



(10) **DE 10 2022 103 886 A1** 2022.09.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 103 886.6**
(22) Anmeldetag: **18.02.2022**
(43) Offenlegungstag: **08.09.2022**

(51) Int Cl.: **B22F 5/08 (2006.01)**
B22F 3/03 (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)
B22F 3/16 (2006.01)
B23F 15/00 (2006.01)
F16H 55/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
A50160/2021 05.03.2021 AT

(71) Anmelder:
Miba Sinter Austria GmbH, Laakirchen, AT

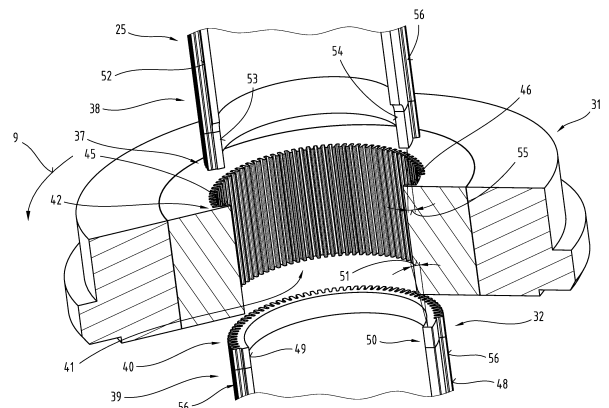
(74) Vertreter:
**ABP Burger Rechtsanwaltsgesellschaft mbH,
80331 München, DE**

(72) Erfinder:
**Kroneberger, Christian, Vorchdorf, AT; Rössler,
Horst, Krenglbach, AT; Ohler, Martin, Vorchdorf,
AT; Müller, Alexander, Altmünster, AT**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Herstellung eines Zahnradgrünlings**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (21) zur Herstellung eines Zahnradgrünlings (43) aus einem Pulver umfassend eine Matrize (32), einen Oberstempel (25) und einen Unterstempel (32), wobei die Matrize (31) an einer inneren Mantelfläche (44) zumindest eine Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges der inneren Mantelfläche (44) erstreckt, und die einen ersten Schrägungswinkel aufweist, wobei in Umfangsrichtung (9) anschließend an die erste Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche (45, 46) ausgebildet ist, die einen zweiten Schrägungswinkel (47) aufweisen, wobei zumindest einer der zweiten Schrägungswinkel (47) der Matrize (31) ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31) ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines Zahnradgrünlings aus einem metallischen Pulver umfassend eine Matrize zur Aufnahme des metallischen Pulvers, einen Oberstempel und einen Unterstempel, die in die Matrize eintauchbar ausgebildet sind, wobei die Matrize an einer inneren Mantelfläche zumindest eine Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfangs der inneren Mantelfläche erstreckt, und die einen ersten Schrägungswinkel aufweist, wobei in Umfangrichtung anschließend an die erste Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche ausgebildet ist, die einen zweiten Schrägungswinkel aufweisen, wobei der Unterstempel an einer äußeren Unterstempelmantelfläche eine Unterstempel-Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfangs der Unterstempelmantelfläche erstreckt, und die den ersten Schrägungswinkel der Matrize aufweist, wobei in Umfangrichtung anschließend an die Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche ausgebildet ist, die einen dritten Schrägungswinkel aufweisen; wobei der Oberstempel an einer äußeren Oberstempelmantelfläche eine Oberstempel-Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfangs der Oberstempelmantelfläche erstreckt, und die den ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize aufweist, wobei in Umfangrichtung anschließend an die Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche ausgebildet ist, die einen vierten Schrägungswinkel aufweisen.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterzahnrades umfassend die Schritte: Bereitstellung eines metallischen Pulvers; Pressen des Pulvers zu einem Zahnradgrünling; gegebenenfalls Grünbearbeitung des Zahnradgrünlings; Sintern des Zahnradgrünlings.

[0003] Zudem betrifft die Erfindung ein Sinterzahnrad umfassend eine Zahnradkörper, der eine Mantelfläche und zwei Stirnflächen aufweist, wobei an der Mantelfläche zumindest eine Schrägverzahnung angeordnet ist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfangs des Zahnradkörpers erstreckt und die einen ersten Schrägungswinkel aufweist, und wobei in Umfangrichtung anschließend an die Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche ausgebildet ist, die in einem zweiten Schrägungswinkel zur Axialrichtung verlaufen.

[0004] Sektorzahnräder sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt. Beispielsweise werden derartige Zahnräder, bei denen sich die Verzahnung nur im Bereich eines Sektors des Umfangs befindet, für diverse Aktuatoren eingesetzt.

[0005] Aus dem Stand der Technik ist auch bereits ein schrägverzahntes, pulvermetallurgisch hergestelltes Sektorzahnrad bekannt. So beschreibt die DE 20 2020 100 041 U1 ein schrägverzahntes Sektorzahnrad, umfassend: einen Sektorzahnradkörper, der um eine Mittelachse herum angeordnet ist; und ein Zahnradsegment, das mit dem Sektorzahnradkörper gekoppelt ist und sich radial von diesem aus erstreckt, wobei das Zahnradsegment eine Vielzahl von Schrägverzahnungen aufweist, wobei das Zahnradsegment ein erstes Abstandssegment, ein zweites Abstandssegment und einen gezahnten Sektor aufweist, der in Umfangsrichtung zwischen dem ersten und dem zweiten Abstandssegment angeordnet ist und auf dem alle Schrägverzahnungen ausgebildet sind, wobei sich jede der Schrägverzahnungen über eine vorbestimmte Breite des Zahnradsegments erstreckt und eine Basis aufweist, die radial um eine vorbestimmte Basisabmessung von der Mittelachse beabstandet ist, wobei das erste Abstandssegment aus einem ersten schrägen Steg mit einer ersten Umfangsfläche und einer ersten radialen Fläche besteht, wobei die erste Umfangsfläche sich radial um eine erste Abmessung von der Mittelachse aus erstreckt und die erste radiale Fläche sich radial zwischen dem Sektorzahnradkörper und der ersten Umfangsfläche erstreckt, wobei die erste radiale Fläche eine erste schräge Kontur aufweist, die mit einem Steigungswinkel der Schrägverzahnung übereinstimmt, und wobei das zweite Abstandssegment aus einem zweiten schrägen Steg mit einer zweiten Umfangsfläche und einer zweiten radialen Fläche besteht, wobei sich die zweite Umfangsfläche radial um eine zweite Abmessung von der Mittelachse aus erstreckt, und wobei die zweite radiale Fläche sich radial zwischen dem Sektorzahnradkörper und der zweiten Umfangsfläche erstreckt, wobei die zweite radiale Fläche eine zweite schräge Kontur aufweist, die mit dem Steigungswinkel der Schrägverzahnung übereinstimmt.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die pulvermetallurgische Herstellbarkeit eines Sektorzahnrades zu verbessern.

[0007] Die Aufgabe wird bei der eingangs genannten Vorrichtung dadurch gelöst, dass zumindest einer der zweiten Schrägungswinkel der Matrize ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize ist.

[0008] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, bei dem das Pressen des Pulvers zu einem Zahnradgrünling in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung eines Zahnradgrünlings durchgeführt wird.

[0009] Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Sinterzahnrad gelöst, bei dem vorgesehen ist, dass der zweite Schrägungs-

winkel zumindest einer der Verzahnungsrandflächen ungleich dem ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung ist.

[0010] Von Vorteil ist dabei, dass durch die Anordnung zumindest einer der Verzahnungsrandflächen in einem zum Schrägungswinkel der Schrägverzahnung unterschiedlichen Schrägungswinkel die örtliche Werkzeugbelastung, insbesondere die Belastung der Matrize, durch die „Umverteilung“ auf andere Flächen des Werkzeugs verändert und angepasst werden kann. In Folge davon können Werkzeugausbrüche besser vermieden, womit die Standzeit des Werkzeugs verlängert werden kann.

[0011] Zur weiteren Verbesserung dieses Effektes kann nach Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass der zweite Schrägungswinkel um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt, und/oder dass die Differenz zwischen dem zweiten Schrägungswinkel und dem ersten Schrägungswinkel einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $\text{INV SIN}(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand zwischen der Matrize und Unterstempel oder Oberstempel und H die Höhe der Matrize, jeweils in mm, bedeuten.

[0012] Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen werden, dass zumindest einer der dritten Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder zumindest einer der vierten Schrägungswinkel des Oberstempels ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize ist, womit die Belastungsverteilung innerhalb des Werkzeugs besser abgestimmt werden kann.

[0013] Dabei kann ebenfalls zur weitere Verbesserung dieses Effektes nach Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder der vierte Schrägungswinkel des Oberstempels um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt und/oder dass die Differenz zwischen dem dritten Schrägungswinkel des Unterstempels und dem ersten Schrägungswinkel und/oder dem vierten Schrägungswinkels des Oberstempels und dem ersten Schrägungswinkel einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $\text{INV SIN}(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand zwischen der Matrize und Unterstempel oder Oberstempel und H die Höhe der Matrize, jeweils in mm, bedeuten.

[0014] Gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass der zweite Schrägungswinkel der Matrize kleiner ist als der erste Schrägungswinkel der Schrägverzahnung. Es kann damit die Belastung teilweise von der Verzahnungsrandfläche auf die Verzahnung selbst verteilt werden,

womit also die Belastung von einer relativ großen Fläche aufgeteilt werden kann und damit Werkzeugausbrüche besser vermieden werden können. Mit dieser Ausführungsvariante kann insbesondere erreicht werden, dass sich der Oberstempel an die Matrize im unteren Bereich der Matrize (über die Höhe gesehen) anlegt. Dies hat den Vorteil, dass das (über die Höhe der Matrize betrachtet) darüberliegende Material der Matrize diesen Anlegebereich stützt und Werkzeugbrüche besser vermieden werden können.

[0015] Ebenfalls zur besseren Abstützung kann nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder der vierte Schrägungswinkel des Oberstempels kleiner ist oder sind als der erste Schrägungswinkel der Schrägverzahnung.

[0016] Zur besseren Abstimmbarkeit des Gesamtsystem Matrize-Stempel kann gemäß einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder der vierte Schrägungswinkel des Oberstempels größer ist oder sind als der zweite Schrägungswinkel der Matrize.

[0017] Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder der vierte Schrägungswinkel des Oberstempels nur über einen Teilbereich der Höhe der Verzahnungsrandfläche ausgebildet ist und dass der restliche Teilbereich der Höhe mit zumindest einem zum dritten Schrägungswinkel des Unterstempels und/oder zum vierten Schrägungswinkel des Oberstempels unterschiedlichen Schrägungswinkel ausgebildet ist. Durch die Ausbildung unterschiedlicher Schrägungswinkel (über die Höhe der Flächen betrachtet) kann einerseits die Anlagefläche an sich zwischen Matrize und Stempel vergrößert werden, wobei mit dem Schrägungswinkel im zweiten Teilbereich eine entsprechende Stützwirkung des Anlagebereichs durch das Werkzeug selbst ermöglicht wird.

[0018] Entsprechend einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen werden, dass die Größe des Absolutwerts der Abweichung des zweiten Schrägungswinkels der Verzahnungsrandflächen vom ersten Schrägungswinkel der Verzahnung in Abhängigkeit von einem Pressdruck, mit dem das metallische Pulver zum Zahnradgründling gepresst wird, gewählt wird, wobei gilt, $(p * S)/100.000 = \Delta S$, wobei p der Pressdruck in [MPa] ist, S der erste Schrägungswinkel in [°] ist und ΔS die Abweichung vom ersten Schrägungswinkel in [°]. Das Werkzeug ist damit besser auf die Arbeitsbedingungen abstimbar, womit die voranstehend genannten Effekte weiter verbessert werden können.

[0019] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0020] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 ein Sinterzahnrad in Schrägansicht;

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Herstellung eines Zahnradgrünlings in Seitenansicht geschnitten;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus der Vorrichtung zur Herstellung eines Sinterzahnrades in Schrägansicht und teilweise geschnitten;

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Matrize;

Fig. 5 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante einer Vorrichtung zur Herstellung eines Sinterzahnrades in Seitenansicht.

[0021] 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.

[0022] In **Fig. 1** ist eine Ausführungsvariante eines Sinterzahnrades 1 in Schrägansicht dargestellt. Das Sinterzahnrad 1 weist einen Zahnradkörper 2 auf. Der Zahnradkörper weist eine äußeren Mantelfläche 3 und zwei axiale Stirnflächen 4, 5 auf bzw. wird davon begrenzt. An der Mantelfläche ist zumindest eine Schrägverzahnung 6 angeordnet bzw. ausgebildet. Die Schrägverzahnung 6 ist insbesondere einstückig mit dem Zahnradkörper 2 ausgebildet. Die Schrägverzahnung 6 kann sich in axialer Richtung über eine gesamte Breite des Zahnradkörpers 2 oder nur einen Teilbereich davon erstrecken. Es ist auch möglich, dass die Schrägverzahnung den Zahnradkörper 2 in axialer Richtung überragt, deren Breite 8 also größer ist als die Breite 7 des Zahnradkörpers 2, wie dies in **Fig. 1** dargestellt ist.

[0023] Wie aus **Fig. 1** ersichtlich, erstreckt sich die Schrägverzahnung 6 in einer Umfangsrichtung 9 nicht über einen gesamten Umfang des Sinterzahnrades 1 bzw. des Zahnradkörpers 2, sondern nur über einen Teilbereich davon. Das Sinterzahnrad 1 weist also die Schrägverzahnung 6 nur in einem Sektor auf, weswegen das Sinterzahnrad 1 auch als Sektorzahnrad bezeichnet werden kann.

[0024] Obwohl in **Fig. 1** nur eine Schrägverzahnung 6 in einem Sektor dargestellt ist, kann das Sinterzahnrad 1 in Umfangsrichtung 9 mehrere Schrägverzahnungen 6 aufweisen, die jedoch in Umfangsrichtung 9 voneinander beabstandet sind. Es können also mehrere Sektoren des Sinterzahnrades 1 mit Schrägverzahnungen 6 versehen bzw. ausgebildet sein.

[0025] Nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass die Schrägverzahnung 6 Zähne 10 aufweist, die nicht parallel zur Axialrichtung 11 des Sinterzahnrades 1 verlaufen, sondern in einem Winkel dazu.

[0026] Die Stirnverzahnung 6 weist einen ersten Schrägungswinkel 12 auf, den die Zähne 10 mit der Axialrichtung 11 einschließen, d.h. mit dem die Zähne 10 gegen die Axialrichtung 11 geneigt sind.

[0027] Der erste Schrägungswinkel 12 kann beispielsweise einen Wert zwischen $0,1^\circ$ und 45° aufweisen.

[0028] Die Stirnverzahnung 6 ist in der Umfangsrichtung von einer ersten Verzahnungsrandfläche 13 und einer zweiten Verzahnungsrandfläche 14 begrenzt, wobei die Stirnverzahnung 6 in Umfangsrichtung 9 zwischen diesen beiden Verzahnungsrandflächen 13, 14 angeordnet ist. Bei der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsvariante des Sinterzahnrades 1 sind die Verzahnungsrandfläche 13 an einem Steg 15 und die Verzahnungsrandfläche 14 an einem Steg 16 angeordnet bzw. ausgebildet, die insbesondere unmittelbar anschließend an die Schrägverzahnung 6 ausgebildet bzw. angeordnet sind. Die Verzahnungsrandflächen 13, 14 sind in der dargestellten Ausführungsvariante des Sinterzahnrades 1 jene Flächen der Stege 15, 16, die unmittelbar an die Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 anschließen.

[0029] Die Verzahnungsrandflächen 13, 14 können einen Winkel mit der Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 einschließen, der zwischen 60° und 300° , insbesondere zwischen 90° und 135° , betragen kann, wobei diese Werte nicht beschränkend zu verstehen sind. In der bevorzugten Ausführungsvariante können die Verzahnungsrandflächen 13, 14 senkrecht auf die Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 stehend angeordnet ein.

[0030] Die Steg 15 weist eine Plateaufläche 17 auf, die bevorzugt einerseits unmittelbar an die Schrägverzahnung 6 und andererseits bevorzugt unmittelbar an die Verzahnungsrandfläche 13 anschließt. Die Steg 16 weist eine Plateaufläche 18 auf, die bevorzugt einerseits unmittelbar an die Schrägverzahnung 6 und andererseits bevorzugt unmittelbar an die Verzahnungsrandfläche 14 anschließt. Die

Plateauflächen 17, 18 können über den gesamten Verlauf in der Umfangsrichtung 9 gleich beabstandet von der Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 ausgebildet sein (in radialer Richtung betrachtet). Es ist aber auch möglich, dass die Stege 15, 16 gestuft ausgebildet sind, sodass die Plateauflächen 17, 18 mehrere Teilplateauflächen aufweisen, die eine unterschiedliche radiale Höhe über der Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 haben. Weiter kann vorgesehen sein, dass die Plateauflächen 17, 18 oder Teilplateauflächen davon einen in Richtung auf die Schrägverzahnung 6 ansteigenden Verlauf haben.

[0031] Bei Ausbildung zumindest eines gestuften Steges 15, 16 kann die dadurch gebildete zumindest eine weitere Verzahnungsrandfläche gleich ausgebildet sein, wie die Verzahnungsrandfläche 13 oder 14, sodass die voranstehenden Ausführungen und die nachfolgenden Ausführungen dazu auch auf die zumindest eine weitere Verzahnungsrandfläche übertragen werden können. Es ist aber auch möglich, dass diese weitere Verzahnungsrandfläche mit dem ersten Schrägungswinkel 12 der Schrägverzahnung ausgebildet ist, also in diesem Winkel gegen die Axialrichtung 11 geneigt ist.

[0032] Weiter kann vorgesehen sein, dass Übergänge zwischen der Mantelfläche 3 des Zahnradkörpers 2 und zumindest einer der oder den Verzahnungsflächen 13, 14 und/oder zwischen zumindest einer der oder den Verzahnungsflächen 13, 14 und zumindest einer der oder den Plateauflächen 17, 18 und/oder zwischen zumindest einer der oder den Plateauflächen 17, 18 und der Schrägverzahnung 6 und/oder zwischen weiteren Flächen zumindest eines der oder der Stege 15, 16 gerundet oder gefast ausgebildet sind.

[0033] Die Verzahnungsflächen 13, 14 verlaufen in einem zweiten Schrägungswinkel 19 zur Axialrichtung 11. Es ist dabei vorgesehen, dass der zweite Schrägungswinkel 19 zumindest einer der Verzahnungsrandflächen 13, 14 einen zum ersten Schrägungswinkel 12 der Schrägverzahnung 6 unterschiedlichen Wert aufweist, also ungleich zum ersten Schrägungswinkel 12 ist. Es können auch beide Verzahnungsrandflächen 13, 14 den gleichen zweiten Schrägungswinkel 19 aufweisen, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel 12 ist. Es kann weiter vorgesehen sein, dass beide Verzahnungsrandflächen 13, 14 einen vom ersten Schrägungswinkel 12 unterschiedlichen zweiten Schrägungswinkel 19 aufweisen, diese beiden zweiten Schrägungswinkel 19 aber ungleich zueinander sind. Weiter kann vorgesehen sein, dass eine der beiden Verzahnungsrandflächen 13, 14 einen zweiten Schrägungswinkel 19 aufweist, der gleich dem ersten Schrägungswinkel 12 ist, die andere der beiden Verzahnungsrandflächen 13, 14 jedenfalls aber

einen zweiten Schrägungswinkel 19 aufweist, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel 12 ist.

[0034] Der Hintergrund für den zum ersten Schrägungswinkel 12 ungleichen zweiten Schrägungswinkel 19 wird nachfolgend noch näher erläutert.

[0035] Für den Fall, dass das Sinterzahnrad 1 mehrere Schrägverzahnungssektoren aufweist, weisen zumindest jene der beiden Verzahnungsrandflächen 13, 14, die in die gleiche Drehrichtung zeigen, einen zweiten Schrägungswinkel 19 auf, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel 12 ist, wobei die ersten Schrägungswinkel 12 der Schrägverzahnungen 6 gleich groß sind. Bevorzugt sind auch die zweiten Schrägungswinkel 19 der in die gleiche Drehrichtung weisenden Verzahnungsrandflächen 13, 14 gleich groß.

[0036] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Sinterzahnrad 1 kann vorgesehen sein, dass der zweite Schrägungswinkel 19 um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel 12 ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt.

[0037] In der bevorzugten Ausführungsvariante des Sinterzahnrades 1 ist der zweite Schrägungswinkel 19 bzw. sind die zweiten Schrägungswinkel 19 kleiner als der erste Schrägungswinkel 12.

[0038] Es sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber angemerkt, dass alle Schrägungswinkel 12, 19 das gleiche Vorzeichen aufweisen, die Schrägungen also in die gleiche Richtung vorgesehen sind (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schrägungswinkel 12, 19).

[0039] Das in **Fig. 1** dargestellte Sinterzahnrad 1 ist als Kugelrampenaktuator ausgeführt und weist drei Kugelrampen 20 auf. Diese Ausführungsform ist aber nicht beschränkend für die Erfindung zu verstehen. Vielmehr richtet sich die konkrete Ausführungsform des Sinterzahnrades 1 nach der jeweiligen besichtigten Anwendung.

[0040] Die Herstellung des Sinterzahnrades 1 erfolgt nach einem pulvermetallurgischen Verfahren. Da diese Verfahren an sich bekannt sind, erübrigen sich weitere Ausführungen dazu. Es sei nur so viel erwähnt, dass das pulvermetallurgische Verfahren die Bereitstellung eines metallischen Pulvers, das Verpressen des metallischen Pulvers zu einem Zahnradgrünling, gegebenenfalls die Grünbearbeitung des Zahnradgrünlings, das (ein- oder mehrstufige) Sintern des Zahnradgrünlings sowie gegebenenfalls das Nachbearbeiten des gesinterten Sinterzahnrades 1, wie beispielsweise das Härten und/oder Kalibrieren umfasst.

[0041] Im Verfahren zur Herstellung des Zahnradgrünlings wird eine Vorrichtung 21 verwendet, von der eine Ausführungsvariante in **Fig. 2** dargestellt ist.

[0042] Die Vorrichtung 21 umfasst eine Unterstempelaufnahme 22 auf der sich Säulen 23 abstützen können. Die Säulen 23 können einerseits der Halterung eines Verdichtungswerkzeuges 24 sowie andererseits der Führung der vertikalen Bewegung eines Oberstempels 25 dienen. Weiters können die Säulen 23 auch zur Steuerung der Bewegung des Oberstempels 25 verwendet werden. Dazu können die Säulen 23 bei dieser Ausführungsvariante vier Oberstempelrotationselemente 26 - 29 umfassen. Über das Oberstempelrotationselement 27 kann dabei die maximale vertikale Verfahrbarkeit des Oberstempels 25 begrenzt sein. Das Oberstempelrotationselement 29 kann zusätzlich für eine vertikale Abstützung des Oberstempels 25 herangezogen werden, um eine Verwindung des Oberstempels 25 zu vermeiden. Die Unterstempelaufnahme 22 kann dabei die Steuerungsebene bilden.

[0043] Weiters ist auf diesen Säulen 23 eine Matrizenaufnahme 30 für eine Matrize 31 abgestützt. Ein Unterstempel 32 wird bei dieser Ausführungsvariante von einer Unterstempelabstützung 33 gehalten, die sich auf der Unterstempelaufnahme 22 abstützt.

[0044] Der Oberstempel 25, die Matrize 31 sowie der Unterstempel 32 bilden das Verdichtungswerkzeug 24.

[0045] Der Oberstempel 25 ist von einer Unterstempelaufnahme 34 vertikal verfahrbar gehalten, wobei diese Unterstempelaufnahme 34 auf dem Oberstempelrotationselement 28 abgestützt ist und während der Abwärtsbewegung des Oberstempels 25 auf das Oberstempelrotationselement 26 bis zu einem Anschlag zwischen diesem und dem Oberstempelrotationselement 27 zu bewegt wird, wie dies aus **Fig. 2** ersichtlich ist.

[0046] Zwischen dem Oberstempel 25 und der Unterstempelaufnahme 34 ist eine Unterstempelabstützung 35 angeordnet, wobei zumindest teilweise zwischen der Unterstempelaufnahme 35 und der Unterstempelabstützung 34 ein Lager 36 ausgebildet bzw. angeordnet sein kann.

[0047] In einer Ausführungsvariante hierzu ist es möglich, die Säulen 23 jeweils durch eine einzige durchgehende Säule zu ersetzen, wobei in diesem Falle die Unterstempelaufnahme 34 entlang dieser durchgehenden Säulen vertikal verschiebbar gehalten ist.

[0048] Der Oberstempel 25 weist zumindest in einem auf den Unterstempel 32 weisenden Endbe-

reich 37 eine Oberstempelaußenverzahnung 38 auf, wie dies besser aus **Fig. 3** zu ersehen ist, die die Matrize 31 mit dem Unterstempel 32 und dem Oberstempel 25 zeigt.

[0049] Der Unterstempel 32 weist zumindest in einem auf den Oberstempel 25 weisenden Endbereich 39 eine Unterstempelaußenverzahnung 40 auf.

[0050] Die Matrize 31 weist dagegen eine Matrizeninnenverzahnung 41 im Bereich einer Matrizenöffnung 42, d. h. an einer inneren Mantelfläche dieser Matrizenöffnung 42, auf. Die Matrizeninnenverzahnung 41 ist komplementär zur Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 2 ausgebildet und weiters komplementär zur Oberstempelaußenverzahnungen 28 des Oberstempels 25 und zur Unterstempelaußenverzahnung 40 des Unterstempels 32.

[0051] Es ist möglich, dass der Unterstempel 32 und/oder der Oberstempel 25 je zumindest einen so genannten Kernstift - nicht dargestellt - umfasst, der/die in axialer Richtung mittig entlang einer Mittelachse sich erstreckend angeordnet ist/sind, um eine Ausnehmung im Sinterzahnrad 1 auszubilden.

[0052] Für die Herstellung eines Zahnradgrünlings 43 wird in die Matrize 31 ein metallisches Pulver eingefüllt. Der Unterstempel 32 taucht dabei in die Matrize ein, der Oberstempel 25 jedoch nicht. Danach wird durch vertikale Absenkung des Oberstempels 25 die Schließbewegung eingeleitet, wobei der Oberstempel 25 vor dem Auftreffen auf die Matrize 31 in eine Drehbewegung versetzt werden kann, um damit die genaue Relativstellung der Oberstempelaußenverzahnung 38 des Oberstempels 25 mit der Matrizeninnenverzahnung 41 der Matrize 31 herzustellen, sodass das Eintauchen der Oberstempelaußenverzahnung 38 des Oberstempels 25 in die Matrizeninnenverzahnung 41 der Matrize 31 problemlos zu ermöglichen.

[0053] Durch die gemeinsame weitere Vertikalbewegung des Oberstempels 25 und der Matrize 31 nach unten werden diese bei stillstehendem Unterstempel 32 aufgrund der in Eingriff stehenden Verzahnungen von Matrize 31, Unterstempel 32 und Oberstempel 25 in eine Drehbewegung versetzt.

[0054] Die Drehbewegung des Oberstempels 25 wird nach der Einstellung der Synchronstellung, also jener Stellung bei der ein problemloser Eingriff der Oberstempelaußenverzahnung 38 mit der Matrizeninnenverzahnung 41 der Matrize 31 ermöglicht wird, gestoppt, sodass der Oberstempel 25 sich in dieser Phase des Herstellungsverfahrens ausschließlich vertikal bewegt.

[0055] Nach Beendigung der Pulververdichtung wird der Zahnradgrünling 43 ausgestoßen und die

Matrize 31 sowie der Oberstempel 25 werden wieder in ihre Ausgangslage verfahren.

[0056] Zur Herstellung des Sinterzahnrad 1, d.h. des Zahnradgrünlings 43, aus dem das Sinterzahnrad 1 hergestellt wird, ist die Matrizeninnenverzahnung 41 als Schrägverzahnung ausgeführt, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges in der Umfangsrichtung 9 der inneren Mantelfläche 45 erstreckt, wie dies besser aus **Fig. 4** und auch aus **Fig. 3** ersichtlich ist. Diese Schrägverzahnung weist den ersten Schrägungswinkel 12 (**Fig. 1**) der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 auf. Die Länge der Schrägverzahnung in der Umfangsrichtung 9 entspricht der Länge der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 in der Umfangsrichtung 9. In der Umfangsrichtung 9 sind anschließend an die Schrägverzahnung der Matrize 31 beidseitig ebenfalls je eine Verzahnungsrandfläche 45, 46 ausgebildet, die einen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweisen. Die Schrägverzahnung der Matrize 31 ist zwischen diesen beiden Verzahnungsrandflächen 45, 46 ausgebildet. Die Verzahnungsrandflächen 45, 46 sind Begrenzungsflächen von Stegen an der Mantelfläche 44 der Matrize 31 zur Ausbildung der Stege 15, 16 (**Fig. 1**) des Sinterzahnrad 1. In Draufsicht ist also die Mantelfläche 44, d.h. die die Matrizenöffnung 42 begrenzende innere Oberfläche der Matrize 41 komplementär zur entsprechenden äußeren Oberfläche des Sinterzahnrad 1 ausgebildet, d.h. die innere Oberfläche der Matrize 41 bildet die äußere Oberfläche des Sinterzahnrad 1 nach.

[0057] Weiter ist die Unterstempelaußenverzahnung 40 des Unterstempel 32 als Schrägverzahnung ausgeführt, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges einer Unterstempelmantelfläche 48 erstreckt, wie dies aus **Fig. 3** ersichtlich ist. Diese Schrägverzahnung weist den ersten Schrägungswinkel 12 (**Fig. 1**) der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 bzw. der Matrize 31 auf. Die Länge der Schrägverzahnung des Unterstempels 32 in der Umfangsrichtung 9 entspricht der Länge der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 bzw. der Matrize 31 in der Umfangsrichtung 9. In der Umfangsrichtung 9 sind anschließend an die Schrägverzahnung des Unterstempels 32 beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche 49, 50 ausgebildet ist, die einen dritten Schrägungswinkel 51 aufweisen.

[0058] Weiter ist die Oberstempelaußenverzahnung 38 des Oberstempels 25 als Schrägverzahnung ausgeführt, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges einer Oberstempelmantelfläche 52 erstreckt, wie dies aus **Fig. 3** ersichtlich ist. Diese Schrägverzahnung weist den ersten Schrägungswinkel 12 (**Fig. 1**) der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 bzw. der Matrize 31 auf. Die Länge der Schrägverzahnung des Oberstempels 25 in der Umfangsrichtung 9 entspricht der Länge der Schräg-

verzahnung 6 des Sinterzahnrad 1 bzw. der Matrize 31 in der Umfangsrichtung 9. In der Umfangsrichtung 9 sind anschließend an die Schrägverzahnung des Unterstempels 25 beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche 53, 54 ausgebildet ist, die einen vierten Schrägungswinkel 55 aufweisen.

[0059] Zur Herstellung des Zahnradgrünlings 43 ist entsprechend dem Sinterzahnrad 1 ist zumindest der zweite Schrägungswinkel 47 von zumindest einer beide Verzahnungsrandflächen 45, 46 der Matrize 31 ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31. Es können auch beide Verzahnungsrandflächen 45, 46 den gleichen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweisen, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist. Es kann weiter vorgesehen sein, dass beide Verzahnungsrandflächen 45, 46 einen vom ersten Schrägungswinkel unterschiedlichen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweisen, diese beiden zweiten Schrägungswinkel 47 aber ungleich zueinander sind. Weiter kann vorgesehen sein, dass eine der beiden Verzahnungsrandflächen 45, 46 einen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweist, der gleich dem ersten Schrägungswinkel ist, die andere der beiden Verzahnungsrandflächen 45, 46 jedenfalls aber einen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweist, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist. Die Form der inneren die Matrizenöffnung 42 begrenzenden Oberfläche der Matrize 31 ist also entsprechend invers zur Form der äußeren Oberfläche des Sinterzahnrad 1 ausgebildet.

[0060] Der dritte Schrägungswinkel 51 der Verzahnungsrandfläche 49, 50 des Unterstempels 32 und der vierte Schrägungswinkel 55 der Verzahnungsrandflächen 53, 54 des Oberstempels 25 können dem ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnungen von Matrize 31, Unterstempel 32 und Oberstempel 25 entsprechen. Die Formen der äußeren Oberflächen des Unterstempels 32 und des Oberstempels 25 können also gleich (ident) sein zur Form der äußeren Oberfläche des Sinterzahnrad 1.

[0061] Die Form der Stirnflächen 4, 5 (siehe **Fig. 1**) des Sinterzahnrad 1 wird über eine entsprechende Formgebung der Pressflächen des Oberstempels 25 und des Unterstempels 32 hergestellt.

[0062] Es ist also vorgesehen, dass zumindest eine der beiden Verzahnungsrandflächen 45, 46 der Matrize einen zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung ungleichen zweiten Schrägungswinkel aufweist. Bei einer Drehrichtung der Matrize 31 im Uhrzeigersinn ist dies vorzugsweise aufgrund der Schrägungsrichtung der Schrägverzahnung in **Fig. 4** (erkennbar daraus, dass nur die Verzahnungsfläche 45 sichtbar ist) die Verzahnungsrandfläche 46. Es kann bei einer anders gerichteten Schrägverzahnung

nung und einer Drehung der Matrize gegen den Uhrzeigersinn auch die die Verzahnungsrandfläche 45 sein.

[0063] Um die Belastung auf die Verzahnungsrandfläche 46 zu reduzieren und die Kräfte auf weitere Verzahnungsflächen 56 der Schrägverzahnungen des Verdichtungswerkzeugs 4 besser zu verteilen ist vorgesehen, dass bei der in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsvariante der Schrägungsrichtung der Schrägverzahnung zumindest die Verzahnungsrandfläche 46 gegenüber dem ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung ungleich auszuführen.

[0064] Generell weist also bevorzugt zumindest die während der Verdichtung des metallischen Pulvers zum Zahnradgrünling 43 höher belastete Verzahnungsrandfläche 45 oder 46 einen zweiten Schrägungswinkel auf, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize ist.

[0065] Wie voranstehend zum Sinterzahnrad 1 beschrieben ist dieser zweite Schrägungswinkel 47 gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$, insbesondere zwischen $0,01^\circ$ und $0,05^\circ$, beträgt.

[0066] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante, die besser aus **Fig. 5** ersichtlich ist, kann vorgesehen sein, dass die Differenz zwischen dem zweiten Schrägungswinkel 47 und dem ersten Schrägungswinkel der Matrize 31 einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $INV\ SIN(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand 57 zwischen der Matrize 31 und Unterstempel 32 oder Oberstempel 25 und H eine Höhe 58 der Matrize 31, jeweils in mm, bedeuten. Der Einfachheit halber ist in **Fig. 5** nur der Unterstempel 25 dargestellt. Der maximale radiale Abstand 57 ist dabei an der Oberkante der Matrize 31 ausgebildet. Der Oberstempel 25 weist dabei eine Verzahnungsendfläche 54 mit einem Schrägungswinkel 55 (siehe **Fig. 3**) auf, der dem Schrägungswinkel 12 der Schrägverzahnung 6 des Sinterzahnrades 1 (siehe **Fig. 1**) entspricht.

[0067] Prinzipiell kann der zweite Schrägungswinkel 47 der Matrize größer sein als deren erster Schrägungswinkel. In der bevorzugten Ausführungsvariante kann jedoch vorgesehen sein, dass der zweite Schrägungswinkel 47 der Matrize 31 kleiner ist als deren erster Schrägungswinkel der Schrägverzahnung. Auch diese Ausführungsvariante ist in **Fig. 5** dargestellt. Es kann nämlich damit erreicht werden, dass ein Anlegen des Oberstempels 25 bzw. des Unterstempels 32 an die Matrize 31 im unteren Bereich der Matrize 31 (über die Höhe 58 gesehen) erreicht wird. Das hat den Vorteil, dass das darüberliegende Material stützt und Werkzeugbrüche vermieden werden können. Beispielsweise kann bei

einer Höhe 58 von 70 mm eine Winkeländerung von $0,0082^\circ = 0,01\text{ mm Abweichung bzw. von }0,0246^\circ\text{ mm} = 0,03\text{ mm Abweichung}$ erreicht werden.

[0068] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass nicht nur zumindest eine der Verzahnungsrandflächen 45, 46 der Matrize 31 einen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweisen, der ungleich dem ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31 ist, sondern dass zumindest einer der dritten Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder zumindest einer der vierten Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31 ist. Auch dabei kann nach Ausführungsvarianten vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt und/oder dass die Differenz zwischen dem dritten Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und dem ersten Schrägungswinkel und/oder dem vierten Schrägungswinkels 55 des Oberstempels 25 und dem ersten Schrägungswinkel einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $INV\ SIN(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand 57 zwischen der Matrize 31 und Unterstempel 32 oder Oberstempel 25 und H die Höhe 58 der Matrize 31, jeweils in mm, bedeuten. Es sei dazu auf die voranstehenden, entsprechenden Ausführungen zur Matrize 31 verwiesen.

[0069] Aus den gleichen Gründen wie voranstehend zur Matrize 31 genannt, kann nach einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 kleiner ist oder sind als der erste Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31.

[0070] Sofern nicht nur zumindest eine Verzahnungsrandfläche 45, 46 der Matrize 31 einen zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31 unterschiedlichen zweiten Schrägungswinkel 47 aufweist, kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass der dritte Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 größer ist oder sind als der zweite Schrägungswinkel 47 der Matrize 31. Beispielsweise kann der dritte Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 um einen Wert größer sein als der zweite Schrägungswinkel 47 der Matrize 31, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 40 % bis 95 % des zweiten Schrägungswinkels 47 der Matrize 31.

[0071] Nach einer anderen Ausführungsvariante kann auch vorgesehen sein, dass der dritte Schrä-

gungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 nur über einen Teilbereich der Höhe der Verzahnungsrandfläche 48, 49 oder 53, 54 ausgebildet ist und dass der restliche Teilbereich der Höhe mit zumindest einem zum dritten Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder zum vierten Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 unterschiedlichen Schrägungswinkel ausgebildet ist. Letzterer kann z.B. einen Wert aufweisen, der zwischen dem zweiten Schrägungswinkel 47 der Schrägverzahnung der Matrize 31 und dem dritten Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder dem vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25 liegt. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der genannte restliche Teilbereich einen Schrägungswinkel aufweist, der größer ist als der dritte Schrägungswinkel 51 des Unterstempels 32 und/oder der vierte Schrägungswinkel 55 des Oberstempels 25.

[0072] Es kann auch vorgesehen sein, dass der zweite Schrägungswinkel 47 zumindest einer der Verzahnungsrandflächen 45, 46 sich über die Höhe 58 Matrize verändert, beispielsweise in Richtung nach oben größer wird.

[0073] Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Größe des Absolutwerts der Abweichung des zweiten Schrägungswinkels 47 zumindest einer der Verzahnungsrandflächen 45, 46 vom ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize 31 in Abhängigkeit von einem Pressdruck, mit dem das metallische Pulver zum Zahnradgründling 43 gepresst wird, gewählt wird, wobei gilt, $(p \cdot S)/100.000 = \Delta S$, wobei p der Pressdruck in [MPa] ist, S der erste Schrägungswinkel in [°] ist und ΔS die Abweichung vom ersten Schrägungswinkel in [°]. Der Pressdruck kann beispielsweise zwischen 600 MPa und 1200 MPa betragen.

[0074] Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[0075] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus das Sinterzahnrad 1 oder die Vorrichtung 21 zur Herstellung des Zahnradgründlings 43 nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt wurden.

Bezugszeichenliste

1	Sinterzahnrad
2	Zahnradkörper
3	Mantelfläche
4	Stirnfläche

5	Stirnfläche
6	Schrägverzahnung
7	Breite
8	Breite
9	Umfangsrichtung
10	Zahn
11	Axialrichtung
12	Schrägungswinkel
13	Verzahnungsrandfläche
14	Verzahnungsrandfläche
15	Steg
16	Steg
17	Plateaufläche
18	Plateaufläche
19	Schrägungswinkel
20	Kugelrampe
21	Vorrichtung
22	Unterstempelaufnahme
23	Säule
24	Verdichtungswerkzeug
25	Oberstempel
26	Oberstempelrotationselement
27	Oberstempelrotationselement
28	Oberstempelrotationselement
29	Oberstempelrotationselement
30	Matrizenaufnahme
31	Matrize
32	Unterstempel
33	Unterstempelabstützung
34	Oberstempelaufnahme
35	Oberstempelabstützung
36	Lager
37	Endbereich
38	Oberstempelaußenverzahnung
39	Endbereich
40	Unterstempelaußenverzahnung
41	Matrizeninnverzahnung
42	Matrizenöffnung
43	Zahnradgründling
44	Mantelfläche

45	Verzahnungsrandfläche
46	Verzahnungsrandfläche
47	Schrägungswinkel
48	Unterstempelmantelfläche
49	Verzahnungsrandfläche
50	Verzahnungsrandfläche
51	Schrägungswinkel
52	Oberstempelmantelfläche
53	Verzahnungsrandfläche
54	Verzahnungsrandfläche
55	Schrägungswinkel
56	Verzahnungsfläche
57	Abstand
58	Höhe

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 202020100041 U1 [0005]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (21) zur Herstellung eines Zahnradgrünlings (43) aus einem metallischen Pulver umfassend eine Matrize (32) zur Aufnahme des metallischen Pulvers, einen Oberstempel (25) und einen Unterstempel (32), die in die Matrize (31) eintauchbar ausgebildet sind,

- wobei die Matrize (31) an einer inneren Mantelfläche (44) zumindest eine Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges der inneren Mantelfläche (44) erstreckt, und die einen ersten Schrägungswinkel aufweist, wobei in Umfangrichtung (9) anschließend an die erste Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche (45, 46) ausgebildet ist, die einen zweiten Schrägungswinkel (47) aufweisen,

- wobei der Unterstempel (32) an einer äußeren Unterstempelmantelfläche (48) eine Unterstempel-Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges der Unterstempelmantelfläche (48) erstreckt, und die den ersten Schrägungswinkel der Matrize aufweist (31), wobei in Umfangrichtung (9) anschließend an die Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche (49, 50) ausgebildet ist, die einen dritten Schrägungswinkel (51) aufweisen;

- wobei der Oberstempel (25) an einer äußeren Oberstempelmantelfläche (52) eine Oberstempel-Schrägverzahnung aufweist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges der Oberstempelmantelfläche (52) erstreckt, und die den ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31) aufweist, wobei in Umfangrichtung (9) anschließend an die Schrägverzahnung beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche (53, 54) ausgebildet ist, die einen vierten Schrägungswinkel (55) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einer der zweiten Schrägungswinkel (47) der Matrize (31) ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31) ist.

2. Vorrichtung (21) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schrägungswinkel (47) der Matrize (31) um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel der Matrize (31) ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt.

3. Vorrichtung (21) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Differenz zwischen dem zweiten Schrägungswinkel (47) und dem ersten Schrägungswinkel der Matrize (31) einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $\text{INV SIN}(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand (57) zwischen der Matrize (31) und Unterstempel (32) oder Oberstempel (25) und H die Höhe (58) der Matrize, jeweils in mm, bedeuten.

4. Vorrichtung (21) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest

einer der dritten Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und/oder zumindest einer der vierten Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) ungleich zum ersten Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31) ist.

5. Vorrichtung (21) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und/oder der vierte Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt.

6. Vorrichtung (21) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Differenz zwischen dem dritten Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und dem ersten Schrägungswinkel und/oder dem vierten Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) und dem ersten Schrägungswinkel einen Wert aufweist, der sich entsprechend der Formel $\text{INV SIN}(RA/H)$ errechnet, wobei RA der maximale radiale Abstand (57) zwischen der Matrize (31) und dem Unterstempel (32) oder dem Oberstempel (25) und H die Höhe (58) der Matrize (31), jeweils in mm, bedeuten.

7. Vorrichtung (21) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schrägungswinkel (47) der Matrize (31) kleiner ist als der erste Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31).

8. Vorrichtung (21) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und/oder der vierte Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) kleiner ist oder sind als der erste Schrägungswinkel der Schrägverzahnung der Matrize (31).

9. Vorrichtung (21) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und/oder der vierte Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) größer ist oder sind als der zweite Schrägungswinkel der Matrize (31).

10. Vorrichtung (21) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dritte Schrägungswinkel (51) des Unterstempels (32) und/oder der vierte Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) nur über einen Teilbereich der Höhe der Verzahnungsrandfläche (48, 49 oder 53, 54) ausgebildet ist und dass der restliche Teilbereich der Höhe mit zumindest einem zum dritten Schrägungswinkel (47) des Unterstempels (32) und/oder zum vierten Schrägungswinkel (55) des Oberstempels (25) unterschiedlichen Schrägungswinkel ausgebildet ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines Sinterzahnrades (1) umfassend die Schritte:

- Bereitstellung eines metallischen Pulvers;
- Pressen des Pulvers zu einem Zahnradgrünling (43);
- gegebenenfalls Grünbearbeitung des Zahnradgrünlings (43);
- Sintern des Zahnradgrünlings (43); **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pressen des Pulvers zu einem Zahnradgrünling (43) in einer Vorrichtung (21) zur Herstellung eines Zahnradgrünlings (43) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe des Absolutwerts der Abweichung des zweiten Schrägungswinkels (47) zumindest einer der Verzahnungsrandflächen (45, 46) vom ersten Schrägungswinkel der der Schrägverzahnung der Matrize (31) in Abhängigkeit von einem Pressdruck, mit dem das metallische Pulver zum Zahnradgrünling (43) gepresst wird, gewählt wird, wobei gilt, $(p * S)/100.000 = \Delta S$, wobei p der Pressdruck in [MPa] ist, S der erste Schrägungswinkel in [°] ist und ΔS die Abweichung vom ersten Schrägungswinkel in [°].

13. Sinterzahnrad (1) umfassend eine Zahnradkörper (2), der eine Mantelfläche (3) und zwei Stirnflächen (4, 5) aufweist, wobei an der Mantelfläche (3) zumindest eine Schrägverzahnung (6) angeordnet ist, die sich nur über einen Teilbereich des Umfanges des Zahnradkörpers (2) erstreckt und die einen ersten Schrägungswinkel (12) aufweist, und wobei in Umfangrichtung (9) anschließend an die Schrägverzahnung (6) beidseitig je eine Verzahnungsrandfläche (12, 13) ausgebildet ist, die in einem zweiten Schrägungswinkel (19) zur Axialrichtung (11) verlaufen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schrägungswinkel (19) zumindest einer der Verzahnungsrandflächen (12, 13) ungleich dem ersten Schrägungswinkel (12) der Schrägverzahnung (6) ist.

14. Sinterzahnrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schrägungswinkel (19) der Verzahnungsrandflächen (13, 14) um einen Wert ungleich dem ersten Schrägungswinkel (12) ist, der zwischen $0,005^\circ$ und $0,05^\circ$ beträgt.

15. Sinterzahnrad (1) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schrägungswinkel (19) der Verzahnungsrandflächen (13, 14) kleiner ist als der erste Schrägungswinkel (12) der Schrägverzahnung (6).

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

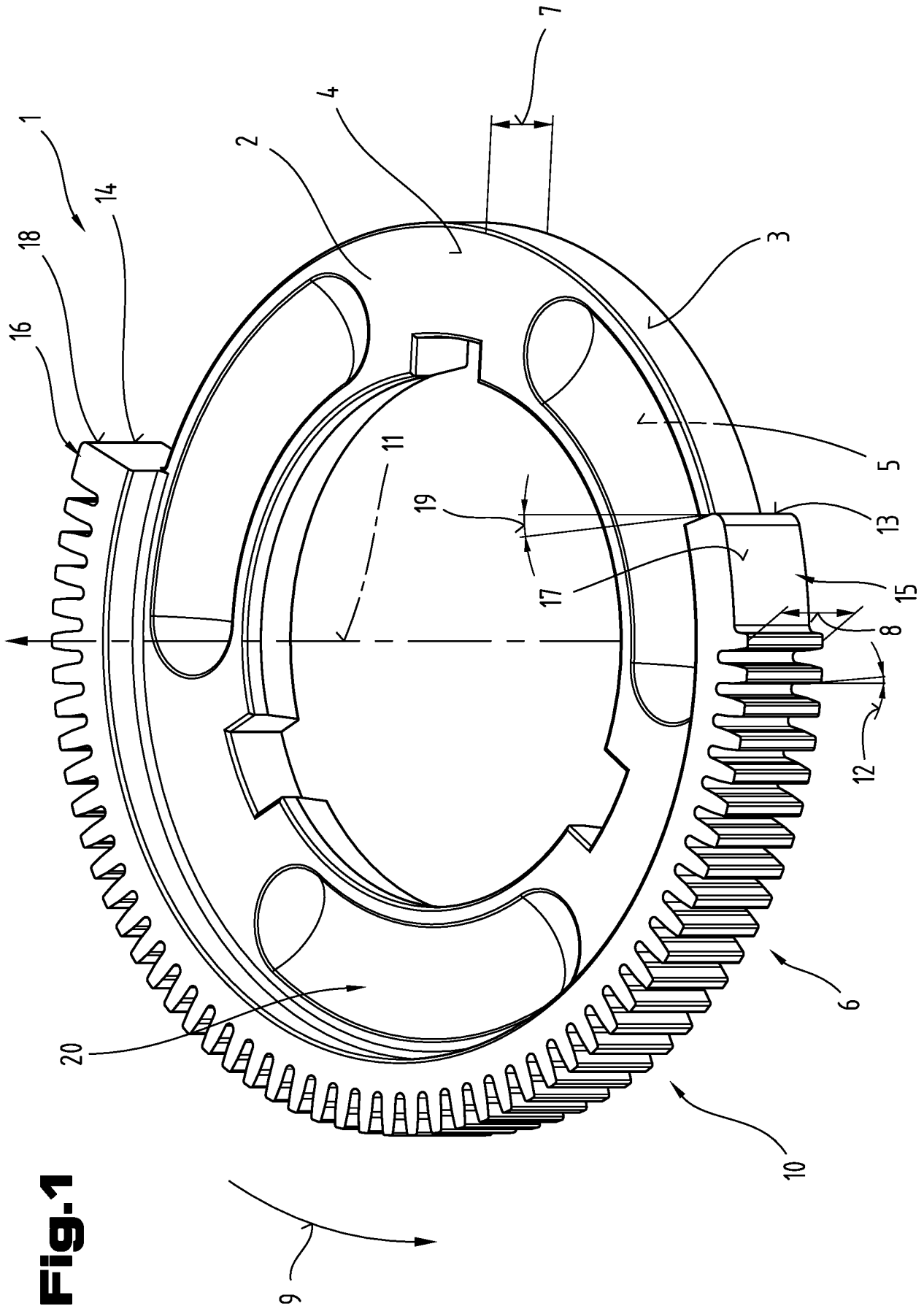
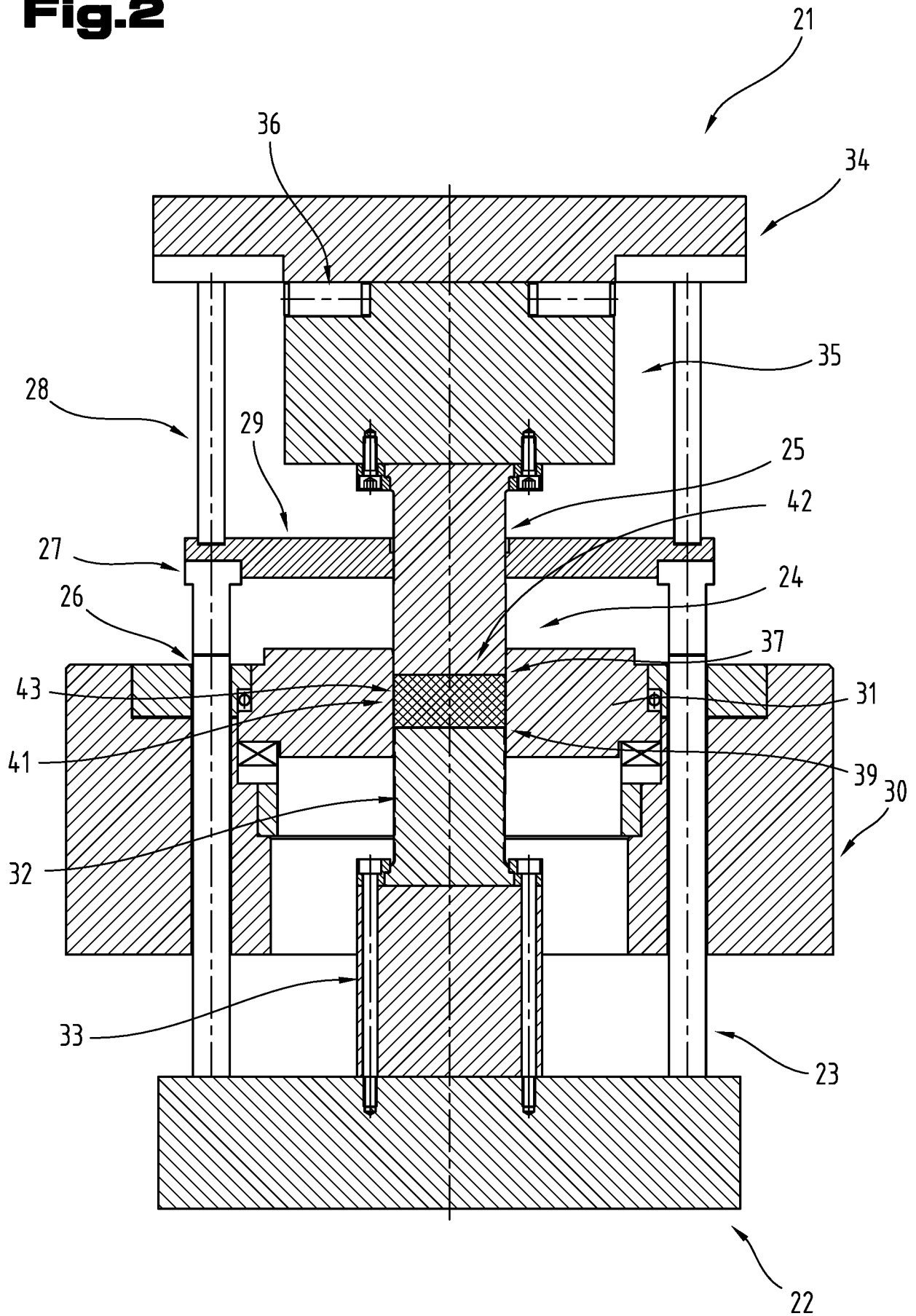


Fig. 1

Fig.2



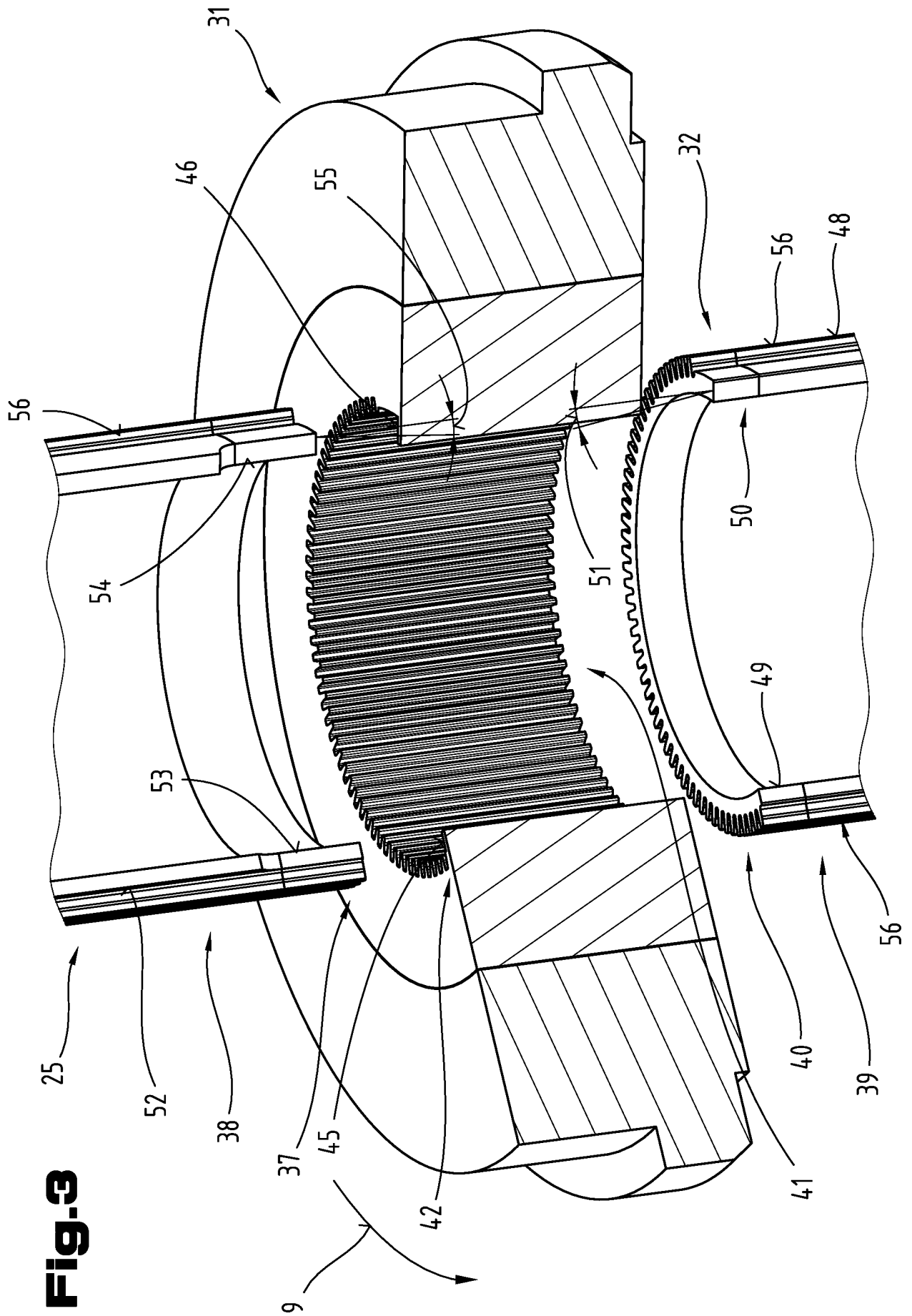


Fig. 3

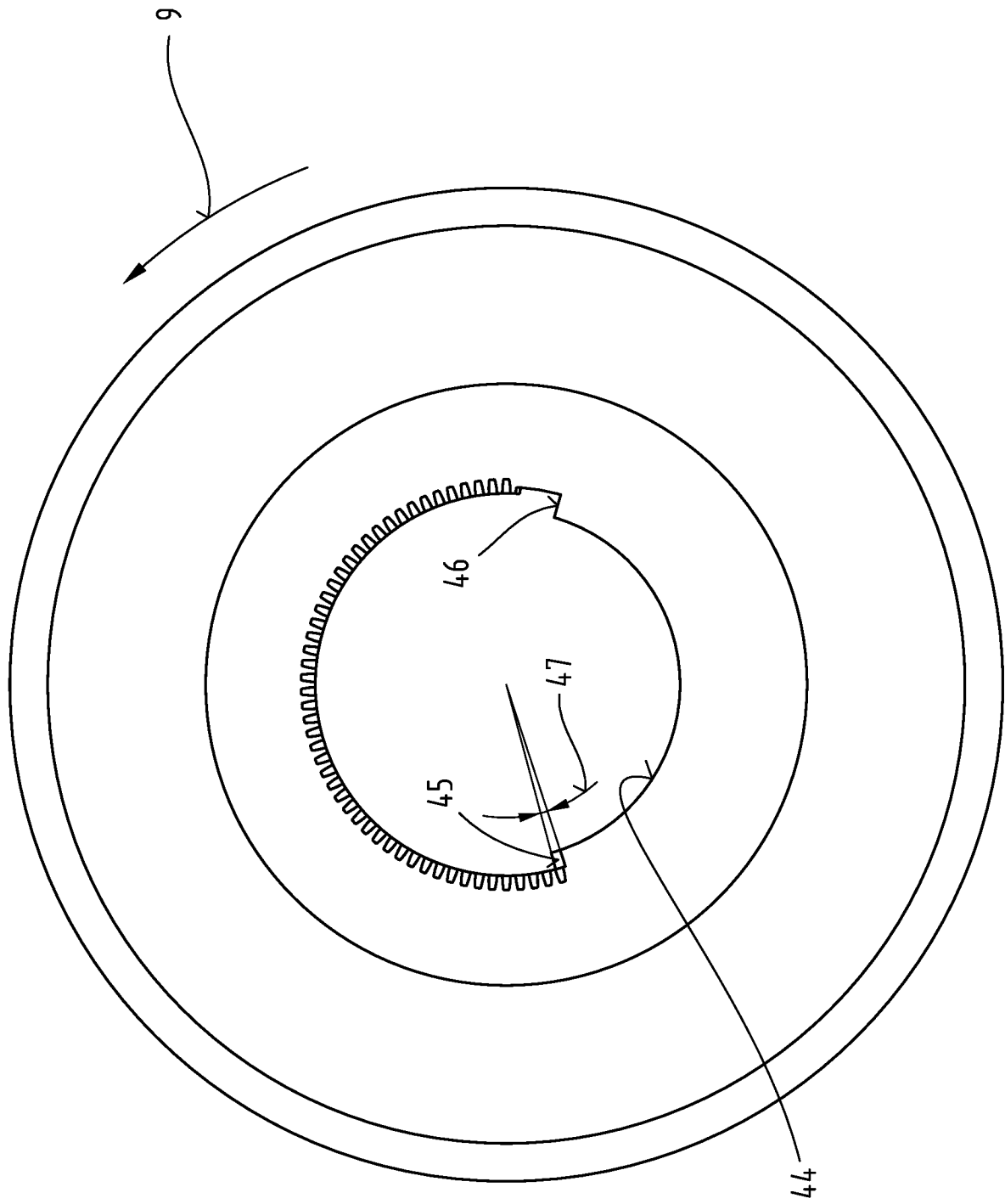


Fig.4

Fig.5

