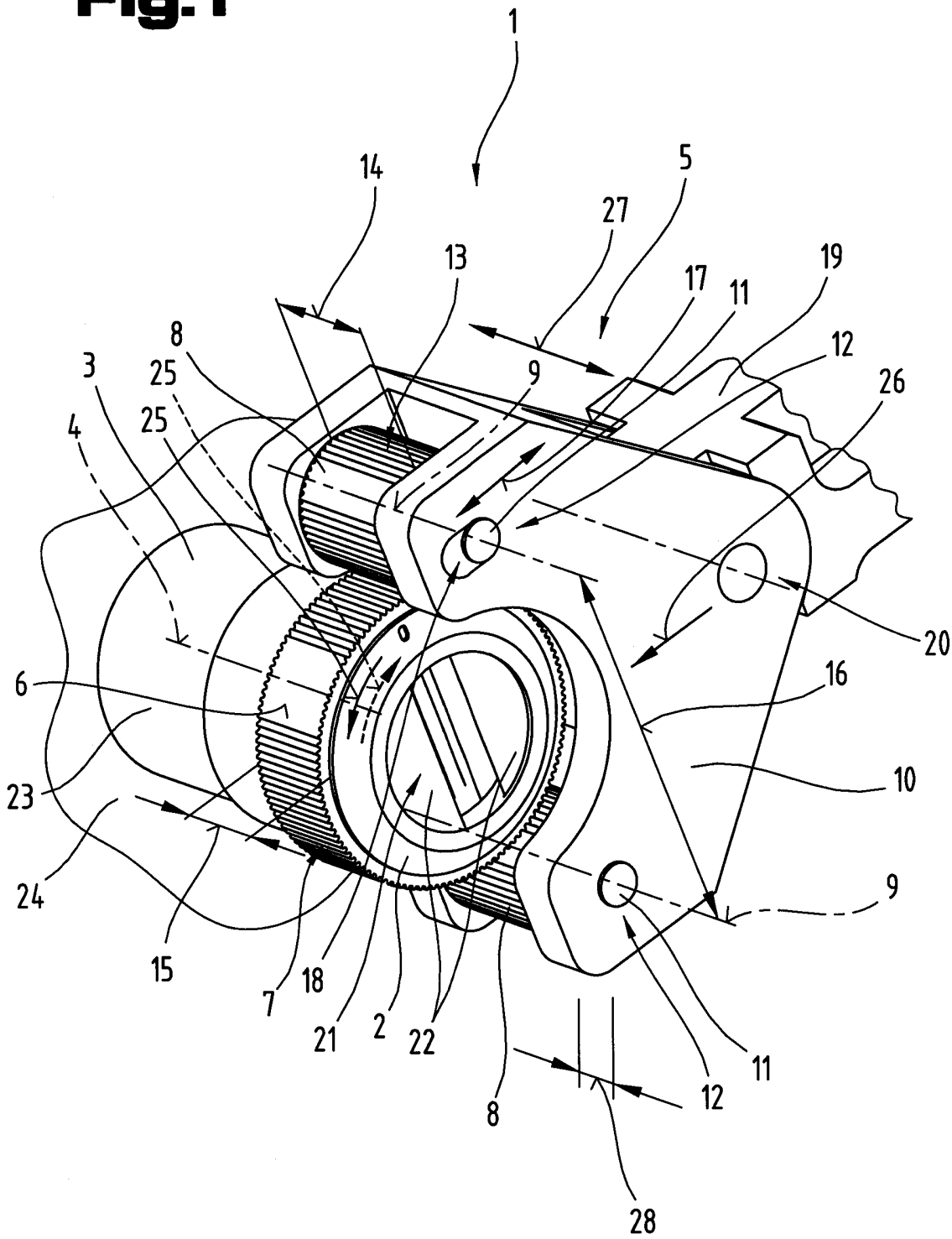
26. Werkstück (2) aus gepresstem und gesintertem Pulvermetall mit einer Verzahnung (7) an einem Außenumfang (6) oder an einem Innenumfang, insbesondere Zahnrad, Zahnriemenrad oder Zahnkettenrad, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung (7) mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 bearbeitet ist.

Miba Sinter Austria GmbH

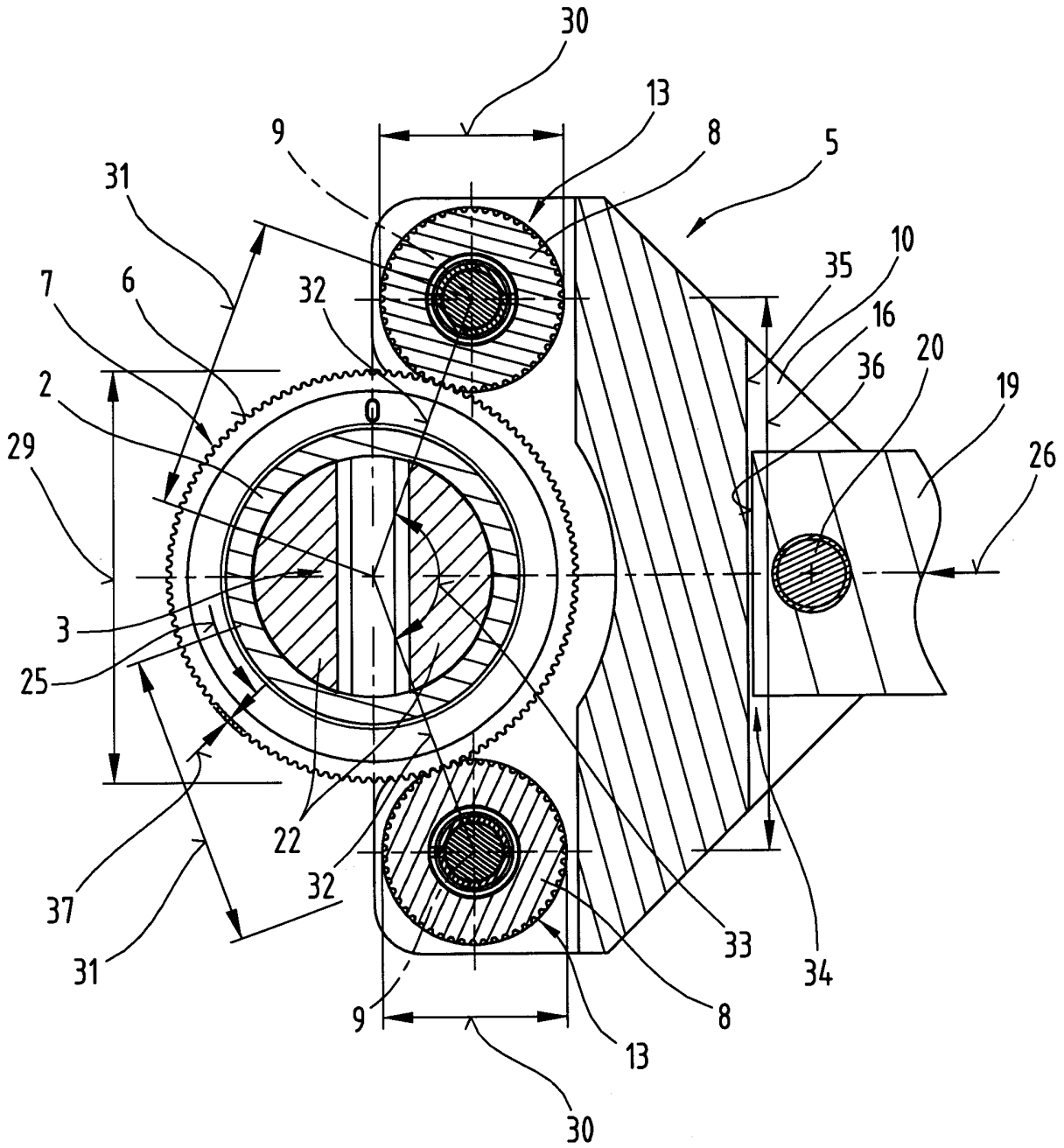
durch

  
Dr. Clemens Ofner

**Fig.1**



**Fig.2**





Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC <sup>8</sup> : <b>B21H 5/02 (2006.01); B22F 5/08 (2006.01)</b>		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß ECLA: <b>B21H 5/02B, B22F 5/08</b>		
Recherchierter Prüfstoﬀ (Klassifikation): <b>B21H 5/02, B22F 5/08</b>		
Konsultierte Online-Datenbank: <b>EPODOC, WPI, TXT</b>		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am <b>28. März 2007</b> eingereichten Ansprüchen 1-26 erstellt.		
Kategorie <sup>7)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreﬀend Anspruch
X A	EP 1 574 286 A1 (LINNENBRINK WOLFGANG) 14. September 2005 (14.09.2005) <i>Fig. 1, 2; Anspruch 1; Absätze 1, 2, 4, 15-17</i>	1-13, 17-22, 24- 26  14-16, 23
	--	
X A	GB 2 149 703 A (ILLINOIS TOOL WORKS) 19. Juni 1985 (19.06.1985) <i>Fig. 1, Seite 2</i>	1-13, 17-22, 24-26 14-16, 23
	----	
Datum der Beendigung der Recherche: 20. Februar 2008		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt
		Prüfer(in): Dipl.-Ing. RODLAUER
<sup>7)</sup> <b>Kategorien der angeführten Dokumente:</b> <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand 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 <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist. <b>A</b> Veröffentlichung, die den <b>allgemeinen Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das <b>von Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein <b>älteres Recht</b> hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.		