



(10) **DE 10 2016 123 407 A1** 2017.06.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 123 407.9**

(22) Anmeldetag: **05.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **14.06.2017**

(51) Int Cl.: **B22F 3/16 (2006.01)**

B22F 3/03 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

A 51059/2015 14.12.2015 AT

(71) Anmelder:

Miba Sinter Austria GmbH, Laakirchen, AT

(74) Vertreter:

**Anwälte Burger und Partner
Rechtsanwaltskanzlei GmbH, Windischgarsten,
AT**

(72) Erfinder:

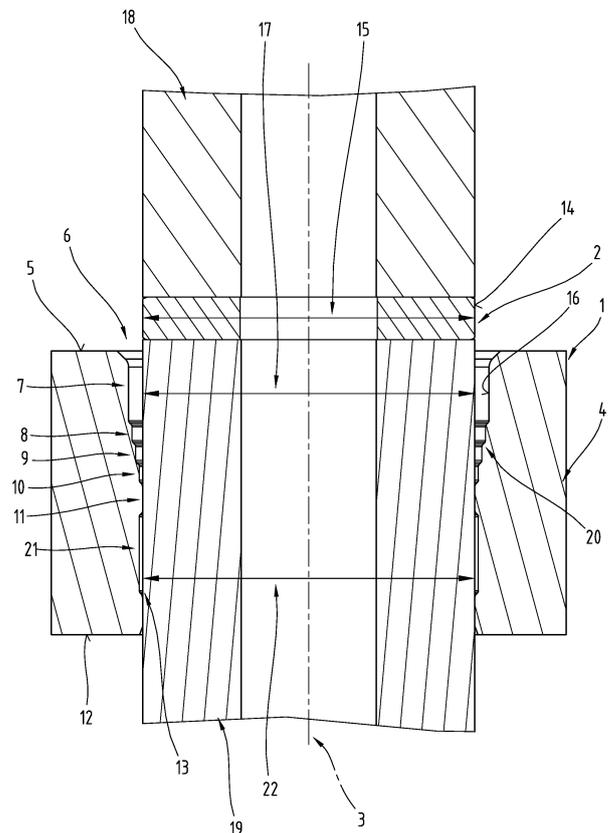
**Rössler, Horst, Krenglbach, AT; Schmid,
Herbert, Vorchdorf, AT; Steinmaurer, Manuel,
Steinerkirchen, AT; Dickinger, Karl, Vorchdorf, AT**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren eines Sinterbauteils**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren eines Sinterbauteils (2), nach dem der Sinterbauteil (2) entlang einer Achse (3) mehrere Matrizenabschnitte (7–11) eines Matrizenwerkzeugs (1) durchläuft, deren Innendurchmesser (17) in Pressrichtung kleiner wird und wobei die einzelnen Matrizenabschnitte (7–11) derart angeordnet sind, dass ein nachfolgender Matrizenabschnitt (8–11) der mehreren Matrizenabschnitte (7–11) jeweils unmittelbar an den entsprechenden, in Pressrichtung vorhergehenden Matrizenabschnitt (7–10) anschließt, und nach dem Oberflächenverdichten in einem an den letzten Matrizenabschnitt (11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) eine Entspannung des Sinterbauteils (2) in einem unmittelbar an den letzten Matrizenabschnitt (11) anschließenden Entlastungsabschnitt (21), der einen im Vergleich zu dem unmittelbar davor ausgebildeten letzten Matrizenabschnitt (11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) größeren Innendurchmesser (22) aufweist, durchgeführt wird. Der Sinterbauteil (2) wird in dem Entlastungsabschnitt (21) kalibriert, wozu die Innenkontur dieses Entlastungsabschnitts (21) der Sollkontur mit Sollmaß des Sinterbauteils (2) entspricht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren eines Sinterbauteils, nach dem der Sinterbauteil entlang einer Achse von einer ersten Matrizenöffnung in Richtung auf eine zweite, der ersten Matrizenöffnung entlang der Achse gegenüberliegende Matrizenöffnung eines Matrizenwerkzeugs bewegt wird, wobei der Sinterbauteil während dieser Bewegung mehrere Matrizenabschnitte des Matrizenwerkzeugs durchläuft und dabei ein Oberflächenbereich des Sinterbauteils verdichtet wird, wozu in Pressrichtung ein Innendurchmesser der aufeinanderfolgenden Matrizenabschnitte kleiner wird und die einzelnen Matrizenabschnitte derart angeordnet sind, dass ein nachfolgender Matrizenabschnitt der mehreren Matrizenabschnitte jeweils unmittelbar an den entsprechenden, in Pressrichtung vorhergehenden Matrizenabschnitt anschließt, und dass nach dem Oberflächenverdichten in einem an den letzten Matrizenabschnitt mit kleiner werdendem Innendurchmesser eine Entspannung des Sinterbauteils in einem unmittelbar an den letzten Matrizenabschnitt anschließenden Entlastungsabschnitt, der einen im Vergleich zu dem unmittelbar davor ausgebildeten letzten Matrizenabschnitt der Matrizenabschnitt mit kleiner werdendem Innendurchmesser größeren Innendurchmesser aufweist, durchgeführt wird.

[0002] Sinterbauteile, also Werkstücke aus gepresstem und gesintertem Metallpulver sind schon seit Längerem eine Alternative zu gegossenen oder aus den vollen bearbeiteten Werkstücken. Die durch das Herstellungsverfahren bedingte, jeweils mehr oder weniger stark ausgeprägte Porosität der Sinterbauteile wirkt sich jedoch negativ auf die mechanischen Eigenschaften eines Sinterbauteils aus, wodurch der Einsatz von pulvermetallurgisch hergestellten Bauteilen eingeschränkt wird.

[0003] Zur Verringerung der Oberflächenporosität sind aus dem Stand der Technik unterschiedliche Verfahren bekannt. Beispielsweise werden rotationsymmetrische Sinterbauteile häufig gewalzt.

[0004] Aus der JP 10 085 995 A ist ein Verfahren zum Verdichten eines Sinterbauteils unter Verwendung eines Matrizenwerkzeugs bekannt. Das Matrizenwerkstück weist mehrere Matrizenabschnitte auf, die unmittelbar aneinander anschließen, wobei in Pressrichtung des Sinterbauteils durch das Matrizenwerkzeug die Innendurchmesser der Matrizenabschnitte kleiner werden.

[0005] Ein dazu ähnliches Verfahren ist aus der RU 2 156 179 C2 bekannt.

[0006] Aus der EP 2 066 468 A2 ist ein Verfahren zur Oberflächenverdichtung eines Sinterbauteils be-

kannt, bei dem der Sinterbauteil in einem Matrizenwerkzeug entlang einer Achse in einer Pressrichtung durch mehrere Matrizenabschnitte von einem ersten Matrizenabschnitt an einer ersten Matrizenöffnung in einen letzten Matrizenabschnitt bewegt wird, wobei eine Wandfläche jedes Matrizenabschnittes zumindest eine Pressfläche bildet, gegen die eine von einer Außenfläche des Sinterbauteils gebildete Kontaktfläche gedrückt wird, und eine, in einem Querschnitt bezüglich der Achse liegende, von der Pressfläche definierte Innenkontur zumindest annähernd einer von der Kontaktfläche definierten Außenkontur entspricht. Bei der Bewegung des Sinterbauteils von der ersten Matrizenöffnung in den letzten Matrizenabschnitt erfolgt die Oberflächenverdichtung durch stetig ineinander übergehende Matrizenabschnitte und monoton abnehmende, zwischen zusammenwirkenden Pressflächen gemessene Innendurchmesser der Matrizenabschnitte.

[0007] Bei dem Verfahren nach der letztgenannten EP-A2 kann gegebenenfalls auch eine Kalibrierung des Sinterbauteils nach dem Oberflächenverdichten erfolgen. Dazu ist nach dem letzten Matrizenabschnitt ein daran anschließender Kalibrierabschnitt vorgesehen, der einen Kalibrierdurchmesser aufweist, der einem Soll Durchmesser des Sinterbauteils an seiner Außenfläche entspricht. Der Kalibrierabschnitt kann dabei unmittelbar an den letzten Matrizenabschnitt, d.h. die zweite, untere Matrizenöffnung anschließen, oder aber auch mit einem Zwischenraum zwischen dem letzten Matrizenabschnitt und dem maßhaltigen Kalibrierabschnitt versehen sein, wodurch vor der Kalibrierung eine Zwischenentlastung des Sinterbauteils möglich ist. Es wird weiter beschrieben, dass der Kalibrierabschnitt eine an die zweite, gegenüberliegende Werkzeugoberfläche anliegende Kalibrierplatte umfasst. Die Kalibrierung des Sinterbauteils kann entweder unmittelbar nach dem letzten Oberflächenverdichten oder unter Zwischenschaltung eines Entlastungsabschnittes erfolgen. Der Entlastungsabschnitt schließt direkt an die zweite Matrizenöffnung an.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es ein vereinfachtes Verfahren zur Oberflächenverdichtung eines Sinterbauteils bereitzustellen.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, bei dem, der Sinterbauteil in dem Entlastungsabschnitt kalibriert wird, wozu die Innenkontur dieses Entlastungsabschnittes der Sollkontur mit Sollmaß des Sinterbauteils entspricht.

[0010] Von Vorteil ist dabei, dass vor der Kalibrierung keine weitere Umformung des Sinterbauteils aus dem entlasteten Zustand erfolgt, wodurch die durch den Kneteffekt beim Oberflächenverdichten hervorgerufene Gratbildung am Sinterbauteil redu-

ziert werden kann. Darüber hinaus wird damit auch das Matrizenwerkzeug mechanisch weniger belastet, da eine weitere Verdichtung des Sinterbauteils aus dem entlasteten Zustand höherer Umformkräfte erfordert, nachdem dieser in den vorausgegangenen Verdichtungsschritten oberflächlich bereits verdichtet wurde. Durch Zusammenlegung des Kalibrierabschnittes mit dem Entlastungsabschnitt kann zudem die Verfahrensdauer zur Oberflächenverdichtung und Kalibrierung des Sinterbauteils verkürzt werden.

[0011] Nach einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass ein Matrizenwerkzeug verwendet wird, in dem der Entlastungsabschnitt ausgebildet ist. Es wird also bevorzugt ein einteiliges Matrizenwerkzeug sowohl für die Oberflächenverdichtung als auch die Kalibrierung des Sinterbauteils eingesetzt. Einerseits kann damit die Rüstzeit der Verdichtungs- und Kalibrierpresse verkürzt werden, da eine fluchtende Ausrichtung des Matrizenwerkzeugs mit der Kalibrierplatte, wie dies im Stand der Technik notwendig ist, entfallen kann. Dadurch kann aber andererseits auch die Bauteilgenauigkeit erhöht werden. Durch die Einteiligkeit dieses Werkzeugs kann dieses aber auch höheren Belastungen ausgesetzt werden, bzw. sind Fehler im Übergang des Sinterbauteils vom Matrizenwerkzeug in die Kalibrierplatte, wie diese bei den Werkzeugen nach dem Stand der Technik auftreten können, vermeidbar.

[0012] Es ist weiter möglich, dass der der Sinterbauteil nach dem Kalibrieren gegen die Pressrichtung erneut durch den letzten der Matrizenabschnitte mit kleiner werdendem Innendurchmesser bewegt wird. Es kann damit die Genauigkeit des Sinterbauteils weiter erhöht werden.

[0013] Nach einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Innenkontur des vorletzten Matrizenabschnitts der Abfolge der Matrizenabschnitt mit kleiner werdendem Innendurchmesser hinsichtlich der geometrischen Abmessungen in Richtung senkrecht auf die Pressrichtung der Innenkontur des Matrizenabschnitts mit der, das Sollmaß aufweisenden Sollkontur entspricht. Diese Ausführungsvariante ist insbesondere von Vorteil, wenn der Sinterbauteil wieder über die erste Matrizenöffnung, über die er in die Matrize eingeführt wurde, entfernt wird. Es wird damit erreicht, dass der Sinterbauteil dreimal einen Kalibrierabschnitt während seiner Fertigung durchläuft. Der Sinterbauteil wird zuerst in dem genannten vorletzten Matrizenabschnitt auf das Sollmaß verdichtet. Im darauffolgenden letzten Matrizenabschnitt mit kleiner werdendem Innendurchmesser wird er dann noch einmal verdichtet, bevor er wieder in einen Kalibrierabschnitt gelangt, wobei er in diesem gleichzeitig auch entspannt wird. Nach der Bewegungsumkehr durchläuft der Sinterbauteil wieder den genannten letzten Matrizenab-

schnitt und wird im vorletzten Matrizenabschnitt noch einmal kalibriert. Es kann damit die Bauteilgenauigkeit verbessert werden.

[0014] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Sinterbauteil eine erste Kante und eine in Pressrichtung dieser gegenüberliegende zweite Kante aufweist, die an Übergängen zwischen einer an die Matrizenabschnitte anlegbaren Stirnfläche und axialen Endflächen des Sinterbauteils ausgebildet sind, und dass die erste und/oder die zweite Kante vor dem Einführen in das Matrizenwerkzeug facettiert wird/werden. Einerseits kann damit das Einführen des Sinterbauteils in das Matrizenwerkzeug verbessert werden, da es durch die Facettierung zu einer geringen Abscherung an den Kanten des Sinterbauteils kommt. Es kann damit die Bruchgefahr während des Einführens des Sinterbauteils in das Matrizenwerkzeug reduziert werden. Darüber hinaus konnte auch beobachtet werden, dass bei (annähernd) zylindrischen Bauteilen, wie beispielsweise Zahnrädern, eine Verbesserung der „Zylindergeometrie“ erreicht werden kann, die Sinterbauteile also ebenfalls eine höhere Bauteilgenauigkeit aufweisen. Mit dieser Ausführungsvariante kann aber auch einer Gratbildung im Bereich der Kanten entgegengetreten werden. Dies wiederum verringert den Herstellungsaufwand der Sinterbauteils, da die nachträgliche Gratentfernung einfacher ist bzw. entfallen kann. Derartige Grate an Sinterbauteilen können zu Zerstörungen an, an den Sinterbauteilen anliegenden weiteren (Sinter)Bauteilen führen, insbesondere wenn die Sinterbauteile für drehende Bewegungen vorgesehen sind. Neben diesen Effekten kann mit dieser Ausführungsvariante durch Reduktion des Kantentragens auch der Traganteil des Sinterbauteils erhöht werden.

[0015] Zur weiteren Verbesserung dieser Effekte kann nach einer Ausführungsvariante dazu vorgesehen sein, dass die erste Kante, die während des Oberflächenverdichtens und Kalibrierens des Sinterbauteils oberhalb der zweiten Kante angeordnet wird, stärker facettiert wird, als die zweite Kante. Es kann damit erreicht werden, dass im in Pressrichtung oberen Bereich des Sinterbauteils mehr Freiraum für die Materialverdrängung aus in Pressrichtung darunter liegenden Bereichen des Sinterbauteils zur Verfügung gestellt wird.

[0016] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0017] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0018] Fig. 1 einen Schnitt durch einen Ausschnitt aus einem Matrizenwerkzeug mit einem Sinterbauteil kurz vor der Einführstellung;

[0019] Fig. 2 den Schnitt durch den Ausschnitt aus dem Matrizenwerkzeug nach Fig. 1 mit dem Sinterbauteil in der Kalibrierstellung;

[0020] Fig. 3 einen Schnitt durch ein Werkzeug zur Facettierung des Sinterbauteils;

[0021] Fig. 4 einen schematischen Zustandvergleich des Sinterbauteils nach dem Sintern, nach dem Facettieren und nach dem Oberflächenverdichten und Kalibrieren.

[0022] 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. Weiter sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0023] Es sei an dieser Stelle ausgeführt, dass unter Kalibrieren eines gesinterten Bauteils dessen Bearbeitung zur zumindest annähernden Herstellung der Sollmaße des Bauteils in einem Werkzeug durch pressende Beanspruchung verstanden wird. Mit „zumindest annähernden“ ist dabei gemeint, dass Abweichungen vom Sollmaß im Rahmen der üblichen Toleranzen zulässig sind.

[0024] Unter dem Begriff Sollmaß wird im Sinne der Erfindung ein Endmaß verstanden, das der fertige Sinterbauteil 2 haben soll, gegebenenfalls abzüglich der Vergrößerung des Sinterbauteils 2 nach der Entspannung (d.h. dem Ausstoßen aus der Kalibriermatrix, wie diese nachstehende noch erläutert wird), die durch das Springbackverhalten des Sinterwerkstoffes aufgrund des elastischen Rückfederung definiert ist. Der Anteil des Springbackverhaltens kann empirisch bestimmt werden. Mit anderen Worten ausgedrückt, ergibt das Sollmaß plus die gegebenenfalls auftretende Vergrößerung aufgrund der elastischen Rückfederung das Endmaß.

[0025] In den Fig. 1 und Fig. 2 ist ein Ausschnitt aus einem Matrizenwerkzeug 1 zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren eines Sinterbauteils 2 im Längsschnitt gezeigt.

[0026] Der Sinterbauteil 2 besteht aus gepresstem und anschließend gesintertem Pulvermetall, wobei die Verfahren und Materialien zur Herstellung eines derartigen Sinterrohlings aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt sind und deshalb nicht näher erläutert werden.

[0027] Zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren wird der Sinterbauteil 2 entlang einer Achse 3 durch das Matrizenwerkzeug 1 bewegt.

[0028] Das Matrizenwerkzeug 1 umfasst einen Werkzeuggrundkörper 4, der an einer Werkzeuoberfläche 5 eine erste (obere) Matrizenöffnung 6 aufweist, von der entlang der Achse 3 mehrere Matrizenabschnitte 7 bis 11 in das Innere des Werkzeuggrundkörpers 4 führen. Dabei schließt an die erste Matrizenöffnung 6 der erster Matrizenabschnitt 7 an, der letzte Matrizenabschnitt 11 ist hingegen zu einer der ersten Werkzeuoberfläche 5 entlang der Achse gegenüber liegenden zweiten Werkzeuoberfläche 12 und einer darin ausgebildeten zweiten Matrizenöffnung 13 näher gelegen.

[0029] Der Sinterbauteil 2 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel scheibenförmig ausgeführt und hat an einer radialen Außenfläche 14, d.h. der Stirnfläche, einen Durchmesser 15, der vor der Oberflächenverdichtung einem Rohdurchmesser entspricht und nach der Oberflächenverdichtung einem dazu kleinerem Enddurchmesser entspricht.

[0030] Generell werden vorzugsweise rotationssymmetrische und/oder zumindest annähernd zylindrische Sinterbauteile 2, wie insbesondere Zahnräder, etc., mit dem Matrizenwerkzeug 1 oberflächenverdichtet und kalibriert. Es können aber auch andere Sinterbauteile 2 mit dem Matrizenwerkzeug 1 entsprechend bearbeitet werden.

[0031] Die Oberflächenverdichtung des Sinterbauteils 2 erfolgt, indem dieser durch die erste Matrizenöffnung 6 in den ersten Matrizenabschnitt 7 eingeführt wird und nachfolgend in alle weiteren Matrizenabschnitte 8 bis 11 bewegt wird, wobei in jedem Matrizenabschnitt 7 bis 11 die Außenfläche 14 des Sinterbauteils 2 zumindest auf Abschnitten der Außenfläche 14 gegen Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7 bis 11 gepresst wird. Dabei treten eine oder mehrere Kontaktflächen an der Außenfläche 14 des Sinterbauteils 2 in Druckkontakt mit einer oder mehreren Pressflächen an den Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7 bis 11. Die Kontaktfläche kann durch einen Teil der oder die gesamte Außenfläche 14 des Sinterbauteils 2 gebildet sein. Die Pressfläche kann durch einen Teilabschnitt der Wandfläche 16 oder aber auch durch die gesamte Wandfläche 16 gebildet sein, wobei sich der Teilabschnitt auf die axiale Erstreckung und/oder auch auf die Erstreckung in Umfangsrichtung beziehen kann.

[0032] Erreicht wird die Presswirkung dadurch, dass ein Innendurchmesser 17 der Matrizenabschnitte 7 bis 11, der durch die lichte Weite zwischen gegenüberliegenden bzw. zusammenwirkenden Abschnitten der Pressfläche eines Matrizenabschnitts 7 bis 11 definiert ist, jeweils kleiner ist als der Durchmes-

ser **15** des Sinterbauteils **2** bevor er in den jeweiligen Matrizenabschnitt **7** bis **11** eingeführt wird. Generell weisen die Matrizenabschnitte **7** bis **11** bevorzugt eine Innenkontur auf, die der Außenkontur des Sinterbauteils **2** entspricht, wobei jedoch jeder Matrizenabschnitt **7** bis **11** einen Umfang aufweist, der kleiner ist als der Umfang des Sinterbauteils **2** bevor er in den jeweiligen Matrizenabschnitt **7** bis **11** eingeführt wird.

[0033] Die entlang der Achse **3** aufeinander folgenden Matrizenabschnitte **7** bis **11** gehen unmittelbar (stetig), d.h. ohne Zwischenabschnitte, ineinander über und weisen vom ersten Matrizenabschnitt **7** bis zum letzten Matrizenabschnitt **11** (monoton) abnehmende Innendurchmesser **17** auf, d.h. dass aufeinander folgende Matrizenabschnitt **7** bis **11** gleich groß sein können oder insbesondere kleiner werden, jedoch nicht größer werden. Dadurch nimmt die Presswirkung auf die Kontaktfläche des Sinterbauteils **2** vom ersten Matrizenabschnitt **7** bis zum letzten Matrizenabschnitt **11** zu, wodurch eine Pressrichtung entlang der Achse **3** definiert ist, die vom ersten Matrizenabschnitt **7** zum letzten Matrizenabschnitt **11** weist. Die Bewegung des Sinterbauteils **2** im Matrizenwerkzeug **1** erfolgt dabei bevorzugt geradlinig in dieser Pressrichtung von der ersten Matrizenöffnung **6** bis zum letzten Matrizenabschnitt **11**, anschließend daran erfolgt die Entformung des Sinterbauteils **2** aus dem Matrizenwerkzeug **1** bevorzugt nach Bewegungsrichtungsumkehr entgegen der Pressrichtung durch die erste Matrizenöffnung **6**.

[0034] Der geradlinigen Bewegung in Richtung der Achse **3** kann auch eine Drehbewegung überlagert sein, wodurch der Sinterbauteil **2** im Matrizenwerkzeug **1** eine Schraubbewegung ausführt.

[0035] Durch die Presspassung, die zwischen den genannten Kontaktflächen und den genannten Pressflächen wirksam ist, entstehen Druckspannungen, die im Wesentlichen senkrecht auf die Kontaktflächen orientiert sind. Diese auf die Kontaktflächen einwirkenden Spannungen im Sinterbauteil **2** bewirken sowohl eine elastische als auch eine plastische Verformung des Sinterbauteils **2**, wobei der plastische Anteil die bleibende Oberflächenverdichtung verursacht. Bei dieser Oberflächenverdichtung werden die durch das Pressen und anschließende Sintern an so genannten Brücken miteinander verbundenen Pulvermetallteilchen stark gegeneinander gedrückt und plastisch verformt. Die zwischen den Pulvermetallteilchen nach dem Sintern vorhandenen porösen Hohlräume werden dadurch in ihrem Volumen reduziert und die Materialdichte in diesem Bereich erhöht.

[0036] Die Wirkung der Oberflächenverdichtung ist direkt an der Kontaktfläche am größten und nimmt in Richtung zum Inneren des Sinterbauteils **2** ab. Mit Hilfe des Verfahrens können typischerweise Rand-

schichten von Sinterbauteilen **2** mit einer Dicke von wenigen hundertstel Millimeter bis zu mehreren zehntel Millimetern und darüber verdichtet werden.

[0037] Die für die Verfahrensdurchführung erforderliche Relativbewegung zwischen dem Sinterbauteil **2** und dem Matrizenwerkzeug **1** kann durch Bewegung des Sinterbauteils **2** und/oder durch Bewegung des Matrizenwerkzeugs **1** erfolgen, wobei der Sinterbauteil **2** und das Matrizenwerkzeug **1** dazu jeweils mit einem geeigneten Antrieb oder einem feststehenden Gestell verbunden sind. Während des Oberflächenverdichtens und das nachfolgenden Kalibrierens ist der Sinterbauteil **2** zwischen einem Oberstempel **18** und einem Unterstempel **19** eingespannt. Für die Abwärtsbewegung drückt der Oberstempel **18** von oben auf den Sinterbauteil **2**, der Unterstempel **19** kann dabei nach unten gezogen werden oder er wird vom Oberstempel **18** ebenfalls nach unten gedrückt. Für das bevorzugte Ausstoßen des Sinterbauteils **2** über die erste Matrizenöffnung **6** wird der Unterstempel **19** nach oben gedrückt und kann gegebenenfalls der Oberstempel **18** nach oben gezogen werden. Für diese Bewegungen des Oberstempels **18** und des Unterstempels **19** sind entsprechende, nicht näher dargestellte, Antriebe vorgesehen.

[0038] Der Übergang von einem Matrizenabschnitt **7** bis **10** zum daran anschließenden Matrizenabschnitt **8** bis **11** kann als Fase **20** ausgeführt sein, oder mit einer Rundung versehen sein, wobei in Pressrichtung an eine konkave Rundung eine konvexe Rundung anschließen kann. Dadurch kann ein sanfter Übergang des Sinterbauteils **2** von einem Matrizenabschnitt **7** bis **10** zum nachfolgenden Matrizenabschnitt **8** bis **11** erfolgen, ohne dass durch eine schafkantige Stufe ein unbeabsichtigter Materialabtrag am Sinterbauteil **2** erfolgt oder, dass die Kanten an den Übergängen des Matrizenwerkzeugs **1** ausbrechen. Wie aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** ersichtlich, kann eine derartige Fase auch an der ersten Matrizenöffnung **6** ausgebildet sein. Die Fasen **20** bzw. die jeweiligen Rundungen sind Teil des jeweiligen Matrizenabschnittes **7** bis **11**, bilden also keine Zwischenabschnitte.

[0039] Obwohl in der in den **Fig. 1** und **Fig. 2** konkret dargestellten Ausführungsvariante des Matrizenwerkzeugs **1** fünf Matrizenabschnitte **7** bis **11** dargestellt sind, kann das Matrizenwerkzeug **1** generell zwischen drei und acht oder mehr als acht derartige Matrizenabschnitte aufweisen.

[0040] Da diese Ausführung des Matrizenwerkzeugs **1** prinzipiell aus der voranstehend genannten EP 2 066 468 A2 bekannt ist, sei zu weiteren Einzelheiten darauf verwiesen. Die EP 2 066 468 A2 gehört in diesem, die Oberflächenverdichtung betreffenden Umfang zur gegenständlichen Beschreibung.

[0041] Der in **Fig. 1** gezeigt letzte Matrizenabschnitt **11** ist jener Matrizenabschnitt des Matrizenwerkzeugs **1**, der den kleinsten Innendurchmesser **17** bzw. die kleinste lichte Weite aufweist. Unmittelbar anschließend an diesen letzten Matrizenabschnitt **11** mit dem kleinsten Innendurchmesser **17** ist in dem Matrizenwerkzeug **1** ein Entlastungsabschnitt **21** vorgesehen bzw. ausgebildet. Dieser Entlastungsabschnitt **21** weist einen im Vergleich zu dem unmittelbar davor ausgebildeten letzten Matrizenabschnitt **11** mit kleiner werdendem Innendurchmesser **17** größeren Innendurchmesser **22** auf. Dadurch kann sich der Sinterbauteil **2** in diesem Entlastungsabschnitt **21** entspannen. Gleichzeitig mit dieser Entspannung erfolgt in dem Entlastungsabschnitt **21** auch die Kalibrierung des Sinterbauteils **2**. Dazu weist der Entlastungsabschnitt **21** eine Innenkontur auf, die der Sollkontur mit Sollmaß des Sinterbauteils **2** entspricht. Die Innenkontur des Entlastungsabschnitts **21** ist also sowohl hinsichtlich der Geometrie als auch der geometrischen Abmessungen (im Querschnitt betrachtet) gleich der Außenkontur des fertigen Sinterbauteils **2**. Diese Kalibrierstellung des Sinterbauteils **2** ist in **Fig. 2** gezeigt.

[0042] Anschließend an den Entlastungsabschnitt **21** weist das Matrizenwerkzeug **1** noch einen weiteren Abschnitt **23** auf. Dieser Abschnitt **23** weist einen Innendurchmesser **17** bzw. eine lichte Weite auf, der dem Innendurchmesser **17** bzw. der lichten Weite des letzten Matrizenabschnittes **11** mit dem kleinsten Innendurchmesser **17** entspricht. Der Abschnitt **23** dient der Führung des Unterstempels **19** im Matrizenwerkzeug **1**.

[0043] Der Innendurchmesser **22** bzw. die lichte Weite des Entlastungsabschnittes **21** entspricht dem äußeren Durchmesser **15** (**Fig. 1**) bzw. der lichten Weite des fertigen Sinterbauteils **2**. Dieser Innendurchmesser **22** bzw. diese lichte Weite des Entlastungsabschnittes **21** ist um zumindest 0,02 %, insbesondere zwischen 0,02% und 0,1 %, größer als der Innendurchmesser **17** bzw. die lichte Weite des letzten Matrizenabschnittes **11** mit dem kleinsten Innendurchmesser **17**. Der Innendurchmesser **22** bzw. die lichte Weite des Entlastungsabschnittes **21** ist jedoch nicht größer als der Innendurchmesser bzw. die lichte Weite der ersten Matrizenöffnung **6**. Es soll damit die zumindest annähernd vollständige Entspannung des Sinterbauteils **2** ermöglicht werden.

[0044] Wie aus den **Fig. 1** und **Fig. 2** ersichtlich, ist das verwendete Matrizenwerkzeug **1** bevorzugt einteilig ausgebildet, sodass dieses auch den Entlastungsabschnitt **21** mitumfasst. Es ist aber auch möglich, dass zumindest der Entlastungsabschnitt durch einen eigenes, gesondertes, insbesondere plattenförmiges Werkzeug gebildet ist, das zur Durchführung des Verfahrens zum Oberflächenverdichten und

Kalibrieren des Sinterbauteils **2** unmittelbar anschließend an das Matrizenwerkzeug **1** angeordnet wird.

[0045] Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren des Sinterbauteils **2** kann vorgesehen sein, dass die Innenkontur des vorletzten Matrizenabschnitts **10** der Abfolge der Matrizenabschnitt **7** bis **11** mit kleiner werdendem Innendurchmesser **17** hinsichtlich der geometrischen Abmessungen in Richtung senkrecht auf die Pressrichtung der Innenkontur des Entlastungsabschnittes **21** mit der, das Sollmaß aufweisenden Sollkontur entspricht. Mit anderen Worten ausgedrückt kann also dieser vorletzte Matrizenabschnitt **10** im Querschnitt betrachtet zum Querschnitt des Entlastungsabschnittes **21** und damit zum Kalibrierquerschnitt sowohl hinsichtlich der Geometrie als auch der geometrischen Abmessungen im Querschnitt ident ausgebildet sein.

[0046] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Sinterbauteil **2** eine erste Kante **24** und eine in Pressrichtung dieser gegenüberliegende zweite Kante **25** aufweist (wie dies an sich üblich ist), die an Übergängen zwischen einer an die Matrizenabschnitte anlegbaren Stirnfläche **26** und axialen Endflächen **27**, **28** des Sinterbauteils ausgebildet sind, und dass die erste und/oder die zweite Kante vor dem Einführen in das Matrizenwerkzeug facettiert wird/werden. In **Fig. 3** ist dazu ein Presswerkzeug **29** im Längsschnitt dargestellt, mit dem eine derartige Facettierung durch Drücken hergestellt werden kann.

[0047] Das Presswerkzeug umfasst eine ersten unteren Pressenteil **30** und eine zweiten oberen Pressenteil **31**. Der erste und der zweite Pressenteil **30**, **31** weisen an den entsprechenden Stellen, an denen die Kanten **24** bzw. **25** des Sinterbauteils **2** zur Anlage geraten, die entsprechenden negativen Facetten auf. Der Sinterbauteil **2** wird nach dem Sintern zwischen dem ersten und dem zweiten Pressenteil **30**, **31** eingespannt. Durch das Zusammendrücken dieser beiden Pressenteile **30**, **31** um einen vorbestimmbaren Hub wird dem Sinterteil **2** die Facettierung durch Materialverdrängung verliehen.

[0048] **Fig. 4** zeigt dazu ein schematisches Zustandsdiagramm des Sinterbauteils **2**. Eine Linie **32** zeigt dabei den Kantenzustand nach dem Sintern, die Linie **33** den Kantenzustand nach der Bearbeitung in dem Presswerkzeug **29** und die Linie **34** den Kantenzustand nach dem Oberflächenverdichten und Kalibrieren des Sinterbauteils **2** in dem Matrizenwerkzeug **1** (**Fig. 1**).

[0049] Die Facettierung der Kanten **24**, **25** des Sinterbauteils **2** wird insbesondere als Rundung ausgeführt, wie dies aus **Fig. 4** ersichtlich, ist. Ein größter Rundungsradius – die Facetten können eine in deren

Verlauf variierenden Rundungsradius aufweisen, wie dies aus **Fig. 4** ersichtlich ist – kann dabei ausgewählt sei aus einem Bereich von 0,1 mm bis 5 mm.

[0050] Prinzipiell können die erste, obere Kante **24** und die zweite untere Kante **25** des Sinterbauteils **2** mit gleichen Facetten versehen werden. Gemäß einer Ausführungsvariante ist aber bevorzugt vorgesehen, dass die erste Kante **24**, die während des Oberflächenverdichtens und Kalibrierens des Sinterbauteils **2** oberhalb der zweiten Kante **25** angeordnet wird, stärker facettiert wird (also mit einer flächenbezogenen größeren Facette ausgebildet wird), als die zweite Kante **25**.

[0051] Das Verfahren zur Oberflächenverdichtung und Kalibrierung des Sinterbauteils **2** kann auch zur Oberflächenverdichtung und Kalibrierung von Durchbrüchen, wie z.B. Bohrungen, in Sinterbauteilen **2** angewandt werden. Anstelle des Matrizenwerkzeuges **1** wird dazu ein Stempel verwendet, der wie das Matrizenwerkzeug **1** auch Abschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern und den entsprechenden Kalibrierabschnitt in der Entspannungsstufe aufweist, wobei in diesem Fall allerdings der Durchmesser der unmittelbar ineinander übergehenden Abschnitte (monoton) zunimmt. Sämtliche weiteren Ausführungen zum Matrizenwerkzeug **1** treffen sinngemäß auch auf den Stempel zu, wobei die Angaben „innen“ und „außen“ entsprechend zu ändern sind.

[0052] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Matrizenwerkzeugs **1** bzw. des Presswerkzeugs **29**.

[0053] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Matrizenwerkzeugs **1** bzw. des Presswerkzeugs **29** teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

18	Oberstempel
19	Unterstempel
20	Fase
21	Entlastungsabschnitt
22	Innendurchmesser
23	Abschnitt
24	Kante
25	Kante
26	Stirnfläche
27	Endfläche
28	Endfläche
29	Presswerkzeug
30	Pressenteil
31	Pressenteil
32	Linie
33	Linie
34	Linie

Bezugszeichenliste

1	Matrizenwerkzeug
2	Sinterbauteil
3	Achse
4	Werkzeuggrundkörper
5	Werkzeugoberfläche
6	Matrizenöffnung
7	Matrizenabschnitt
8	Matrizenabschnitt
9	Matrizenabschnitt
10	Matrizenabschnitt
11	Matrizenabschnitt
12	Werkzeugoberfläche
13	Matrizenöffnung
14	Außenfläche
15	Durchmesser
16	Wandflächen
17	Innendurchmesser

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 10085995 A [0004]
- RU 2156179 C2 [0005]
- EP 2066468 A2 [0006, 0040, 0040]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Oberflächenverdichten und Kalibrieren eines Sinterbauteils (2), nach dem der Sinterbauteil (2) entlang einer Achse (3) von einer ersten Matrizenöffnung (6) in Richtung auf eine zweite, der ersten Matrizenöffnung (6) entlang der Achse (3) gegenüberliegenden Matrizenöffnung (13) eines Matrizenwerkzeugs (1) bewegt wird, wobei der Sinterbauteil (2) während dieser Bewegung mehrere Matrizenabschnitte (7–11) des Matrizenwerkzeugs (1) durchläuft und dabei ein Oberflächenbereich des Sinterbauteils (2) verdichtet wird, wozu in Pressrichtung ein Innendurchmesser (17) der aufeinanderfolgenden Matrizenabschnitte (7–11) kleiner wird und die einzelnen Matrizenabschnitte (7–11) derart angeordnet sind, dass ein nachfolgender Matrizenabschnitt (8–11) der mehreren Matrizenabschnitte (7–11) jeweils unmittelbar an den entsprechenden, in Pressrichtung vorhergehenden Matrizenabschnitt (7–10) anschließt, und dass nach dem Oberflächenverdichten in einem an den letzten Matrizenabschnitt (11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) eine Entspannung des Sinterbauteils (2) in einem unmittelbar an den letzten Matrizenabschnitt (11) anschließenden Entlastungsabschnitt (21), der einen im Vergleich zu dem unmittelbar davor ausgebildeten letzten Matrizenabschnitt (11) der Matrizenabschnitt (7–11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) größeren Innendurchmesser (22) aufweist, durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sinterbauteil (2) in dem Entlastungsabschnitt (21) kalibriert wird, wozu die Innenkontur dieses Entlastungsabschnitts (21) der Sollkontur mit Sollmaß des Sinterbauteils (2) entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Matrizenwerkzeug (1) verwendet wird, in dem der Entlastungsabschnitt (21) ausgebildet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sinterbauteil (2) nach dem Kalibrieren gegen die Pressrichtung erneut durch den letzten der Matrizenabschnitte (7–11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) bewegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Innenkontur des vorletzten Matrizenabschnitts (10) der Abfolge von Matrizenabschnitten (7–11) mit kleiner werdendem Innendurchmesser (17) hinsichtlich der geometrischen Abmessungen in Richtung senkrecht auf die Pressrichtung der Innenkontur des Entlastungsabschnitts (21) mit der, das Sollmaß aufweisenden Sollkontur entspricht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sinterbauteil (2) eine erste Kante (24) und eine in Pressrichtung dieser gegenüberliegende zweite Kante (25) aufweist, die

an Übergängen zwischen einer an die Matrizenabschnitte (7–11) anlegbaren Stirnfläche (26) und axialen Endflächen (27, 28) des Sinterbauteils (2) ausgebildet sind, und dass die erste und/oder die zweite Kante (24, 25) vor dem Einführen in das Matrizenwerkzeug (1) facettiert wird/werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kante (24), die während des Oberflächenverdichtens und Kalibrierens des Sinterbauteils (2) oberhalb der zweiten Kante (25) angeordnet wird, stärker facettiert wird, als die zweite Kante (25).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Fig.2

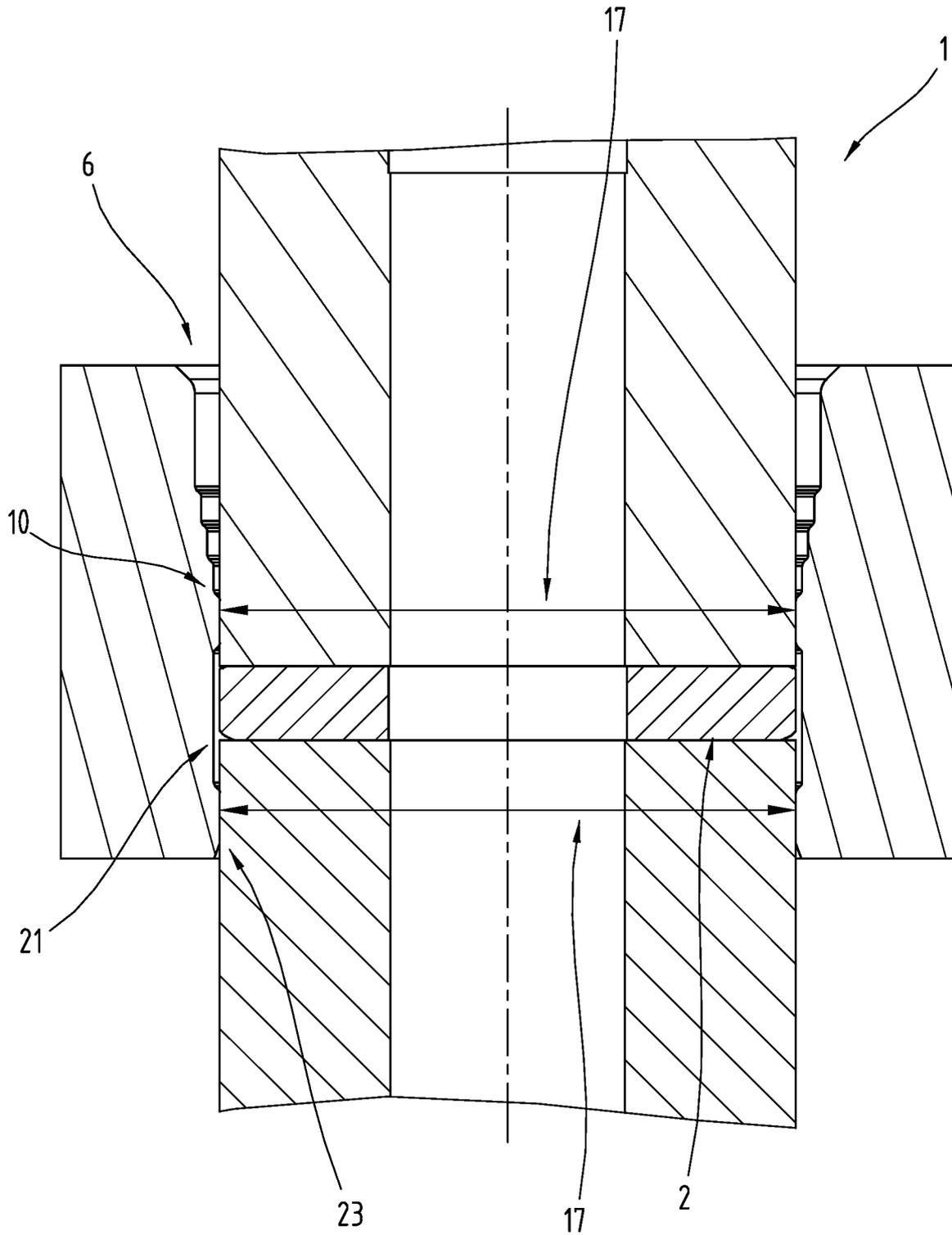


Fig. 3

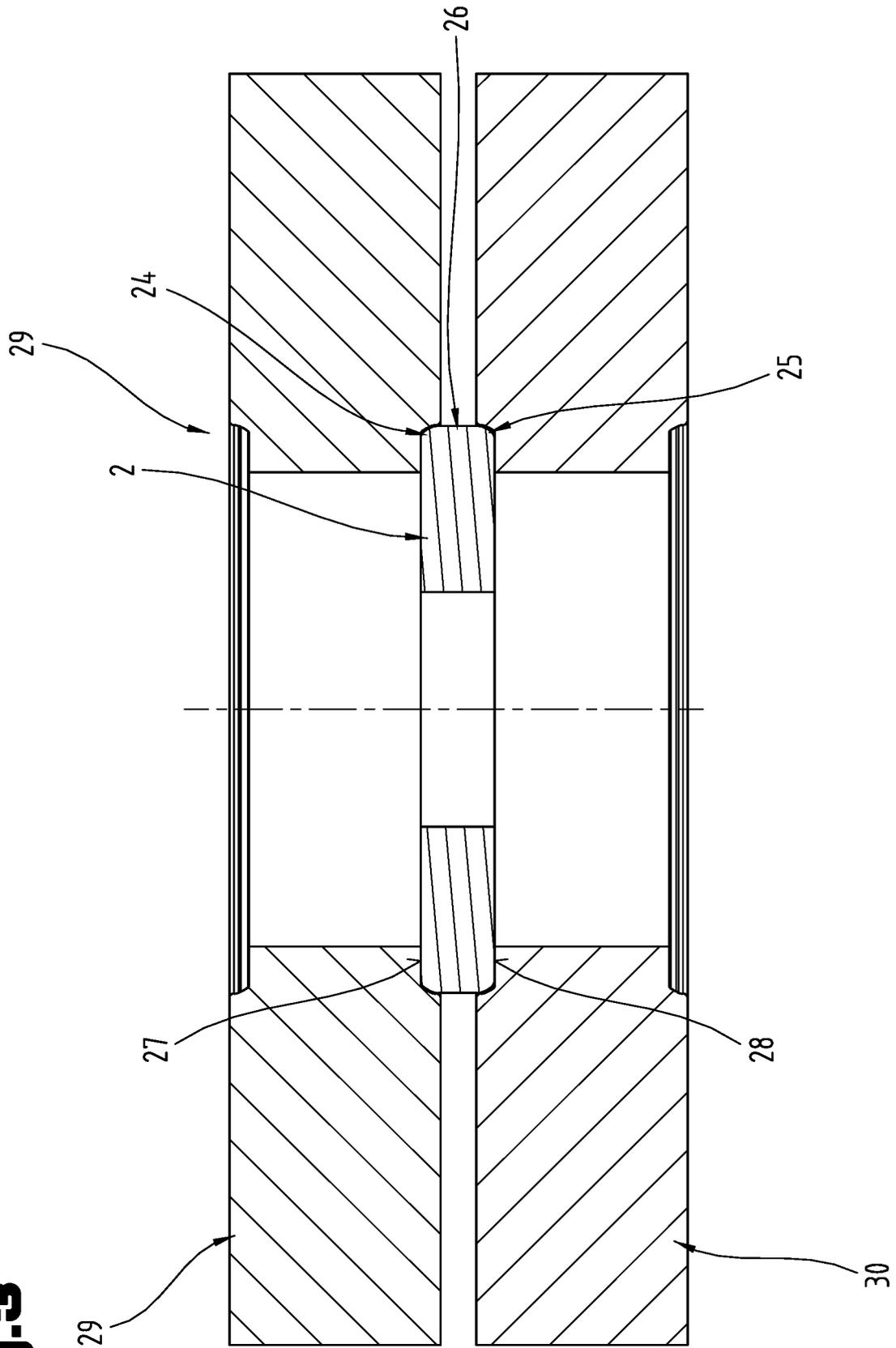


Fig.4

