

(12)

Patentschrift

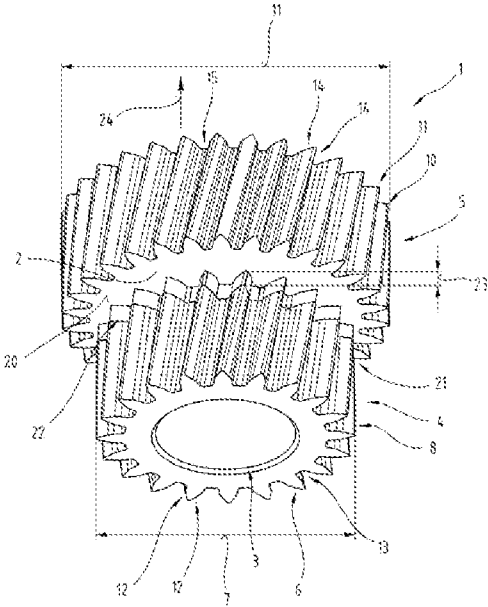
(21)	Anmeldenummer:	A 50885/2022	(51)	Int. Cl.:	B22F 3/10	(2006.01)
(22)	Anmeldetag:	23.11.2022			B22F 3/24	(2006.01)
(45)	Veröffentlicht am:	15.08.2024			B22F 5/08	(2006.01)
					B23F 5/20	(2006.01)
					B23F 19/02	(2006.01)
					B23F 19/05	(2006.01)
					B23F 19/10	(2006.01)

(56)	Entgegenhaltungen:	(73)	Patentinhaber:
	US 2013068582 A1		Miba Sinter Austria GmbH
	US 2004136858 A1		4663 Laakirchen (AT)
	DE 10222132 A1	(74)	Vertreter:
	EP 1268102 B2		Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt GmbH
			4580 Windischgarsten (AT)

(54) Zahnrad

(57) Die Erfindung betrifft ein Zahnrad (1) aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei die erste Spur eine erste Stirnverzahnung (4) mit ersten Zähnen (6) und mit einem ersten Durchmesser (7) und die zweite Spur eine zweite Stirnverzahnung (5) mit zweiten Zähnen (9) und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser (7) der ersten Spur größeren Durchmesser (10) ist, und wobei an den ersten Zähnen (6) der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich (21) Vertiefungen (22) ausgebildet sind.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Zahnrad aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei die erste Spur eine erste Verzahnung mit ersten Zähnen und mit einem ersten Durchmesser und die zweite Spur eine zweite Verzahnung mit zweiten Zähnen und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser der ersten Spur größeren Durchmesser ist.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Zahnrades aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei als erste Spur eine erste Verzahnung mit ersten Zähnen und mit einem ersten Durchmesser und als zweite Spur eine zweite Verzahnung mit zweiten Zähnen und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser der ersten Spur größeren Durchmesser hergestellt werden, umfassend die Schritte: Pressen des Sinterpulvers zu einem Grünling; Sintern des Grünlings zum gesinterten Zahnrad, Walzen zumindest der Spur mit dem ersten Durchmesser.

[0003] Zudem betrifft die Erfindung ein Werkzeug zum Walzen eines Zahnrades mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei die erste Spur eine erste Verzahnung mit ersten Zähnen und mit einem ersten Durchmesser und die zweite Spur eine zweite Verzahnung mit zweiten Zähnen und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser der ersten Spur größeren Durchmesser ist, wobei das Werkzeug einen Werkzeugkörper aufweist, der einen ersten Abschnitt und einen zweiten Abschnitt aufweist.

[0004] In Elektrofahrzeugen und Hybridanwendungen kommen sogenannte E Achse in der Antriebseinheit zum Einsatz. Der Begriff „E-Achse“ bezeichnet im Stand der Technik Lösungen für den elektrischen Antrieb von batteriebetriebenen elektrischen Fahrzeugen und Hybridanwendungen. Der eingesetzte Elektromotor, der elektrische in mechanische Energie umwandelt, überträgt das Drehmoment auf ein Getriebe. Das Getriebe übersetzt die Drehzahl des Elektromotors auf das an der Antriebswelle benötigte Niveau und verstärkt gleichzeitig das Motormoment. E-Achsen werden häufig mit einstufigen oder zweistufigen Stirnradgetrieben oder Planetengetrieben ausgestattet. Damit sind achsparallele oder koaxiale Architekturen darstellbar.

[0005] Bei Planetengetrieben kommen zur Realisierung der Übersetzung gestufte Planetenräder (Doppelplanetenräder) zum Einsatz, die unterschiedliche Verzahnungsdurchmesser aufweisen. Die Verzahnungen der Doppelplanetenräder kämmen einerseits mit dem Sonnenrad und andererseits mit dem Hohlrad. Die Verzahnungen, insbesondere die Winkelstellungen bei Schrägverzahnungen, müssen sehr genau gefertigt werden, da andernfalls ein Zusammenbau des Planetengetriebes schwer oder nicht möglich ist.

[0006] Aus NVH Gründen (Noise, Vibration, Harshness) werden die Verzahnungen von Komponenten eines Planetengetriebes, insbesondere der Doppelplanetenräder, nach einer Wärmebehandlung zur Egalisierung der Verzüge hart fein bearbeitet. Die kleine Verzahnung eines Doppelplanetenrades wird dabei aufgrund der geometrischen Gegebenheiten (Störkontur) in der Regel durch Verzahnungshonen bearbeitet. Stand der Technik ist es, im Übergangsbereich der kleinen Verzahnung zum Steg der großen Verzahnung einen Einstich zu drehen, um dadurch eine Freistellung für die Honbearbeitung zu schaffen. Es ist bekannt, dass die Honringstandzeiten signifikant fallen bzw. es zu Honringbrüchen (also Werkzeugbrüchen) kommt, wenn die kleine Verzahnung unmittelbar an die erste Verzahnung anschließt. Bei einer sintertechnischen Lösung von Doppelplanetenrädern verläuft die kleine Verzahnung aus presstechnischen Gründen direkt bis zum Steg der großen Verzahnung. Es ist jedoch auch eine sintertechnische Lösung bekannt, bei der die beiden Spuren des Doppelplanetenrades voneinander beabstandet sind.

[0007] Ein derartiges Doppelplanetenrad, ein Verfahren und ein Werkzeug zu dessen Herstellung ist beispielsweise aus AT 521 836 A2 bekannt. Gemäß dieser Druckschrift wird ein Grünling aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur hergestellt, wobei die erste Spur eine erste Schrägverzahnung und die zweite Spur eine zweite Schrägverzahnung aufweisen. Das Sinterpulver wird in einen Formhohlraum einer Matrize eingefüllt, und danach mit einem Oberstempel und einem Unterstempel zum Grünling verpresst. Das Sinterpulver wird nach dem Ein-

füllen in die Matrize teilweise in den Oberstempel verschoben und der Oberstempel als weitere Matrize für Ausbildung der ersten Spur verwendet. Mit dem Oberstempel und dem Unterstempel wird zwischen den beiden Spuren ein Steg ausgebildet. Das aus diesem Grünling hergestellte Zahnrad ist einteilig ausgebildet. Nach Entfernung des Steges ist zwischen den beiden Spuren eine Ringnut ausgebildet.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Herstellung eines einteiligen Doppelzahnrades zu verbessern bzw. ein entsprechendes Zahnrad bereitzustellen.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Zahnrad gelöst, bei dem an den Zähnen der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich Vertiefungen ausgebildet sind.

[0010] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, wonach durch das Walzen an den Zähnen der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich Vertiefungen erzeugt werden.

[0011] Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Werkzeug gelöst, bei dem der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt zum Walzen der ersten Spur vorgesehen sind und der zweite Abschnitt einen größeren Durchmesser aufweist als der erste Abschnitt.

[0012] Von Vorteil ist dabei, dass mit der walzenden Bearbeitung des Zahnrades gleichzeitig auch eine Freistellung geschaffen werden kann, mit der das Honende Bearbeiten der kleineren Verzahnung des Zahnrades verbessert werden kann. Insbesondere kann damit das Honen werkzeugschonender durchgeführt werden. Durch die Walzbearbeitung entsprechend der Erfindung kann also ein zusätzlicher Arbeitsschritt, der im Stand der Technik für die Ausbildung der Ringnut durchgeführt wird, eingespart werden, womit die Produktivität des Verfahrens verbessert werden kann. Hierbei ist insbesondere die Porosität von Sinterbauteilen von Vorteil, da die Poren im Bauteil dessen Verdichtung ermöglichen, womit die Ausbildung der Vertiefungen unterstützt wird.

[0013] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Vertiefungen in einem Abstand zur zweiten Spur ausgebildet sind bzw. werden, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,1 mm bis 6 mm. Durch diese geringfügige Beabstandung der Vertiefungen kann das Walzwerkzeug beabstandet zur zweiten Spur angeordnet werden, womit die Walzbearbeitung vereinfacht werden kann. Das Werkzeug kann dazu im zweiten Abschnitt mehrere Teilabschnitte aufweisen, wobei ein Teilabschnitt den im Vergleich zum ersten Abschnitt größeren Durchmesser aufweist und wobei ein weiterer Teilabschnitt zwischen diesem Teilabschnitt mit dem größeren Durchmesser und einer Stirnfläche des Werkzeugkörpers angeordnet ist.

[0014] Es kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Vertiefungen nur in den Zahnflanken und gegebenenfalls den Zahnköpfen ausgebildet sind bzw. werden, womit ebenfalls eine Vereinfachung der Walzbearbeitung erreicht werden kann.

[0015] Alternativ dazu kann aber nach einer Ausführungsvariante der Erfindung auch vorgesehen sein, dass die Vertiefungen in den Zähnen der ersten Spur unmittelbar aneinander angrenzend ausgebildet sind bzw. werden, sodass sie eine in Umfangsrichtung über die gesamte erste Verzahnung ununterbrochene Ausnehmung bilden. Einerseits ist damit eine Honbearbeitung bei Bedarf in zwei Drehrichtungen einfacher durchführbar, andererseits kann damit der ersten Verzahnung im Übergangsbereich zwischen den beiden Spuren eine höhere Zahnfußfestigkeit verliehen werden, womit die Standzeit des Zahnrades bei Biegebeanspruchungen der ersten Spur verbessert werden kann.

[0016] Zur Reduktion der Toleranzen kann nach weiteren Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass die Vertiefungen (mit) eine(r) Tiefe zwischen 0,02 mm und 1 mm aufweisen (bzw. hergestellt werden) und/oder dass die Vertiefungen (mit) eine(r) Breite in einer Axialrichtung des Zahnrades zwischen 0,5 mm und 5 mm aufweisen (bzw. hergestellt werden).

[0017] Vorzugsweise ist das Werkzeug gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung so ausgeführt, dass der erste Abschnitt unmittelbar an den zweiten Abschnitt anschließend angeordnet ist, sodass die Walzbearbeitung mit einer reinen Drehbewegung ohne axialen Vorschub durch-

geführt werden kann.

[0018] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0019] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0020] Fig. 1 ein mehrspuriges Zahnrad in Schrägansicht;

[0021] Fig. 2 eine E-Achse;

[0022] Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines Zahnrades;

[0023] Fig. 4 ein Werkzeug zur Herstellung des Zahnrades nach Fig. 1;

[0024] Fig. 5 einen Ausschnitt aus dem Werkzeug nach Fig. 4.

[0025] 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 diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0026] In Fig. 1 ist ein Zahnrad 1 dargestellt. Das Zahnrad 1 weist einen Zahnradkörper 2 auf. Im Zahnradkörper 2 ist eine in axialer Richtung sich insbesondere durch das Zahnrad 1 hindurch erstreckende Ausnehmung 3 zur Aufnahme einer nicht dargestellten Welle oder Achse ausgebildet. Weiter weist der Zahnradkörper 2 an seiner radial äußeren Oberfläche eine erste Spur mit einer ersten Stirnverzahnung 4 in Form einer Schrägverzahnung und eine zweite Spur mit einer zweiten Stirnverzahnung 5 in Form einer Schrägverzahnung auf. Zumindest eine der Stirnverzahnungen kann aber auch anders ausgebildet sein, beispielsweise als Geradverzahnung. Weiter können die beiden Schrägverzahnungen in die gleiche Richtung (wie in Fig. 1 gezeigt) oder in entgegengesetzte Richtungen geneigt sein.

[0027] Die erste Spur weist erste Zähne 6 und einen ersten Durchmesser 7 auf. Der erste Durchmesser 7 wird zwischen ersten Zahnköpfen 8 der ersten Zähne 6 gemessen.

[0028] Die zweite Spur weist zweite Zähne 9 und einen zweiten Durchmesser 10 auf. Der zweite Durchmesser 10 wird zwischen zweiten Zahnköpfen 11 der zweiten Zähne 9 gemessen.

[0029] Die ersten Zähne 6 weisen erste Zahnflanken 12 auf, die sich von den ersten Zahnköpfen 8 bis zu ersten Zahnfüßen 13 erstrecken.

[0030] Die zweiten Zähne 9 weisen zweite Zahnflanken 14 auf, die sich von den zweiten Zahnköpfen 11 bis zu zweiten Zahnfüßen 15 erstrecken.

[0031] Die Begriffe „Zahnkopf“, „Zahnflanke“ und „Zahnfuß“ werden dem technischen Sprachgebrauch für Zahnräder entsprechend verwendet.

[0032] Wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, ist der erste Durchmesser 7 der ersten Spur kleiner als der zweite Durchmesser 10 der zweiten Spur.

[0033] Das Zahnrad 1 ist vorzugsweise für ein mehrstufiges, beispielsweise zweistufiges, Planetengetriebe mit zweireihigen Planeten vorgesehen. Das Zahnrad 1 kann aber auch in anderen Anwendungen eingesetzt werden.

[0034] Insbesondere ist das Zahnrad 1 für ein E-Achse 16 eines Elektrofahrzeugs vorgesehen, die vereinfacht und beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist. Die E-Achse 16 umfasst neben einem Elektromotor 17 und der Leistungselektronik 18 auch ein Planetengetriebe 19 mit dem Zahnrad 1 als Planetenrad. Wie an sich bekannt umfasst ein Planetengetriebe 19 neben dem zumindest einen Planetenrad auch ein zentrales Sonnenrad und ein alle Zahnräder umgebendes Hohlrad, wobei das Hohlrad über das zumindest eine Planetenrad mit dem Sonnenrad in Wirkverbindung steht.

[0035] Das Zahnrad 1 ist pulvermetallurgisch aus einem, insbesondere metallischen, Sinterpulver hergestellt. Das Sinterpulver kann beispielsweise ein Stahlpulver sein, wobei auch andere (vorlegierte) Pulver einsetzbar sind. Weiter kann das Pulver die üblichen Zusätze aufweisen, wie beispielsweise Schmiermittel, etc. Dieses (gegebenenfalls vorgemischte) Sinterpulver wird in einem ersten Schritt zu einem sogenannten Grünling gepresst. Das Pressen des Pulvers zum Grünling kann beispielsweise mit einer aus dem Stand der Technik bekannten Pulverpresse erfolgen.

[0036] Aus dem Grünling wird durch Sintern das gesinterte Zahnrad 1 hergestellt. Das Sintern des Grünlings kann ein- oder mehrstufig dem Stand der Technik entsprechend erfolgen. Es sei dazu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Die Temperaturen beim Sintern können beispielsweise zwischen 750 °C und 1350°C betragen. Der Grünling kann zwischen 10 Minuten und 65 Minuten auf dieser Temperatur gehalten werden.

[0037] Der Grünling kann vor dem Sintern gegebenenfalls mechanisch bearbeitet werden, beispielsweise spanend. Weiter wird das gesinterte Zahnrad 1 mechanisch nachbearbeitet, um damit die Toleranzen zumindest der ersten Stirnverzahnung 4, gegebenenfalls auch der zweiten Stirnverzahnung 5, zu reduzieren. Die Nachbearbeitung erfolgt insbesondere durch Honen. Zum Honen kann ein Honring eingesetzt werden.

[0038] Die Nachbearbeitung kann gegebenenfalls alternativ oder zusätzlich zum Honen auch durch Schleifen, etc., durchgeführt werden. Neben der spanenden Nachbearbeitung werden die erste und gegebenenfalls auch die zweite Stirnverzahnung 4, 5 gewalzt. Das Walzen kann prinzipiell am Grünling durchgeführt werden. Vorzugsweise erfolgt das Walzen aber (zusätzlich) am gesinterten Zahnrad 1, um damit eine Nachverdichtung zumindest der Randzonen der Verzahnung(en) zu erreichen.

[0039] Weiter kann das gesinterte Zahnrad 1 zumindest im Bereich der ersten und/oder zweiten Stirnverzahnung gehärtet werden.

[0040] Da diese Verfahrensschritte an sich bekannt sind, wird zu weiteren Einzelheiten dazu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0041] Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, schließt die erste Spur unmittelbar an eine axiale Stirnfläche 20 der zweiten Spur an, d.h. dass zwischen der ersten und der zweiten Spur keine Ringnut ausgebildet ist, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist, wie beispielsweise der voranstehend genannten AT 521 836 A2. Anders ausgedrückt ist die erste Spur über die gesamte Verzahnungshöhe mit der zweiten Spur verbunden (an der zweiten Spur angeformt). Um die Hohnbearbeitung bzw. generell die spanende Bearbeitung der ersten Spur, d.h. der ersten Zähne 6, zu verbessern, ist vorgesehen, dass an den Zähnen 6 der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich 21 Vertiefungen 22 ausgebildet sind.

[0042] Der Übergangsbereich 21 kann eine Breite 23 in einer Axialrichtung 24 aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,05 mm bis 8 mm, insbesondere 0,05 mm bis 5 mm bzw. bis 4 mm. Die Breite 23 wird beginnend an der Stirnfläche 20 in der Axialrichtung 24 gemessen.

[0043] Die Vertiefungen 22 können nur an einer der beiden Zahnflanken 12 oder bevorzugt an beiden Zahnflanken 12 der ersten Zähne 6 der ersten Stirnverzahnung 4 und gegebenenfalls auch in den ersten Zahnköpfen 8 der ersten Stirnverzahnung 4 ausgebildet sein, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Nach einer Ausführungsvariante des Zahnrades 1, die ausschnittsweise in Fig. 3 dargestellt ist, kann aber auch vorgesehen sein, dass sich die Vertiefungen 22 bis in die ersten Zahnfüße 13 erstreckt, und dass die Vertiefungen 22 in den ersten Zähnen 6 der ersten Spur unmittelbar aneinander angrenzend ausgebildet sind, sodass sie eine in Umfangsrichtung über die gesamte erste Stirnverzahnung 4 ununterbrochene Ausnehmung (eine durchgehende Rille) bilden.

[0044] Aus Fig. 3 ist auch zu ersehen, dass an der axialen Stirnfläche 20 der zweiten Spur eine Nabe 26 angeordnet ist, an die die erste Stirnverzahnung 4 unmittelbar anschließt und die die ersten Zähne 6 der ersten Stirnverzahnung 4 in radialer Richtung überragt.

[0045] Die Vertiefungen 22 können unmittelbar anschließend an die zweite Spur in den ersten Zähnen 6 ausgebildet sein, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Nach einer anderen Ausführungsvariante des Zahnrades 1 kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Vertiefungen 22 in einem Abstand 27 zur zweiten Spur beginnend ausgebildet sind, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Der Abstand 27 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,1 mm bis 6 mm.

[0046] Die Vertiefungen 22 können entsprechend Ausführungsvarianten des Zahnrades 1 in eine Tiefe 28 zwischen 0,02 mm und 1 mm, insbesondere zwischen 0,05 mm und 0,5 mm, und/oder eine Breite 29 in der Axialrichtung 24 (siehe Fig. 1) des Zahnrades 1 zwischen 0,5 mm und 5 mm aufweisen.

[0047] Die Vertiefungen 22 können mit einer gleichbleibenden oder in Umfangsrichtung variierenden Tiefe 28 ausgebildet sein. Ebenso kann die Breite 29 der Vertiefungen 22 gleichbleibend oder variierend ausgebildet sein.

[0048] Die Vertiefungen 22 können einen viereckigen, beispielsweise rechteckförmigen oder trapezförmigen Querschnitt (in Richtung senkrecht auf die Axialrichtung 24 betrachtet), aufweisen, wobei im Falle eines trapezförmigen Querschnitts die Breite 29 der Vertiefungen 22 in Richtung auf den Grund der Vertiefungen 22 abnimmt. Es sind auch andere Querschnittsformen der Vertiefungen 22 möglich.

[0049] Bei Ausführungsvariante der Vertiefungen 22 mit in Richtung auf deren Grund abnehmender Breite 29 in der Axialrichtung 24 können die Seitenwände der Vertiefungen 22 zum Grund der Vertiefungen 22 einen Winkel einschließen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 95 ° bis 120 °. Es kann damit die Hohnbearbeitung durch eine bessere Anlegbarkeit des Hohnringes verbessert werden.

[0050] In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Vertiefungen 22 beim Walzen der ersten Stirnverzahnung 4 hergestellt. Die Fig. 4 und 5 zeigen dazu eine Ausführungsvariante eines Werkzeugs 30 (Walzwerkzeug). In Fig. 4 ist dazu das Werkzeug 30 in einer Arbeitsstellung an der ersten Stirnverzahnung 4 des Zahnrades 1 anliegend und in Fig. 5 ausschnittsweise dargestellt.

[0051] Das Werkzeug 30 weist einen Werkzeugkörper 31 auf, an dem eine Stirnverzahnung 32 angeordnet bzw. ausgebildet ist. Die Stirnverzahnung 32 weist eine entsprechend hohe Genauigkeit auf. Sie kann auch als Formverzahnung bezeichnet werden. Vorzugsweise weist die Stirnverzahnung 32 in der Axialrichtung 22 zumindest eine Breite auf, die zumindest der Breite der ersten Stirnverzahnung 4 der ersten Spur des Zahnrades 1 entspricht, sodass eine Verstellung des Werkzeugs 30 beim Walzen der ersten Stirnverzahnung 4 nicht erforderlich ist. Die Stirnverzahnung 32 des Werkzeugs 30 kann aber in der Axialrichtung 24 auch eine kleinere Breite aufweisen als die erste Stirnverzahnung 4.

[0052] Damit an der Stirnverzahnung 4 des Zahnrades 1 die gewünschten Walzumformprozesse stattfinden, müssen zwischen der Stirnverzahnung 32 des Werkzeugs 30 und der ersten Stirnverzahnung 4 dementsprechende Walzkräfte wirken. Diese können dadurch hervorgerufen werden, dass das Werkzeug 30 zumindest annähernd in einer Radialrichtung kraftbeaufschlagt wird. Dies kann dadurch erfolgen, dass das Werkzeug 30 mit einer entsprechenden Kraft in die Radialrichtung gedrückt wird. Diese in Radialrichtung aufgebrachte Kraft bewirkt die zwischen dem Zahnrad 1 und Werkzeug 30 wirkenden Walzkräfte, die abhängig von den Größenverhältnissen, insbesondere von den Durchmesserhältnissen der miteinander beim Walzen kämmenden Verzahnungen, auch sehr hohe Werte annehmen können.

[0053] Die Walzbearbeitung kann gleichzeitig auch mit mehreren (gleichartigen) Werkzeugen 30 vorgenommen werden.

[0054] Für die Walzbearbeitung kann das Zahnrad 1 oder das Werkzeug 30 oder beide mit einem Drehantrieb in eine Drehbewegung versetzt werden. Vorzugsweise ist jedoch nur das Werkzeug 30 angetrieben.

[0055] Der Werkzeugkörper 31 weist einen ersten Abschnitt 33 mit einem ersten Abschnitt der

Stirnverzahnung 31 und einen zweiten Abschnitt 34 mit einem zweiten Abschnitt der Stirnverzahnung 31 auf. Dabei kann die Stirnverzahnung 31 einteilig ausgebildet sein, also die beiden Abschnitte 33, 34 einteilig miteinander ausgebildet sein. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der zweite Abschnitt 34 durch ein gesondertes Formwalzrad gebildet ist, das mit dem den ersten Abschnitt 33 bildenden Formwalzrad form- und/oder kraftschlüssig verbunden ist.

[0056] Der erste Abschnitt 33 und der zweite Abschnitt 34 sind zum Walzen der ersten Stirnverzahnung 4 der ersten Spur vorgesehen. Der zweite Abschnitt 34, d.h. dessen Stirnverzahnung, weist aber zumindest in einem Teilbereich einen größeren Durchmesser auf als der erste Abschnitt 33, sodass mit diesem Teilbereich die Vertiefungen 22 in der ersten Stirnverzahnung 4 der ersten Spur des Zahnrades 1 ausgebildet werden. Dieser Teilbereich des zweiten Abschnitts 34 kann sich über dessen gesamte Breite in der Axialrichtung 24 oder nur einen Teil dieser Breite erstrecken, wie dies in Fig. 5 anhand der Erhebungen 35 dargestellt ist. Im Wesentlichen richtet sich die Form der Erhebungen 35 und deren Situierung auf dem zweiten Abschnitt 34 des Werkzeugs 30 nach der gewünschten Form und Platzierung der Vertiefungen 22 auf der ersten Stirnverzahnung 4 des Zahnrades 1.

[0057] Durch die Erhebungen 35 weist der zweite Abschnitt 34 mehrere (zumindest zwei) Teilabschnitte auf, wobei ein Teilabschnitt den im Vergleich zum ersten Abschnitt 33 größeren Durchmesser aufweist und wobei ein weiterer Teilabschnitt zwischen diesem Teilabschnitt mit dem größeren Durchmesser und einer Stirnfläche 36 des Werkzeugkörpers 32 angeordnet ist. Bei der Ausführungsvariante des Werkzeugs 30 nach Fig. 5 weist der zweite Abschnitt 34 drei Teilabschnitte auf, wobei nur der mittige Teilabschnitt mit dem größeren Durchmesser, d.h. mit den Erhebungen 35, ausgebildet ist.

[0058] Vorzugsweise ist der zweite Abschnitt 34 des Werkzeugs 30 unmittelbar an den ersten Abschnitt 33 anschließend angeordnet.

[0059] Nach einer anderen Ausführungsvariante ist es auch möglich, dass der Kopfkreisdurchmesser des an die erste Spur angrenzenden Werkzeugabschnittes des Werkzeugs 30 kleiner ist als der des Werkzeughauptabschnitts zur Verdichtung der Stirnverzahnung 4. In diesem Fall werden am Fußkreisdurchmesser des Zahnrades 1 keine Vertiefungen 22 erzeugt. Die Vertiefung 22 werden damit nur an den Zahnflanken 12 ausgebildet.

[0060] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Zahnrades 1 bzw. des Werkzeugs 30 diese nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Zahnrad	31	Stirnverzahnung
2	Zahnradkörper	32	Werkzeugkörper
3	Ausnehmung	33	Abschnitt
4	Stirnverzahnung	34	Abschnitt
5	Stirnverzahnung	35	Erhebung
6	Zahn	36	Stirnfläche
7	Durchmesser		
8	Zahnkopf		
9	Zahn		
10	Durchmesser		
11	Zahnkopf		
12	Zahnflanke		
13	Zahnfuß		
14	Zahnflanke		
15	Zahnfuß		
16	E-Achse		
17	Elektromotor		
18	Leistungselektronik		
19	Planetengetriebe		
20	Stirnfläche		
21	Übergangsbereich		
22	Vertiefung		
23	Breite		
24	Axialrichtung		
25	Umfangsrichtung		
26	Nabe		
27	Abstand		
28	Tiefe		
29	Breite		
30	Werkzeug		

Patentansprüche

1. Zahnrad (1) aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei die erste Spur eine erste Stirnverzahnung (4) mit ersten Zähnen (6) und mit einem ersten Durchmesser (7) und die zweite Spur eine zweite Stirnverzahnung (5) mit zweiten Zähnen (9) und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser (7) der ersten Spur größeren Durchmesser (10) ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den ersten Zähnen (6) der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich (21) Vertiefungen (22) ausgebildet sind.
2. Zahnrad (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) in einem Abstand (27) zur zweiten Spur ausgebildet sind, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,1 mm bis 6 mm.
3. Zahnrad (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) nur in den Zahnflanken (12) und gegebenenfalls den Zahnköpfen (8) ausgebildet sind.
4. Zahnrad (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) in den ersten Zähnen (6) der ersten Spur unmittelbar aneinander angrenzend ausgebildet sind, sodass sie eine in Umfangsrichtung (25) über die gesamte erste Stirnverzahnung (4) ununterbrochene Ausnehmung bilden.
5. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) eine Tiefe (28) zwischen 0,02 mm und 1 mm aufweisen.
6. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) eine Breite (29) in einer Axialrichtung (24) des Zahnrades (1) zwischen 0,5 mm und 5 mm aufweisen.
7. Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Zahnrades (1) aus einem Sinterpulver mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei als erste Spur eine erste Stirnverzahnung (4) mit ersten Zähnen (6) und mit einem ersten Durchmesser (7) und als zweite Spur eine zweite Stirnverzahnung (5) mit zweiten Zähnen (9) und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser (7) der ersten Spur größeren Durchmesser (10) hergestellt werden, umfassend die Schritte: Pressen des Sinterpulvers zu einem Grünling; Sintern des Grünlings zum gesinterten Zahnrad (1), Walzen zumindest der Spur mit dem ersten Durchmesser (7), **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das Walzen an den ersten Zähnen (6) der ersten Spur in einem an die zweite Spur anschließenden Übergangsbereich (21) Vertiefungen (22) erzeugt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) in einem Abstand (27) zur zweiten Spur erzeugt werden, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,1 mm bis 6 mm.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) nur in den Zahnflanken (12) und gegebenenfalls den Zahnköpfen (8) hergestellt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) in den Zähnen (6) der ersten Spur unmittelbar aneinander angrenzend ausgebildet werden, sodass sie eine in Umfangsrichtung (25) über die gesamte erste Stirnverzahnung (4) ununterbrochene Ausnehmung bilden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) mit einer Tiefe (28) zwischen 0,02 mm und 1 mm hergestellt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefungen (22) mit einer Breite (29) in einer Axialrichtung (24) des Zahnrades (1) zwischen 0,5 mm und 5 mm hergestellt werden.
13. Werkzeug (30) zum Walzen eines Zahnrades (1) mit einer ersten Spur und einer zweiten Spur, wobei die erste Spur eine erste Stirnverzahnung (4) mit ersten Zähnen (6) und mit einem ersten Durchmesser (7) und die zweite Spur eine zweite Stirnverzahnung (5) mit zwei-

ten Zähnen (9) und mit einem zweiten, im Vergleich zum ersten Durchmesser (7) der ersten Spur größeren Durchmesser (10) ist, wobei das Werkzeug (30) einen Werkzeugkörper (32) aufweist, der einen ersten Abschnitt (33) und einen in einer Axialrichtung (24) daran anschließenden zweiten Abschnitt (34) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Abschnitt (33) und der zweite Abschnitt (34) zum Walzen der ersten Spur vorgesehen sind und der zweite Abschnitt (34) zumindest teilweise einen größeren Durchmesser aufweist als der erste Abschnitt (33).

14. Werkzeug (30) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Abschnitt (34) mehrere Teilabschnitte aufweist, wobei ein Teilabschnitt den im Vergleich zum ersten Abschnitt (33) größeren Durchmesser aufweist und wobei ein weiterer Teilabschnitt zwischen diesem Teilabschnitt mit dem größeren Durchmesser und einer Stirnfläche (36) des Werkzeugkörpers (32) angeordnet ist.
15. Werkzeug (30) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Abschnitt (33) unmittelbar an den zweiten Abschnitt (34) anschließend angeordnet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

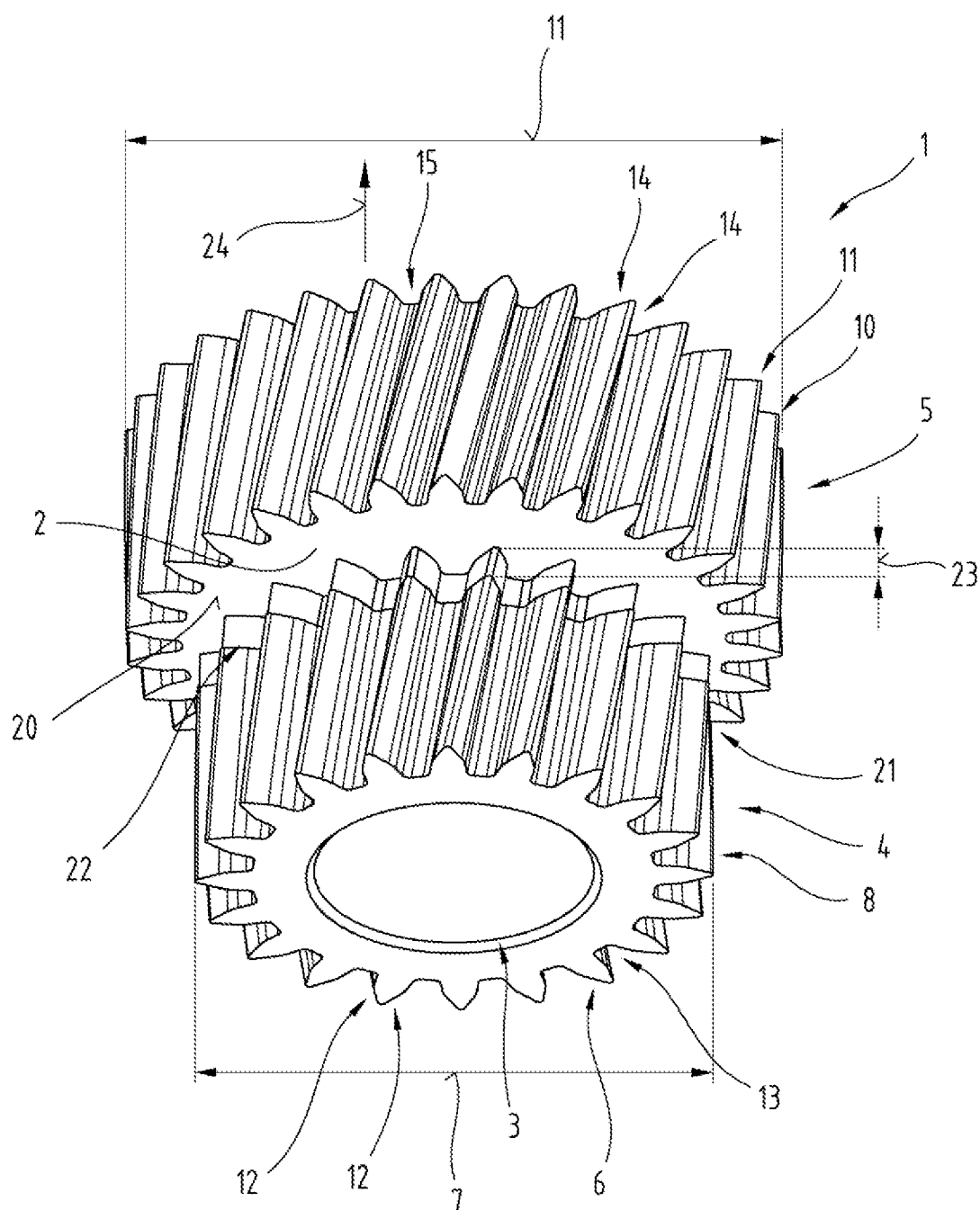


Fig.2

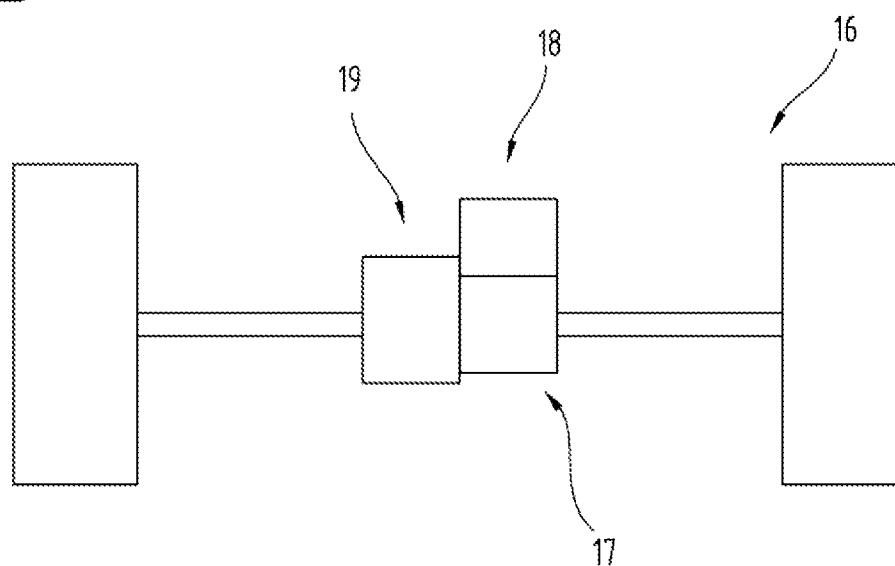


Fig.3

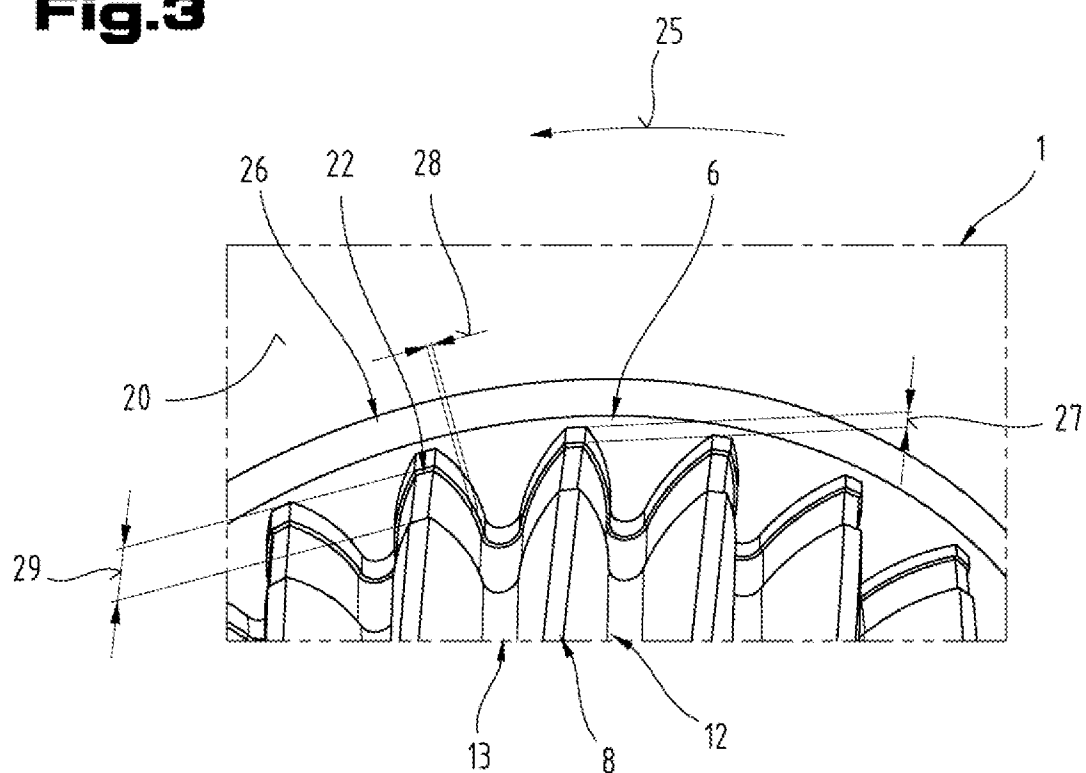


Fig.4

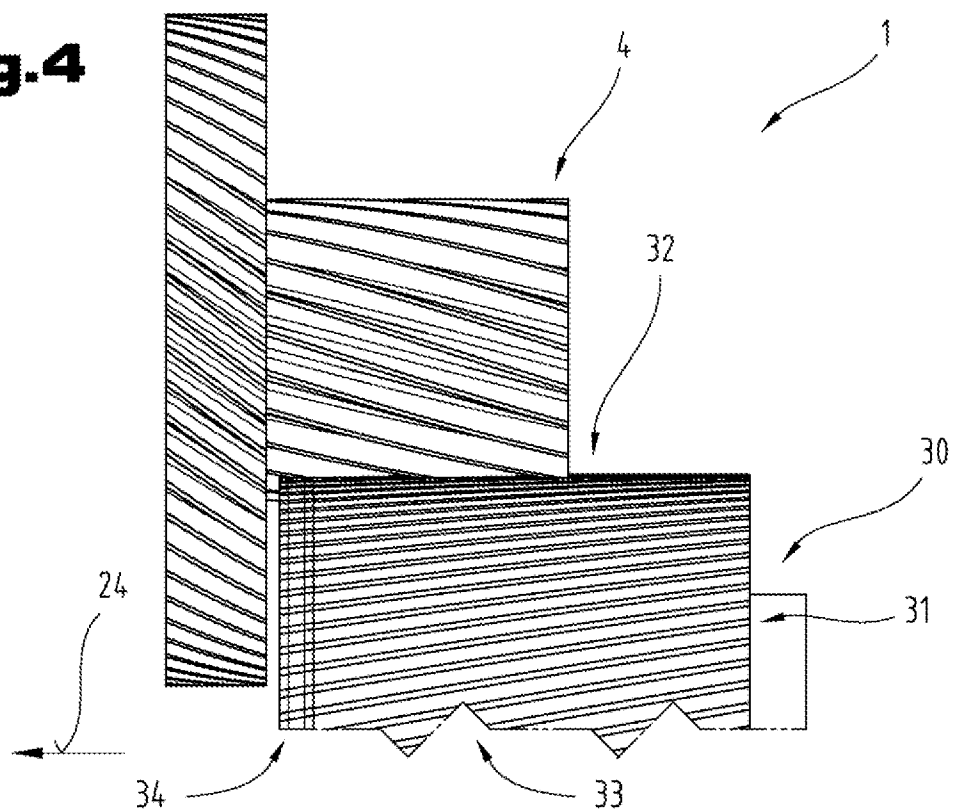


Fig.5

