



(11)

EP 2 066 468 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
06.12.2017 Patentblatt 2017/49

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
04.06.2014 Patentblatt 2014/23

(21) Anmeldenummer: **07800161.7**

(22) Anmeldetag: **31.08.2007**

(51) Int Cl.:
B22F 3/03 (2006.01) **B22F 3/16 (2006.01)**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2007/000416

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/028207 (13.03.2008 Gazette 2008/11)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OBERFLÄCHENVERDICHTUNG EINES SINTERTEILS

METHOD AND APPARATUS FOR COMPACTING THE SURFACE OF A SINTERED PART

PROCÉDÉ ET APPAREIL POUR LA DENSIFICATION DE LA SURFACE D'UNE PIÈCE FRITTÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **04.09.2006 AT 14682006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.06.2009 Patentblatt 2009/24

(73) Patentinhaber: **Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)**

(72) Erfinder:

- **SCHMID, Herbert
4655 Vorchdorf (AT)**
- **DICKINGER, Karl
4655 Vorchdorf (AT)**
- **SIESSL, Wolfgang
4801 Traunkirchen (AT)**

(74) Vertreter: **Burger, Hannes
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH
Rosenauerweg 16
4580 Windischgarsten (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 1 201 338	WO-A1-00//48773
WO-A1-2004//065044	WO-A1-2005//099938
WO-A2-03/020460	DE-A1- 1 918 679
DE-T2- 60 007 857	GB-A- 2 275 054
JP-A- H1 085 995	RU-C2- 2 156 179
US-A- 2 306 263	US-A- 2 957 232
US-A- 3 608 350	US-A- 3 842 646
US-A- 3 910 091	US-A- 4 622 842
US-A- 4 878 370	US-A- 4 924 690
US-A- 5 325 698	US-A- 5 995 393
US-A1- 2004 136 858	US-B1- 6 318 145

- **HOISCHEN H.: 'Technisches Zeichnen', 1988,
CORNELSEN VERLAG, DÜSSELDORF Seiten 90
- 91**
- **Fase, aus
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Fase&solid=19717357>, veröffentlicht am 2. August 2006**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenverdichtung von Sinterteilen mit den Merkmalen des Anspruches 1.

[0002] Sinterteile, also Werkstücke aus gepresstem und gesintertem Metallpulver sind schon seit Längerem eine Alternative zu gegossenen oder aus den vollen bearbeiteten Werkstücken. Die durch das Herstellverfahren bedingte, jeweils mehr oder weniger stark ausgeprägte Porosität der Sinterteile wirkt sich jedoch negativ auf die Biegefestigkeit und die Verschleißfestigkeit aus, was beispielsweise den Einsatz von pulvermetallurgisch hergestellten Zahnrädern in hoch belasteten Getrieben einschränkt.

[0003] Um die nachteiligen Auswirkungen der Porosität von Sinterteilen zu reduzieren, ist es bekannt, an Sinterteilrohlingen durch Nachpressen eine Oberflächenverdichtung zu bewirken. Ein Verfahren, das dazu ein Matrizenwerkzeug verwendet, ist aus der US 6,168,754 B1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird ein Sinterrohling, also ein aus Pulvermetall gepresster und anschließend gesinterter Teil an seiner äußeren Oberfläche verdichtet, indem dieser durch ein mehrstufiges Matrizenwerkzeug gedrückt wird. Das Matrizenwerkzeug umfasst mehrere axial voneinander beabstandete Matrizenplatten mit Matrizenöffnungen, die im Wesentlichen der Form des Sinterrohlings entsprechen, deren Innendurchmesser jedoch stufenweise abnimmt und kleiner ist als der Außendurchmesser des Sinterrohlings. Bei diesem Durchdrücken von der größten bis zu kleinsten Matrizenöffnung wird der Außenumfang des Sinterteils plastisch und elastisch verformt, wodurch die Oberfläche verdichtet wird und der Sinterteil seine Endabmessung erhält. Die Abstände zwischen den Matrizenplatten erlauben dem Sinterteil durch Ausdehnung einen Teil der elastischen Verformungen nach jeder Matrizenplatte abzubauen. Durch diese Abfolge von Matrizenplatten und Zwischenräumen erfährt der Sinterteil nach jeder Matrizenplatte eine Zwischenentlastung, wodurch eine nach der Verformung im Sinterteil verbleibende Druck-Eigenspannung stufenweise aufgebaut wird.

[0004] Diese Druck-Eigenspannungen erhöhen die Biegefestigkeit in zugbeanspruchten Zonen und verbessern gleichzeitig die Verschleißfestigkeit der derart verdichteten Oberfläche. Nachteilig bei dem in der US-B1 beschriebenen Verfahren bzw. Matrizenwerkzeug ist jedoch, dass das Matrizenwerkzeug aufgrund der zwischen den einzelnen Matrizenplatten ausgeführten Zwischenräume eine geringere Stabilität und Verschleißfestigkeit aufweist, wodurch die vom Matrizenwerkzeug ertragbaren Umformkräfte deutlich begrenzt sind und die erzielbare Oberflächenverdichtung für gewisse Anwendungen noch unzureichend ist.

[0005] Aus der GB 2 275 054 A ist ein Verfahren zur Herstellung von Wolframkappen für Elektroden von Xenonlampen bekannt. Die Wolframpappen werden dabei durch Schmieden aus einem gesinterten Wolframkörper hergestellt, wozu in einem ersten Schritt die Innenkontur ausgebildet und danach das überschüssige Material an der Außenkontur entfernt wird. Im Herstellverfahren wird eine Matrize verwendet, die einen Einführabschnitt, einen daran anschließenden konischen Pressbereich und einen an diesen anschließenden Abzugsbereich aufweist.

[0006] Die US 2,957,232 A beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterteils, wonach ein gepresster und gesinterter Rohling in einer Extrusionsform einer Formgebung zum fertigen Sinterteil unterzogen wird. Die Extrusionsform weist einen ersten zylindrischen Abschnitt auf, der einen größeren Durchmesser als der Rohling aufweist. An den ersten Abschnitt der Extrusionsform schließt ein konischer Abschnitt und an diesen ein zweiter zylindrischer Abschnitt mit im Vergleich zum ersten zylindrischen Abschnitt kleinerem Durchmesser an. Der Rohling wird zur Formgebung teilweise vom ersten in den zweiten zylindrischen Abschnitt gepresst.

[0007] Aus der US 2,306,263 A ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktstiftes aus einem Sinterpulver bekannt. Das Verfahren umfasst u.a. das Einführen eines gesinterten Rohlings mit vorgegebener Form in eine Matrize, die einen Formgebungshohlraum mit größerem Durchmesser als der Rohling aufweist. Der Rohling wird durch Anwendung von Druck in diesem Formgebungshohlraum verdichtet und dabei an die Wandung des Formgebungshohlraums angelegt.

[0008] Die WO 03/020460 A2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Sinterteils, insbesondere eines Kugelbahnen aufweisenden Gelenkkinnenteils eines Wellengelenks, wobei Pulver in einen Füllraum gefüllt wird, der Füllraum begrenzt wird von einer Matrize, wenigstens einem Formdorn und einem diesem gegenüber angeordneten Fülldorn, einem Mitteldorn, wenigstens einem Unter- und einem Oberstempel, wobei das Pulver in dem Füllraum durch Druck auf den Ober-und/oder Unterstempel zu einem Grünling gepresst, ausgestoßen und gesintert wird.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Oberflächenverdichtung eines Sinterteils bereitzustellen, das die Möglichkeit einer hohen Verdichtung einer Sinterteiloberfläche bei gleichzeitig einfacherem Werkzeugaufbau bietet.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Oberflächenverdichtung von Sinterteilen mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Dadurch, dass die Matrizenabschnitte stetig ineinander übergehen und ein zwischen zusammenwirkenden Pressflächenteilen gemessener Innendurchmesser an der Innenkontur vom ersten Matrizenabschnitt bis zum letzten Matrizenabschnitt monoton abnimmt, wird bei der Bewegung eines Sinterteils in Pressrichtung bis auf den letzten Matrizenabschnitt jeder Matrizenabschnitt vom nachfolgenden gestützt und Verformungen des Matrizenwerkzeugs weitgehend verhindert. Durch diese robuste Bauweise des Matrizenwerkzeuges kann die insgesamte Reduktion der Innendurchmesser stärker ausgeführt werden, wodurch die Oberflächenverdichtung des Sinterteils deutlich verbessert wird. Ein überraschender Effekt an dieser Ausbildung ist, dass auch ohne die aus dem Stand der Technik

bekannte Zwischenentlastung zwischen aufeinander folgenden Matrizenabschnitten die Oberflächen der Sintereteile ohne negative Auswirkungen der hohen Umformkräfte, wie z.B. Fresserscheinungen, verdichtet werden können.

[0011] Die Verdichtung der Oberfläche muss dabei nicht am gesamten Außenumfang eines Sintereteils erfolgen, sondern kann sich auf Teilabschnitte der Außenfläche beschränken. Für die Durchführung des Verfahrens ist dabei lediglich erforderlich, dass die auf die Kontaktflächen am Sinterteil wirkenden Pressflächen etwa gegenüberliegend angeordnet sind, um die radial wirkenden Kräfte ausgleichen zu können. Der Begriff Innendurchmesser ist in dieser Anmeldung nicht eingeschränkt auf den Durchmesser eines Zylinders zu verstehen, sondern allgemein als zwischen zusammenwirkenden Pressflächen gemessene Weite zwischen einander zugewandten Pressflächenteilen.

[0012] Der Innendurchmesser innerhalb eines Matrizenabschnitts verläuft konstant, d.h. dass sich der Matrizenabschnitt nicht verjüngt. Im Fall einer rotationssymmetrischen Kontaktfläche am Sinterteil ist die auf diese einwirkende Pressfläche des Matrizenabschnitts eine kreiszylindrische Fläche mit zur Achse parallelen erzeugenden. Da ein kreiszylindrischer Matrizenabschnitt relativ einfach herzustellen ist, kann ein Matrizenwerkzeug für kreiszylindrische Sintereteile mit einfachen Mitteln hergestellt werden, wenn alle Matrizenabschnitte jeweils konstante Innendurchmesser aufweisen.

[0013] Der Übergang von einem Matrizenabschnitt zu einem nachfolgenden Matrizenabschnitt ist mit zumindest einer Rundung ausgebildet, wobei in der Pressrichtung an eine konkave Rundung eine konvexe Rundung anschließt. Eine scharfkantige Ausbildung eines stufenartigen Überganges und ein dementsprechend höherer Verschleiß am Matrizenwerkzeug kann dadurch weitestgehend vermieden werden.

[0014] Bei einem Matrizenwerkzeug, bei dem der letzte Matrizenabschnitt im Inneren des Werkzeugkörpers endet, muss der Sinterteil nach Bewegungsumkehr durch die erste Matrizenöffnung aus dem Matrizenwerkzeug entnommen werden, das Verfahren kann jedoch vorteilhaft ergänzt werden, indem der Sinterteil durch eine der ersten Matrizenöffnung gegenüberliegende zweite Matrizenöffnung aus dem Matrizenwerkzeug bewegt wird.

[0015] Die Relativbewegung zwischen Sinterteil und Matrizenwerkzeug kann dabei vorteilhaft geradlinig oder in einer Schraubbewegung erfolgen. Sintereteile, deren Kontaktflächen rotationssymmetrisch bezüglich der Achse sind, können sowohl geradlinig als auch mit einer Schraubbewegung oder einer Kombination daraus durch das Matrizenwerkzeug gedrückt werden, Sintereteile, deren Kontaktflächen durch Schraubflächen gebildet sind, müssen in einer Schraubbewegung durch das Matrizenwerkzeug gedrückt werden. Bei einem rotationssymmetrischen Sinterteil, können zusätzlich zu den axial wirkenden Gleitreibungskräften an den Pressflächen der Matrizenabschnitte durch eine drehende Bewegung zusätzlich tangentielle Spannungskomponenten in die Oberfläche des Sintersteils eingeleitet werden, was den Verdichtungsvorgang günstig beeinflussen kann.

[0016] Für die Durchführung des Verfahrens kann es auch von Vorteil sein, wenn die Bewegung vom Sinterteil und/oder vom Matrizenwerkzeug ausgeführt wird. Im einfachsten Fall wird bei feststehendem Matrizenwerkzeug der Sinterteil vom ersten Matrizenabschnitt bis zum letzten Matrizenabschnitt bewegt, es kann jedoch aus baulichen Gründen oder aus Verfahrensgründen vorteilhaft sein, die Bewegung vom Matrizenwerkzeug ausführen zu lassen oder sowohl den Sinterteil als auch das Matrizenwerkzeug anzutreiben. Dabei können gleiche Antriebskonzepte aber auch unterschiedliche Antriebskonzepte für die beiden Bestandteile eingesetzt werden, z.B. indem der Sinterteil oder das Matrizenwerkzeug eine gleichmäßige langsame Bewegung ausführt, und das Matrizenwerkzeug bzw. der Sinterteil eine intermittierende schnelle Bewegung ausführt, wodurch sich eine pulsierende Relativgeschwindigkeit ergibt, was von Vorteil sein kann, wenn ein Stillstand der Relativbewegung unerwünscht ist und die Bewegung von einem Matrizenabschnitt zum nachfolgenden Abschnitt mit höherer Geschwindigkeit ausgeführt werden soll.

[0017] Bei der Bewegung durch das Matrizenwerkzeug kann der Sinterteil dabei sowohl in Achsrichtung gedrückt als auch gezogen werden, wobei die Einleitung entsprechend hoher Zugkräfte bei in axialer Richtung geringen Abmessungen des Sintersteils aufgrund der Bruchgefahr zu vermeiden ist und auf Sintereteile mit axial größeren Abmessungen beschränkt bleiben sollte.

[0018] Eine optimale Einleitung der erforderlichen Kräfte in den Sinterteil erzielt man, wenn der Sinterteil zwischen zwei Druckelementen, z.B. zwei mit Antriebseinrichtungen verbundenen Stempeln, weitgehend vollflächig axial druckbeaufschlagt wird. Dadurch kann die Bewegung durch das Matrizenwerkzeug auch mit einer Richtungsumkehr ausgeführt werden, ohne dass die Gefahr besteht, dass der Sinterteil durch das Auftreten von höheren Zugspannungen Schaden nimmt. Der Sinterteil kann dazu zwischen zwei Druckstempeln, deren Form im Wesentlichen der Matrizenform entspricht, eingespannt sein.

[0019] Für die Durchführung des Verfahrens kann es günstig sein, die Bewegungsrichtung des Sintersteils vor Erreichen der zweiten Matrizenöffnung zumindest einmal zu ändern, beispielsweise um bei einem empfindlicheren Sinterwerkstoff eine Zwischenentlastung vor dem Bewegen in oder durch den letzten Matrizenabschnitt zu ermöglichen.

[0020] Eine vorteilhafte Variante des Verfahrens kann auch darin bestehen, dass der Sinterteil nach Erreichen des letzten Matrizenabschnitts durch die erste Matrizenöffnung aus dem Werkzeug entformt wird, d.h. die Bewegungsrichtung nach dem Erreichen des letzten Matrizenabschnitts umgekehrt wird. Dadurch, dass die Teileabfuhr auf den Matrizenwerkzeug an derselben Position wie die Teilezufuhr vor der Verfahrensdurchführung erfolgt, kann diese Variante vorteilhaft für den Teilefluss sein.

[0021] Da der letzte Matrizenabschnitt Einfluss auf das nach der Verfahrensdurchführung erzielte Fertigmaß des Sinterteils hat, ist es von Vorteil, wenn der Sinterteil im letzten Matrizenabschnitt auf einen Innendurchmesser komprimiert wird, der einem Sollmaß eines Sinterteils verringert um den Wert der aufgrund der Presskräfte bewirkten elastischen Verformung des Sinterteils an diesem Innendurchmesser entspricht. Da die plastische Verformung im Wesentlichen an der äußeren Oberfläche des Sinterteils erfolgt, kann der elastische Anteil der Verformung durch Rechenverfahren verhältnismäßig gut abgeschätzt werden, weshalb es dadurch möglich ist, den letzten Matrizenabschnitt derart auszubilden, dass der Sinterteil nach Entformung des letzten Matrizenabschnitts im Wesentlichen sein Sollmaß aufweist. Die dadurch erreichte Maßgenauigkeit kann nachfolgende Bearbeitungsschritte zur weiteren Annäherung des Fertigmaßes an ein Sollmaß, z.B. einen Schleifvorgang, entbehrlich machen.

[0022] Zur Erleichterung des Einbringens des Sinterteils in das Matrizenwerkzeug, ist es günstig, wenn der Sinterteil in einen vor der ersten Matrizenöffnung angeordneten Einführabschnitt eingebracht wird, der einen Einführdurchmesser aufweist, der größer ist, als eine Rohabmessung des Sinterteils an seiner Außenfläche. Dieser Einführabschnitt kann z.B. durch eine zusätzliche Einführplatte, die in Pressrichtung vor dem ersten Matrizenabschnitt angeordnet ist, gebildet sein und weist eine Öffnung auf, die um ein kleines Funktionsspiel größer ist, als die Rohabmessungen des Sinterteils an seiner Außenfläche. Dadurch erfolgt eine zuverlässige Positionierung sowie eine Führung des Sinterteils vor und während des Einpressens in den ersten Matrizenabschnitt.

[0023] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn der Sinterteil nach dem letzten Matrizenabschnitt in einen daran anschließenden Kalibrierabschnitt bewegt wird, der einen Kalibrierdurchmesser aufweist, der einem Solldurchmesser des Sinterteils an seiner Außenfläche entspricht. Der Kalibrierabschnitt kann dabei unmittelbar an den letzten Matrizenabschnitt anschließen, oder aber auch mit einem Zwischenraum zwischen dem letzten Matrizenabschnitt und dem maßhaltigen Kalibrierabschnitt versehen sein, wodurch vor der Kalibrierung eine Zwischenentlastung des Sinterteils möglich ist.

[0024] Eine mögliche Ausführung des Verfahrens besteht darin, dass eine Folge von Sinterteilen mit oder ohne jeweils zwischen zwei Sinterteilen angeordneten, druckfesten Distanzelementen durch das Matrizenwerkzeug bewegt wird.

[0025] Während im einfachsten Fall das Verfahren etwa bei Raumtemperatur durchgeführt wird, kann es von Vorteil sein, wenn der Sinterteil bei der Verfahrensdurchführung eine Temperatur aufweist, die unterhalb der Schmelztemperatur, insbesondere in einem Bereich von 100 °C bzw. 200 °C unter der Schmelztemperatur, liegt. Durch die gegenüber der Raumtemperatur erhöhte Temperatur bei der Verfahrensausführung kann der Vorgang der Oberflächenverdichtung und die dabei ablaufende Änderung des Gefüges erleichtert werden, wodurch einerseits die Oberflächeneigenschaften des fertigen Sinterteils vorteilhaft beeinflusst werden können und die für die Verfahrensdurchführung erforderlichen Kräfte reduziert sein können.

[0026] Die Anwendung des Verfahrens ist insbesondere von Vorteil, wenn der Sinterteil als Lagerbuchse, als Lagerschale, als Zahnrad, als Kettenrad, als Zahnriemenrad oder als Nockenelement ausgeführt ist. Die mit dem Verfahren erzielbare Oberflächenverdichtung und Erhöhung der Biegefestigkeit erweist sich bei diesen Anwendungen eines Sinterteils als besonders vorteilhaft.

[0027] Vorteilhaft für die Verwendung des Matrizenwerkzeugs kann es sein, wenn an den letzten Matrizenabschnitt eine zur ersten Matrizenöffnung gegenüberliegende zweite Matrizenöffnung anschließt, d.h. der Sinterteil durch das gesamte Matrizenwerkzeug hindurch bewegt, insbesondere gepresst werden kann.

[0028] Für die Durchführung des Verfahrens kann es sich auch als vorteilhaft erweisen, wenn eine axiale Matrizenabschnittslänge größer ist, als eine axiale Kontaktflächenlänge. Dadurch ist sichergestellt, dass ein Sinterteil bzw. dessen Kontaktfläche zur Gänze in einen Matrizenabschnitt eingeführt ist, bevor eine Vorderkante des Sinterteils bzw. der Kontaktfläche schon die Verformung durch den nachfolgenden Matrizenabschnitt erfährt. Die für die Bewegung des Sinterteils erforderliche Kraft ist dadurch fallweise weitgehend gleich bleibend, wodurch eine phasenweise, gleich bleibende Bewegungsgeschwindigkeit relativ einfach, z.B. über eine Drucksteuerung eines Fluidzylinders, der auf des Sinterteil wirkt, erzielbar ist.

[0029] Die axiale Matrizenabschnittslänge des letzten Matrizenabschnitts kann weniger als 30 % der Kontaktflächenlänge des Sinterteils betragen. Ein derart relativ kurz ausgeführter letzter Matrizenabschnitt bewirkt einen auf einen kleinen Anteil der Kontaktfläche begrenzten Kneteffekt, der die Wirksamkeit der Oberflächenverdichtung zusätzlich erhöhen kann. Dabei kann dieser Matrizenabschnitt konisch ausgebildet sein, wodurch der Kneteffekt verstärkt wird. Insbesondere ist dies von Vorteil, wenn der Sinterteil wieder durch die erste Matrizenöffnung aus dem Matrizenwerkzeug entfernt wird.

[0030] Insbesondere bei Sinterteilen mit großer Länge ist es von Vorteil, wenn die axiale Länge aller Matrizenabschnitte in Summe kleiner ist, als die axiale Kontaktflächenlänge des Sinterteils. Dadurch erfolgt die Oberflächenverdichtung jeweils nur auf einem geringen Teil der Kontaktfläche und die Einflüsse der axialen Gleitreibung sind dadurch gegenüber einem längeren Werkzeug geringer.

[0031] Für die Ausführung des Verfahrens ist es notwendig, insgesamt zwischen drei und sieben, insbesondere fünf, Matrizenabschnitte mit jeweils konstantem Innendurchmesser vorzusehen. Da die zunehmende Verdichtung der Randschicht auch eine Verfestigung bewirkt, die ähnlich einer festen Schale weiteren Verformungen zunehmenden Widerstand entgegengesetzt, ist die mögliche Durchmesserreduktion begrenzt, wobei die Aufteilung auf die genannten Anzahlen

an Matrizenabschnitten von Vorteil ist, da die Herstellungskosten für das Matrizenwerkzeug mit der Anzahl der Matrizenabschnitte zunehmen.

[0032] Um einen durch das Matrizenwerkzeug erreichbaren Istdurchmesser des Sinterteils möglichst an einen Soll-durchmesser anzunähern, ist es von Vorteil, wenn der Innendurchmesser im letzten Matrizenabschnitt einen Wert aufweist, der einem Sollmaß des Sinterteils verringert um den Wert, der aufgrund der Presskräfte bewirkten elastischen Verformung des Sinterteils an diesem Innendurchmesser entspricht. Wie bereits zuvor erläutert, kann die elastische Verformung des Sinterteils zu diesem Zweck mit hinreichend guter Genauigkeit abgeschätzt werden, wodurch der Sinterteil nach Passieren des letzten Matrizenabschnitts zumindest annähernd sein Sollmaß aufweist.

[0033] Für die Oberflächenverdichtung von kreiszylindrischen Sinterteilen, wie z.B. Lagerbuchsen, ist es von Vorteil, wenn die Innenkontur bezüglich der Achse rotationssymmetrisch ist. Dadurch kann die Oberfläche eines kreiszylindrischen Sinterteils mit einmaliger Verfahrensdurchführung an ihrem gesamten Umfang verdichtet werden, während bei nur teilweise als Kreiszylinder ausgeführten Pressflächen ein zwei- oder mehrmaliges Durchführen des Pressvorgangs mit dazwischen liegendem Verdrehen des Sinterteils erforderlich wäre.

[0034] Ebenfalls vorteilhaft ist, wenn die Innenkontur bezüglich der Achse drehsymmetrisch ist, wodurch das Matrizenwerkzeug, insbesondere auch für die Oberflächenverdichtung von gesinterten Zahnrädern, Zahnriemenrädern oder Kettenrädern anwendbar ist. Das Verfahren ist jedoch auch bei unregelmäßig geformten Sinterteilen anwendbar, wenn die Pressfläche eines Matrizenabschnitts als allgemeine Zylinderfläche gebildet ist. Die Anwendung ist somit nicht auf rotations- bzw. drehsymmetrische Sinterteile beschränkt.

[0035] Die Pressfläche eines Matrizenabschnitts kann auch durch eine Schraubfläche gebildet sein, wodurch auch die Oberflächen eines schräg verzahnten Zahnrades verdichtet werden kann, wenn die Bewegung durch das Matrizenwerkzeug mit einer Schraubbewegung durchgeführt wird.

[0036] Zur Verdichtung der Oberfläche eines geradverzahnten Stirnrades oder eines Stirnradsegments, sind die Pressflächen der Matrizenabschnitte jeweils zumindest abschnittsweise durch eine Innengeradverzahnung gebildet. Die Zahnflanken verlaufen dabei in axialer Richtung.

[0037] Wenn die Pressflächen der Matrizenabschnitte jeweils zumindest abschnittsweise durch eine Innenschrägverzahnung gebildet sind, können auch schräg verzahnte Stirnräder oder Stirnradsegmente oberflächenverdichtet werden.

[0038] Das Matrizenwerkzeug kann sowohl in axialer als auch in radialer Richtung aus mehreren Matrizenenteilen zusammengesetzt sein, eine äußerst robuste Ausführung erzielt man jedoch, wenn das Matrizenwerkzeug einstückig ausgeführt ist.

[0039] Das Einführen eines Sinterteils in das Matrizenwerkzeug wird wesentlich erleichtert, wenn in Richtung zur zweiten Matrizenöffnung, vor dem ersten Matrizenabschnitt, ein Einführabschnitt, dessen Innendurchmesser größer ist, als ein Rohdurchmesser des Sinterteils, angeordnet ist. Der Einführabschnitt entspricht dabei einem Matrizenabschnitt, allerdings mit einer Spielpassung anstatt einer Presspassung zum Sinterteil.

[0040] Zur Erhöhung der Maßgenauigkeit kann weiters vorgesehen sein, dass in Pressrichtung nach dem letzten Matrizenabschnitt ein Kalibrierabschnitt anschließt, der einen Kalibriedurchmesser aufweist, der kleiner ist als der Solldurchmesser des Sinterteils. Dabei kann der Kalibrierabschnitt direkt an den letzten Matrizenabschnitt anschließen oder dazwischen ein Abstand vorgesehen sein, der eine Zwischenentlastung des Sinterteils bewirkt, der dadurch vor dem eigentlichen Kalibrierabschnitt seine elastische Verformung durch Ausdehnung zumindest teilweise abbaut.

[0041] Die Erfindung wird im Nachfolgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0042] Es zeigen jeweils in vereinfachter schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Längsschnitt gemäß der Linie I-I in Fig. 2 durch ein nicht erfindungsgemäßes Matrizenwerkzeug mit einem damit zu bearbeitenden Sinterteil;

Fig. 2 einen Querschnitt durch ein nicht erfindungsgemäßes Matrizenwerkzeug mit einem damit bearbeiteten Sinterteil gemäß den Linien II-II in Fig. 1;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt einer Ausführungsform eines Matrizenwerkzeugs;

Fig. 4 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt eines nicht erfindungsgemäßen Matrizen werkzeugs;

Fig. 5 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt eines nicht erfindungsgemäßen Matrizenwerkzeugs;

Fig. 6 einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt eines nicht erfindungsgemäßen Matrizenwerkzeugs;

Fig. 7 eine axiale Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs;

- Fig. 8 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs;
- Fig. 9 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs;
- 5 Fig. 10 eine Draufsicht auf zwei weitere Ausführungsformen des Matrizenwerkzeugs mit einer geraden sowie einer schrägen Innenverzahnung;
- Fig. 11 einen Längsschnitt durch ein nicht erfindungsgemäßes Matrizenwerkzeug;
- 10 Fig. 12 einen Längsschnitt durch ein nicht erfindungsgemäßes Matrizenwerkzeug;
- Fig. 13 die Durchführung des Verfahrens mit gleichzeitigem Durchdrücken von zwei Sinterteilen durch das Matrizenwerkzeug;
- 15 Fig. 14 das Verfahren mit Durchziehen des Sintersteils durch das Matrizenwerkzeug;
- Fig. 15 die Verfahrensdurchführung mit beidseitig druckbeaufschlagbarem Sinterteil;
- 20 Fig. 16 ein nicht erfindungsgemäßes Matrizenwerkzeug mit einem zusätzlichen Einführabschnitt und einem zusätzlichen Kalibrierabschnitt.

[0043] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erforderliche oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

[0044] Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein Matrizenwerkzeug 1 zur Oberflächenverdichtung eines Sintersteils 2 durch Bewegen desselben entlang einer Achse 3 durch das Matrizenwerkzeug 1. Dieses umfasst einen Werkzeuggrundkörper 4, der an einer Werkzeugoberfläche 5 eine erste Matrizenöffnung 6 aufweist, von der entlang der Achse 3 mehrere Matrizenabschnitte 7, 8 und 9 in das Innere des Werkzeuggrundkörpers 4 führen. Dabei schließt an die erste Matrizenöffnung 6 ein erster Matrizenabschnitt 7 an, ein letzter Matrizenabschnitt 9 erstreckt sich in der dargestellten Ausführungsform bis zu einer gegenüber liegenden zweiten Werkzeugoberfläche 10 und bildet dadurch eine zweite Matrizenöffnung 11. Abweichend von der dargestellten Ausführungsform kann der letzte Matrizenabschnitt 9 auch im Inneren des Werkzeuggrundkörpers 4 enden, wodurch keine zweite Matrizenöffnung 11 gebildet ist. In diesem Fall muss der Sinterteil 2 jedenfalls wieder durch die erste Matrizenöffnung 6 aus dem Matrizenwerkzeug 1 entnommen werden.

[0045] Der Sinterteil 2 besteht dabei aus gepresstem und anschließend gesinterten 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.

[0046] Der Sinterteil 2 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel scheibenförmig ausgeführt und hat an einer Außenfläche 12 einen Durchmesser 13, der vor der Oberflächenverdichtung einem Rohdurchmesser 14 entspricht und nach der Oberflächenverdichtung einem dazu kleinerem Enddurchmesser 15 entspricht.

[0047] Die Oberflächenverdichtung des Sintersteils 2 erfolgt, indem dieser durch die erste Matrizenöffnung 6 in den ersten Matrizenabschnitt 7 eingeführt wird und nachfolgend in alle weiteren Matrizenabschnitte 8 und auch bis zum letzten Matrizenabschnitt 9, bewegt wird, wobei in jedem Matrizenabschnitt 7, 8, 9 die Außenfläche 12 des Sintersteils 2 zumindest auf Abschnitten der Außenfläche 12 gegen Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7, 8, 9 gepresst wird. Dabei treten eine oder mehrere Kontaktflächen 17 an der Außenfläche 12 des Sintersteils 2 in Druckkontakt mit einer oder mehreren Pressflächen 18 an den Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7, 8, 9. Die Kontaktfläche 17 kann also durch einen Teil der Außenfläche 12 oder aber auch durch die gesamte Außenfläche 12 gebildet sein; die Pressfläche 18 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.

[0048] Erreicht wird die Presswirkung dadurch, dass ein Innendurchmesser 19, der durch die lichte Weite zwischen gegenüberliegenden bzw. zusammenwirkenden Abschnitten der Pressfläche 18 eines Matrizenabschnitts 7, 8, 9 definiert ist, jeweils kleiner ist als der Rohdurchmesser 14 des Sintersteils 2. Der Begriff Innendurchmesser 19 ist dabei nicht auf kreisförmige Querschnitte beschränkt zu verstehen, sondern auch als lichte Weite zwischen zusammenwirkenden Press-

flächenteilen, die nicht zwingend durch die Achse 3 des Matrizenwerkzeugs 1 gehen müssen. Ebenso ist der Durchmesser 13 am Sinterteil 2 nicht auf radiale Richtungen beschränkt aufzufassen.

[0049] Die entlang der Achse 3 aufeinander folgenden Matrizenabschnitte 7, 8, 9 gehen stetig ineinander über und weisen vom ersten Matrizenabschnitt 7 bis zum letzten Matrizenabschnitt 9 monoton abnehmende Innendurchmesser 19 auf, d.h. aufeinander folgende Innendurchmesser 19 können gleich groß sein oder abnehmen, jedoch nicht größer werden. Dadurch nimmt die Presswirkung auf die Kontaktfläche 17 des Sinterteils 2 vom ersten Matrizenabschnitt 7 bis zum letzten Matrizenabschnitt 9 zu, wodurch eine Pressrichtung 20 definiert ist, die vom ersten Matrizenabschnitt 7 zum letzten Matrizenabschnitt 9 weist. Die Bewegung des Sinterteils 2 im Matrizenwerkzeug 1 erfolgt dabei im einfachsten Fall geradlinig in Pressrichtung 20 von der ersten Matrizenöffnung 6 bis zum letzten Matrizenabschnitt 9, anschließend daran erfolgt die Entformung des Sinterteils 2 aus dem Matrizenwerkzeug 1 über die zweite Matrizenöffnung 11 oder nach Bewegungsrichtungsumkehr entgegen der Pressrichtung 20 durch die erste Matrizenöffnung 6.

[0050] Der geradlinigen Bewegung in Richtung der Achse 3 kann auch eine Drehbewegung, z.B. in eine Drehrichtung 21, überlagert sein, wodurch der Sinterteil 2 im Matrizenwerkzeug 1 eine Schraubbewegung ausführt. Durch diese Bewegungsform können mit dem Matrizenwerkstück 1 auch Sinterteile 2 an ihrer Oberfläche verdichtet werden, deren Außenfläche 12 auch Schraubflächen umfasst. Die Bewegung des Sinterteils 2 erfolgt in diesem Fall um eine Schraubachse 22, die mit der Achse 3 zusammenfällt oder zu dieser parallel ist, beispielsweise wenn die zu verdichtende Schraubenfläche an der Außenfläche 12 des Sinterteils 2 nicht am gesamten Umfang des Sinterteils 2 angeordnet ist und dieser keinen rotationssymmetrischen Grundkörper aufweist.

[0051] Die Bewegungsrichtung des Sinterteils 2 im Matrizenwerkzeug 1 kann dabei ebenso wie die Bewegungsgeschwindigkeit zur Optimierung der Oberflächenverdichtung einen beliebigen Verlauf aufweisen und z.B. auch eine Bewegungsrichtungsumkehr, Bewegungsstillstand, sehr langsame aber auch sehr schnelle Bewegungen umfassen. Durch die Presspassung, die zwischen den Kontaktflächen 17 und den Pressflächen 18 wirksam ist, entstehen Druckspannungen, die im Wesentlichen senkrecht auf die Kontaktflächen 17 orientiert sind, durch die Bewegung des Sinterteils erfährt die Kontaktfläche 17 zusätzlich auch eine Gleitreibungsspannung in axialer Richtung bei geradliniger Bewegung oder sowohl in axialer und tangentialer Richtung bei einer Schraubbewegung. Diese auf die Kontaktflächen 17 einwirkenden Spannungen im Sinterteil 2 bewirken sowohl eine elastische als auch eine plastische Verformung des Sinterteils 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 porenaartige Hohlräume werden dadurch in ihrem Volumen reduziert und die Materialdichte in diesem Bereich erhöht.

[0052] Die Wirkung der Oberflächenverdichtung ist durch die zusätzlichen Gleitreibungsspannungen direkt an der Kontaktfläche 17 am größten und nimmt in Richtung zum Inneren des Sinterteils 2 ab. Mit Hilfe des Verfahrens können typischerweise Randschichten von Sinterteilen 2 mit einer Dicke von wenigen hundertstel Millimeter bis hinauf zu mehreren zehntel Millimeter und darüber verdichtet werden. Nach dieser Oberflächenverdichtung verbleiben im Sinterteil 2 in seinen Randschichten Druckeigenspannungen, die eine vorteilhafte Erhöhung der Biegefestigkeit und eine Erhöhung der Verschleißfestigkeit bewirken.

[0053] Vom Einfluss auf das Verfahren sind weiters die axiale Länge des Sinterteils 2 bzw. die Länge dessen Kontaktflächen 17 sowie die axialen Längen der Matrizenabschnitte 7, 8, 9. In Fig. 1 besitzen alle Matrizenabschnitte 7, 8, 9 etwa gleich große Matrizenabschnittslängen 23, die größer sind als eine Kontaktflächenlänge 24 des Sinterteils 2. Abweichend davon können einzelne oder mehrere Matrizenabschnittslängen 23, insbesondere die Matrizenabschnittslänge 23 des letzten Matrizenabschnitts 9, kürzer sein als die Kontaktflächenlänge 24 des Sinterteils 2. Es ist sogar möglich, dass die Kontaktflächenlänge 24 größer ist als die Summe aller Matrizenabschnitte 7, 8, 9.

[0054] Die für die Verfahrensdurchführung erforderliche Relativbewegung zwischen dem Sinterteil 2 und dem Matrizenwerkzeug 1 kann durch Bewegung des Sinterteils 2 und/oder durch Bewegung des Matrizenwerkzeugs 1 erfolgen, wobei der Sinterteil 2 und das Matrizenwerkzeug 1 dazu jeweils mit einem geeigneten Antrieb oder einem feststehenden Gestell verbunden sind.

[0055] Nach Abschluss des Verfahrens zur Verdichtung der Oberfläche verlässt der Sinterteil 2 den letzten Matrizenabschnitt 9 entweder durch die zweite Matrizenöffnung 11 oder nach Umkehr der Bewegungsrichtung entgegen der Pressrichtung 20 durch die erste Matrizenöffnung 6. Die während des Einpressens aufgetretenen elastischen Verformungen des Sinterteils 2 können sich dabei zumindest teilweise abbauen und der Durchmesser 13 des Sinterteils 2 steigt vom Innendurchmesser 19 des letzten Matrizenabschnitts 9 durch die elastische Rückfederung geringfügig auf den größeren Enddurchmesser 15 an, der möglichst dem Solldurchmesser des Sinterteils 2 entspricht. In Fig. 1 ist dies mit einem in gestrichelten Linien dargestellten Sinterteil 2 gezeigt, der in Pressrichtung 20 nach dem letzten Matrizenabschnitt 9 eingezeichnet ist und dessen Enddurchmesser 15 geringfügig größer ist, als der Innendurchmesser 19 des letzten Matrizenabschnitts 9.

[0056] Fig. 2 zeigt einen Querschnitt gemäß den Linien II-II in Fig. 1 durch das Matrizenwerkzeug 1 mit einem darin eingepressten Sinterteil 2. Dieser ist im dargestellten Ausführungsbeispiel nicht rotationssymmetrisch bezüglich der

Achse 3, weiters verläuft seine Kontaktfläche 17, an der die Oberflächenverdichtung stattfindet, nicht über seinen gesamten Außenumfang, d.h. dass nur ein Teil seiner Außenfläche 12 verdichtet wird. Am Matrizenwerkzeug 1 ist nicht die gesamte Wandfläche 16 an der Verdichtung beteiligt, sondern nur die Pressflächen 18, die mit den entsprechenden Kontaktflächen 17 des Sinterteils 2 kontaktieren. Man erkennt, dass im allgemeisten Fall die Verdichtung der Oberfläche nur dort stattfindet, wo eine von der Wandfläche 16 definierte Innenkontur 25 eines Matrizenabschnitts 7, 8, 9 mit einer von der Außenfläche 12 des Sinterteils 2 definierten Außenkontur 26 zusammenwirkt. Eine Kontaktfläche 17 am Sinterteil 2 kann dabei in allen Matrizenabschnitten 7, 8, 9 durch eine entsprechende Pressfläche 18 verdichtet werden, abweichend davon ist es jedoch auch möglich, dass in einzelnen oder mehreren Matrizenabschnitten 7, 8 und oder 9 nur einzelne Kontaktflächen 7 oder Teile davon verdichtet werden, indem die Pressflächen 18 in einzelnen oder mehreren Matrizenabschnitten 7, 8, 9 kleiner ausgeführt sind.

[0057] Wie in Fig. 2 zu erkennen ist, werden im Sinne der Erfindung nicht nur Durchmesser 13 betrachtet, die auch durch die Achse 3 verlaufen, sondern auch Durchmesser 13, die einer Zahndicke 27 an einer Außenverzahnung des Sinterteils 2 entsprechen. Auch in diesem Fall werden gegenüberliegende Kontaktflächen 17 des Sinterteils 2 zwischen gegenüberliegenden Pressflächen 18 eines Matrizenabschnitts 7, 8, 9 durch monoton abnehmende Innendurchmesser 19 gepresst und verdichtet.

[0058] Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1 mit vier Matrizenabschnitten 7, 8, 9, deren Innendurchmesser 19 in Pressrichtung 20 stufenweise kleiner werden. Der Übergang von einem Matrizenabschnitt 7, 8 zum daran anschließenden Matrizenabschnitt 8, 9 kann dabei als Fase 28 ausgeführt sein, oder mit einer Rundung 29 versehen sein, wobei in Pressrichtung 20 an eine konkave Rundung eine konvexe Rundung anschließen kann. Dadurch kann ein sanfter Übergang des Sinterteils 2 von einem Matrizenabschnitt 7, 8 zum nachfolgenden Matrizenabschnitt 8, 9 erfolgen, ohne dass durch eine schafkantige Stufe ein unbeabsichtigter Materialabtrag am Sinterteil 2 erfolgt oder, dass die Kanten an den Übergängen des Matrizenwerkzeugs 1 ausbrechen.

[0059] Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, das in dieser Ausführungsvariante nicht einstückig ist, sondern aus mehreren Matrizenplatten 30 zusammengesetzt ist. Abweichend von der Ausführung gemäß Fig. 3, bei der Innendurchmesser 19 innerhalb der Matrizenabschnitte 7, 8, 9 jeweils konstant sind, also durch eine Kreiszylinderfläche 31 gebildet sind, weist das Matrizenwerkzeug 1 gemäß Fig. 4 zwischen jeweils zwei Matrizenabschnitten 7 und 8, 8 und 8, oder 8 und 9 mit Kreiszylinderflächen 31 auch einen Matrizenabschnitt 8 auf, der eine Querschnittsverjüngung 32 in Pressrichtung 20 aufweist. Durch eine derartige Abfolge von Kreiszylinderflächen 31 und Querschnittsverjüngungen 32, die z.B. durch eine Kegelfläche 33, eine Pyramidenfläche 34 oder eine sonstige Verjüngungsfläche 35 gebildet ist, kann durch die, bezogen auf die axiale Länge, langsame Abnahme des Innendurchmessers 19 den Aufbau der Druckspannungen an den Kontaktflächen 17 des Sinterteils 2 langsamer und sanfter erfolgen.

[0060] Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1. Bei dieser weist ein Matrizenabschnitt 8, der zwischen zwei weiteren Matrizenabschnitten 7 und 8, oder 8 und 8, oder 8 und 9 mit Kreiszylinderflächen 31 angeordnet ist, eine Verjüngungsfläche 35 auf, die in Pressrichtung 20 einen progressiven Verlauf besitzt, d.h. die Abnahme des Innendurchmessers 19 innerhalb des Matrizenabschnitts 8 in Pressrichtung 20 stärker wird bzw. zunimmt. Die Abnahme des Innendurchmessers 19 ist im Bereich der Verjüngungsfläche 35 progressiv.

[0061] Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt aus einem Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, bei dem zwischen zwei Matrizenabschnitten 7 und 8, oder 8 und 8, oder 8 und 9 mit einer Kreiszylinderfläche 31 als Wandfläche 16 ein Matrizenabschnitt 8 mit einer Verjüngungsfläche 35 als Wandfläche 16 angeordnet ist, bei der die Abnahme des Innendurchmessers 19 in Pressrichtung geringer wird, also einen degressiven Verlauf aufweist.

[0062] Fig. 7 zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, bei dem die Innenkontur 25 der Wandfläche 16 rotationssymmetrisch bezüglich der Achse 3 ist.

[0063] Fig. 8 zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, bei dem die Innenkontur 25 der Wandfläche 16 der Matrizenabschnitte 7, 8, 9 rechteckig ausgeführt ist. Die Innenkontur 25 ist damit nur drehsymmetrisch bezüglich der Achse 3 und zur Verdichtung von Sinterteilen mit rechteckigem Querschnitt geeignet.

[0064] Fig. 9 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1 mit einer Innenkontur 25 der Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7, 8, 9 die aus einem Kreisabschnitt, einer geraden und einer Verzahnung zusammengesetzt ist. Das Verfahren zur Verdichtung der Oberfläche von Sinterteilen 2 ist somit nicht auf rotationssymmetrische oder drehsymmetrische Außenkonturen 26 von Sinterteilen 2 anwendbar, sondern auch für beliebig geformte Außenkonturen 26.

[0065] Fig. 10 zeigte eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, bei der die Innenkontur 25 der Wandflächen 16 der Matrizenabschnitte 7, 8, 9 eine Innenverzahnung 36 bilden, mit der die Außenflächen 12 eines Zahnrads verdichtet werden können.

[0066] Die Innenkontur 25 kann dabei geradlinig in Richtung der Achse 3 verlaufen, wodurch das Matrizenwerkzeug 1 zur Oberflächenverdichtung von gerade verzahnten Zahnrädern geeignet ist, setzt sich die Innenkontur 25 in das Werkzeuginnere jedoch nicht geradlinig, sondern mit einer zusätzlichen Schraubbewegung in Drehrichtung 21 fort,

können mit dem Matrizenwerkzeug 1 Zahnräder mit Schrägverzahnung oberflächenverdichtet werden. Ebenso können beispielsweise auch die Wandflächen 16 bei Innenkonturen 25 der Wandflächen 16, gemäß den Ausführungsbeispielen Fig. 8 und Fig. 9, einer Schraubbewegung folgen, und die als Schraubflächen geformten Wandflächen 16 des Matrizenwerkzeug 1 entsprechend als damit zusammenwirkende Schraubflächen geformte Kontaktflächen 17 eines axial verdrehten, schraubenförmigen Sinterteils 2 verdichten.

[0067] Fig. 11 zeigt einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, das nur eine erste Matrizenöffnung 6 aufweist und ein Sinterteil 2 deshalb nach Erreichen des letzten Matrizenabschnitts 9 wieder durch die erste Matrizenöffnung 6 aus dem Matrizenwerkzeug 1 entnommen wird. Die Pressflächen 18 der einzelnen Matrizenabschnitte 7 gehen bei dieser Ausführungsform mit linear abnehmendem Innendurchmesser 19 stufenlos ineinander über. Die einzelnen Matrizenabschnitte 7 verschmelzen dadurch gewissermaßen zu einem einzigen großen Matrizenabschnitt. Diese Ausführungsform des Matrizenwerkzeug 1 kann auch dazu benutzt werden, den Enddurchmesser 15 des Sinterteils 2 dadurch zu beeinflussen, indem der Sinterteil 2 mit unterschiedlicher Eintauchtiefe 37 in das Matrizenwerkzeug 1 eingebracht wird. Mit dieser Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1 können insbesondere Sinterteile 2 oberflächenverdichtet werden, bei denen nicht die Einhaltung eines bestimmten Enddurchmessers 15 im Vordergrund steht, sondern das Maß der Oberflächenverdichtung. Wird für die Bewegung des Sinterteils 2 in Pressrichtung 20 beispielsweise immer eine konstante Maximalkraft aufgewendet, wird dadurch auch bei schwankenden Rohdurchmessern 14 von Sinterteilen 2 jeweils etwa die gleiche Oberflächenverdichtung erzielt.

[0068] Fig. 12 zeigt einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform des Matrizenwerkzeugs 1, bei dem die einzelnen Matrizenabschnitte 7, 8, 9 ebenfalls zu einem einzigen Matrizenabschnitt verschmolzen sind. Dessen Wandfläche 16 bzw. die Pressfläche 18 ist dabei durch eine allgemeine Verjüngungsfläche 35 gebildet, deren Innendurchmesser 19 in Pressrichtung 20 degressiv abnimmt und mit einer Kreiszylinderfläche 31 im Bereich der zweiten Matrizenöffnung 11 ausläuft.

[0069] Fig. 13 zeigt die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem zwei Sinterteile 2 mit Hilfe eines gegen eine Stirnfläche 38 eines Sinterteils 2 drückenden Druckelements 39, z.B. eines Pressstempels in Pressrichtung 20 durch das Matrizenwerkzeug 1 gedrückt werden. Zwischen den beiden Sinterteilen 2 ist dabei ein druckfestes Distanzelement 56 angeordnet. Das Druckelement 39 ist dazu mit einer geeigneten Antriebsvorrichtung 40, beispielsweise mit einer Hydraulikpresse, einer Pneumatikpresse, einer mechanischen Presse usw. verbunden.

[0070] Fig. 14 zeigt die Durchführung des Verfahrens, bei dem ein Sinterteil 2 in Pressrichtung 20 durch das Matrizenwerkzeug 1 gezogen wird. Dazu ist im Sinterteil 2 ein Zugelement 41 mit einer geeigneten Verankerung 42 befestigt, z.B. durch Einschrauben des Zugelements 41, das wiederum mit einer geeigneten Antriebsvorrichtung 40 verbunden ist.

[0071] Die Durchführung des Verfahrens mit Durchdrücken des Sinterteils 2 durch das Matrizenwerkzeug 1 empfiehlt sich insbesondere bei Sinterteilen 2, deren axiale Länge, insbesondere die Kontaktflächenlänge 24, klein ist, gegenüber dem Durchmesser 13, während sich die Verfahrensvariante mit dem Ziehen des Sinterteils 2 durch das Matrizenwerkzeug 1 für Sinterteile 2 angewendet werden kann, deren axiale Länge größer ist, als der Durchmesser 13 seines Querschnitts.

[0072] Fig. 15 zeigt eine weitere Variante des Verfahrens zur Oberflächenverdichtung, bei der der Sinterteil 2 während des gesamten Verdichtungsvorgangs an seinen beiden gegenüber liegenden Stirnflächen 38 zwischen zwei Druckelementen 39 mit Druckkräften 43 - durch kleine Pfeile angedeutet - beaufschlagt wird. Und zwar sowohl bei einer Bewegung in Pressrichtung 20, als auch bei einer Bewegung in eine Gegenrichtung 44 - durch einen strichlierten Pfeil angedeutet. Bei dieser Verfahrensvariante kann auch bei scheibenförmigen Sinterteilen 2 mit geringer axialer Länge eine Bewegungsrichtungsumkehr ausgeführt werden, beispielsweise um eine Zwischenentlastung und einen Abbau von elastischer Verformung zu ermöglichen.

[0073] Fig. 16 zeigt ein Matrizenwerkzeug 45, das ein Matrizenwerkzeug 1, einen zusätzlichen Einführabschnitt 46, der in Pressrichtung 20 betrachtet vor der ersten Matrizenöffnung 6 des Matrizenwerkzeugs 1 angeordnet ist und einen zusätzlichen Kalibrierabschnitt 47 umfasst, der in Pressrichtung 20 betrachtet nach der zweiten Matrizenöffnung 11 des Matrizenwerkzeugs 1 angeordnet ist.

[0074] Der Einführabschnitt 46 ist durch eine Einführplatte 48 gebildet, die direkt an die erste Werkzeugoberfläche 5 des Matrizenwerkzeugs 1 angrenzt. In der Einführplatte 48 ist eine koaxial zum Matrizenwerkzeug angeordnete Einführöffnung 49 ausgebildet, deren Wandfläche 16 die gleiche Innenkontur 25, wie die Matrizenabschnitte 7, 8, 9 aufweisen, jedoch einen Einführdurchmesser 50 aufweist, der größer ist, als der Rohdurchmesser 14 des Sinterteils 2. Der Einführabschnitt 46 erleichtert damit das genaue und positionsgerechte Zuführen des Sinterteils 2 in den ersten Matrizenabschnitt 7 des Matrizenwerkzeugs 1.

[0075] Der Kalibrierabschnitt 47 umfasst eine an die zweite, gegenüberliegende Werkzeugoberfläche 10 anliegende Kalibrierplatte 51, die eine zum Matrizenwerkzeug 1 koaxiale Kalibrieröffnung 52 aufweist, deren Wandfläche 16 dieselbe Innenkontur 25 wie das Matrizenwerkzeug 1 aufweist, jedoch einen Kalibrierdurchmesser 53 aufweist, der dem Soll-durchmesser des Sinterteils 2 entspricht bzw. dazu kleiner ist. Nach dem letzten Matrizenabschnitt, dessen Durchmesser 19 kleiner ist als der Soll-durchmesser des fertigen Sinterteils 2, kann sich dieser im Kalibrierabschnitt 47 bis auf den Kalibrierdurchmesser 53, also den Soll-durchmesser ausdehnen, wodurch der Enddurchmesser 15 zumindest annähernd dem Soll-durchmesser entspricht. Zusätzlich kann direkt an die zweite Matrizenöffnung 11 ein Entlastungsabschnitt 54

anschließen, der einen Entlastungsdurchmesser 55 aufweist, der größer ist als der Solldurchmesser bzw. der Enddurchmesser 15 des Sinterteils 2. Dieser kann dadurch im Entlastungsabschnitt 54 seine elastische Verformung zum größten Teil abbauen, wodurch die Genauigkeit des nachfolgenden Kalibrierorgangs erhöht wird. Durch einen kleineren Kalibrierdurchmesser wird ein zusätzlicher Kneteffekt erreicht. Mithilfe der Kalibrierung ist es möglich, axiale Konizitäten, die aufgrund des Verdichtungsverfahrens möglicherweise entstehen, auszugleichen.

[0076] Die Kalibrierstufe kann in Richtung der Achse 3 eine längere sein als die Bauhöhe des Sinterteils in dieser Richtung. Weiters kann die Kalibrierstufe einen größeren Durchmesser als der letzte Matrizenabschnitt 9 aufweisen, wodurch beim Ausstoßen des Sinterteils 2 über die erste Matrizenöffnung 6 wiederum ein Kneteffekt erreicht wird.

[0077] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Matrizenwerkzeugs dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

15	1	Matrizenwerkzeug	36	Innenverzahnung
	2	Sinterteil	37	Einpresstiefe
	3	Achse	38	Stirnfläche
	4	Werkzeuggrundkörper	39	Druckelement
	5	Werkzeugoberfläche	40	Antriebsvorrichtung
20	6	Matrizenöffnung	41	Zugelement
	7	Matrizenabschnitt	42	Verankerung
	8	Matrizenabschnitt	43	Druckkraft
	9	Matrizenabschnitt	44	Gegenrichtung
25	10	Werkzeugoberfläche	45	Matrizenwerkzeug
	11	Matrizenabschnitt	46	Einführabschnitt
	12	Außenfläche	47	Kalibrierabschnitt
30	13	Durchmesser	48	Einführplatte
	14	Rohdurchmesser	49	Einführöffnung
	15	Enddurchmesser	50	Einführdurchmesser
	16	Wandfläche	51	Kalibrierplatte
35	17	Kontaktfläche	52	Kalibrieröffnung
	18	Pressfläche	53	Kalibrierdurchmesser
	19	Innendurchmesser	54	Entlastungsabschnitt
	20	Pressrichtung	55	Entlastungsdurchmesser
40	21	Drehrichtung	56	Distanzelement
	22	Schraubachse		
	23			
	24	Kontaktflächenlänge		
45	25	Innenkontur		
	26	Außenkontur		
	27	Zahndicke		
50	28	Fase		
	29	Rundung		
	30	Matrizenplatte		
	31	Kreiszylinderfläche		
55	32	Querschnittsverjüngung		
	33	Kegelfläche		
	34	Pyramidenfläche		

(fortgesetzt)

35 Verjüngungsfläche

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenverdichtung eines Sinterteils (2), bei dem ein Sinterteil (2) in einem Matrizenwerkzeug (1), das zwischen drei und sieben Matrizenabschnitte (7, 8, 9) mit in Pressrichtung (20) jeweils konstantem, stufenweise abnehmendem Innendurchmesser (19) und jeweils einer Matrizenabschnittslänge aufweist, entlang einer Achse (3) in einer Pressrichtung (20) durch die Matrizenabschnitte (7, 8, 9) von einem ersten Matrizenabschnitt (7) an einer ersten Matrizenöffnung (6) in einen letzten Matrizenabschnitt (9) bewegt wird, wobei eine Wandfläche (16) jedes Matrizenabschnittes (7, 8, 9) zumindest eine Pressfläche (18) bildet, gegen die eine von einer Außenfläche (12) des Sinterteiles (2) gebildete Kontaktfläche (17) mit einer Kontaktflächenlänge (24) gedrückt wird, und eine, in einem Querschnitt bezüglich der Achse (3) liegende, von der Pressfläche (18) definierte Innenkontur (25) zumindest annähernd einer von der Kontaktfläche (17) definierten Außenkontur (26) entspricht, wobei weiter bei der Bewegung des Sinterteils (2) von der ersten Matrizenöffnung (6) in den letzten Matrizenabschnitt (9) die Oberflächenverdichtung durch stetig ineinander übergehende Matrizenabschnitte (7, 8, 9) und monoton abnehmende, zwischen zusammenwirkenden Pressflächen (18) gemessene Innendurchmesser (19), die durch die Weite zwischen zusammenwirkenden Pressflächen definiert sind, der Matrizenabschnitte (7, 8, 9) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Übergang von einem Matrizenabschnitt (7, 8, 9) zu einem nachfolgenden Matrizenabschnitt (7, 8, 9) durch zumindest eine Rundung (29) gebildet ist, wobei in der Pressrichtung (20) an eine konkave Rundung (29) eine konvexe Rundung (29) anschließt, und dass einzelne oder mehrere Matrizenabschnittslängen kürzer sind als die Kontaktflächenlänge (24) des Sinterteils 2.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) durch eine der ersten Matrizenöffnung (6) gegenüberliegende zweite Matrizenöffnung (11) aus dem Matrizenwerkzeug (1) bewegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegung geradlinig oder in einer Schraubbewegung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegung vom Sinterteil (2) und/oder vom Matrizenwerkzeug (1) ausgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) an einer oder beiden Stirnflächen (38) durch das Matrizenwerkzeug (1) gedrückt bzw. gezogen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) während der Bewegung durch das Matrizenwerkzeug (1) zwischen zwei Druckelementen (39) weitgehend vollflächig axial druckbeaufschlagt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungsrichtung des Sinterteils (2) vor Erreichen des letzten Matrizenabschnitts (9) zumindest einmal geändert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) nach Erreichen des letzten Matrizenabschnitts (9) durch die erste Matrizenöffnung (6) aus dem Matrizenwerkzeug (1) bewegt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) im letzten Matrizenabschnitt (9) auf einen Innendurchmesser (19) komprimiert wird, der einem Sollmaß des Sinterteils (2) verringert um den Wert der aufgrund der Presskräfte bewirkten elastischen Verformung des Sinterteils (2) an diesem Innendurchmesser (19) entspricht.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) in einen vor der ersten Matrizenöffnung (6) angeordneten Einführabschnitt (46) mit einem Einföhrdurchmesser (50) eingebracht wird, der größer ist, als ein Rohdurchmesser (14) des Sinterteils (2) an seiner Außenfläche (12).
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) nach der zweiten Matrizenöffnung (11) in einen daran anschließenden Kalibrierabschnitt (47) bewegt wird, der einen Kalibriedurch-

messer (53) aufweist, der einer Sollabmessung des Sinternteils (2) an seiner Außenfläche (12) entspricht.

- 5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Sinternteile (2) mit oder ohne jeweils zwischen zwei Sinterteilen (2) angeordneten Distanzelementen (56) gleichzeitig durch das Matrizenwerkzeug (1) bewegt werden.
- 10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) bei der Verfahrensdurchführung eine Temperatur aufweist, die um 100 °C, insbesondere 200 °C, unter der Sintertemperatur liegt.
- 15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sinterteil (2) als Lagerbuchse, als Lagerschale, als Zahnrad, als Kettenrad, als Zahnriemenrad oder als Nockenelement ausgeführt ist.

Claims

- 15 1. A method of compacting the surface of a sintered part (2) in which a sintered part (2) is moved along an axis (3) in a pressing direction (20) in a die (1), which has between three and seven die portions (7, 8, 9) each with a constant internal diameter (19) decreasing in steps and each with a die portion length, through the die portions (7, 8, 9) from a first die portion (7) at a first die orifice (6) into a last die portion (9), with a wall surface (16) of each die portion (7, 8, 9) forming at least one pressing surface (18) against which a contact surface (17) having a contact surface length (24) formed by an external surface (12) of the sintered part (2) is pressed, and an internal contour (25) lying in a cross-section with respect to the axis (3) and defined by the pressing surface (18) corresponds at least approximately to an external contour (26) defined by the contact surface (17), and furthermore as the sintered part (2) is moved from the first die orifice (6) into the last die portion (9), a surface compaction takes place due to die portions (7, 8, 9) which merge continuously into one another and due to monotonously decreasing internal diameters (19) of the die portions (7, 8, 9) as measured between co-operating pressing surfaces (18) defined by the width between co-operating pressing surfaces, **characterized in that** the transition from one die portion (7, 8, 9) to a subsequent die portion (7, 8, 9) is formed by at least one rounded region (29), a convex rounded region (29) adjoining a concave rounded region (29) in the pressing direction (20), and individual die portion lengths or several thereof are shorter than the contact surface length (24) of the sintered part (2).
- 20 2. Method according to claim 1, **characterized in that** the sintered part (2) is removed from the die (1) through a second die orifice (11) lying opposite the first die orifice (6).
- 25 3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the movement is effected in a straight line or is a screwing movement.
- 30 4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the movement is effected by the sintered part (2) and/or by the die (1).
- 35 5. Method according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the sintered part (2) is pushed or pulled through the die (1) from one or both end faces (38).
- 40 6. Method according to one of claims 2 to 5, **characterized in that** pressure is axially applied to the sintered part (2) substantially across the full surface between two pressing elements (39) during the movement through the die (1).
- 45 7. Method according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the direction of movement of the sintered part (2) is changed at least once before reaching the last die portion (9).
- 50 8. Method according to one of claims 1 or 3 to 7, **characterized in that** the sintered part (2) is removed from the die (1) through the first die orifice (6) once the last die portion (9) has been reached.
- 55 9. Method according to one of claims 1 to 8, **characterized in that** the sintered part (2) is compressed in the last die portion (9) to have an internal diameter (19) which corresponds to a desired size of the sintered part (2) reduced by the value of the elastic deformation of the sintered part (2) caused by the pressing forces at this internal diameter (19).
- 60 10. Method according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** the sintered part (2) is introduced into an inlet portion (46) disposed upstream of the first die orifice (6) with an inlet diameter (50) which is bigger than a non-

processed diameter (14) of the sintered part (2) at its external surface (12).

- 5 11. Method according to one of claims 2 to 10, **characterized in that** downstream of the second die orifice (11), the sintered part (2) is moved into a calibration portion (47) adjoining the latter, which calibration portion (47) has a calibrating diameter (53) corresponding to a desired dimension of the sintered part (2) at its external surface (12).
- 10 12. Method according to one of claims 2 to 11, **characterized in that** a plurality of sintered parts (2) with or without spacer elements (56) each disposed between two sintered parts (2) are moved through the die (1) simultaneously.
- 15 13. Method according to one of claims 1 to 12, **characterized in that** the sintered part, whilst implementing the method, is at a temperature between about 100° C, in particular 200° C, below the sintering temperature.
14. Method according to one of claims 1 to 13, **characterized in that** the sintered part (2) is embodied to be a bearing bush, bearing shell, gear, chain wheel, sprocket wheel or cam element.

Revendications

- 20 1. Procédé pour le compactage de la surface d'une pièce frittée (2), dans lequel une pièce frittée (2) est déplacée dans un outil à matricer (1) qui comprend entre trois et sept segments de matrice (7, 8, 9) ayant un diamètre intérieur (19) respectivement constant et diminuant en gradins dans la direction de compression et respectivement une longueur de segment de matrice, à travers les segments de matrice (7, 8, 9) le long d'un axe (3) dans une direction de compression (20) à partir d'un premier segment de matrice (7) au niveau d'une première ouverture de matrice (6) vers un dernier segment de matrice (9), une surface de paroi (16) de chaque segment de matrice (7, 8, 9) formant au moins une surface de compression (18), contre laquelle est poussée une surface de contact (17) ayant une longueur de surface de contact (24) formée par une surface extérieure (12) de la pièce frittée (2), et un contour intérieur (25) situé dans une section transversale par rapport à l'axe (3) et défini par la surface de compression (18) correspondant au moins à peu près à un contour extérieur (26) défini par la surface de contact (17), en outre, la surface étant compactée, pendant le mouvement de la pièce frittée (2) à partir de la première ouverture de matrice (6) vers le dernier segment de matrice (9), sous l'effet des segments de matrice (7, 8, 9) s'engageant en permanence l'un dans l'autre et sous l'effet de la diminution monotone des diamètres intérieurs (19) des segments de matrice (7, 8, 9), lesquels sont mesurés entre les surfaces de compression (18) coopérantes et sont définis par la largeur entre les surfaces de compression coopérantes, **caractérisé en ce que** la transition entre un segment de matrice (7, 8, 9) et un segment de matrice (7, 8, 9) suivant est formée par au moins un arrondi (29), un arrondi convexe faisant suite à un arrondi concave, dans la direction de compression (20) et **en ce que** certaines ou plusieurs longueurs de segment de matrice sont plus courtes que la longueur de surface de contact (24) de la pièce frittée (2).
- 30 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2) est déplacée hors de l'outil à matricer (1) à travers une deuxième ouverture de matrice (11) opposée à la première ouverture de matrice (6).
- 35 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le mouvement est un mouvement rectiligne ou un mouvement hélicoïdal.
- 40 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le mouvement est effectué par la pièce frittée (2) et/ou par l'outil à matricer (1).
- 45 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2) est poussée ou tirée à travers l'outil à matricer (1) sur une ou deux faces frontales (38).
- 50 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2), pendant le déplacement à travers l'outil à matricer (1), est sollicitée en pression axialement en grande partie sur toute la surface entre deux éléments de pression (39).
- 55 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le sens de déplacement de la pièce frittée (2) est modifié au moins une fois avant que celle-ci atteigne le dernier segment de matrice (9).
8. Procédé selon les revendications 1 ou 3 à 7, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2), après avoir atteint le dernier segment de matrice (9), est déplacée hors de l'outil à matricer (1) à travers la première ouverture de matrice (6).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2) est comprimée dans le dernier segment de matrice (9) à un diamètre intérieur (19) qui correspond à une valeur de consigne de la pièce frittée (2) moins la valeur de la déformation élastique de la pièce frittée (2), due aux forces de compression, au niveau de ce diamètre intérieur (19).
- 5
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2) est introduite dans une partie d'introduction (46), disposée en amont de la première ouverture de matrice (6), avec un diamètre d'introduction (50) supérieur à un diamètre brut (14) de la pièce frittée (2) sur sa surface extérieure (12).
- 10
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 10, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2), en aval de la deuxième ouverture de matrice (11), est déplacée dans une partie de calibrage (47) qui est consécutive à celle-ci et possède un diamètre de calibrage (53) qui correspond à une dimension de consigne de la pièce frittée (2) sur sa surface extérieure (12).
- 15
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces frittées (2) avec ou sans écartereurs (56) disposés respectivement entre deux pièces frittées (2) sont déplacées simultanément à travers l'outil à matricer (1).
- 20
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** pendant la mise en oeuvre du procédé, la pièce frittée (2) a une température située à 100°C, en particulier 200°C en dessous de la température de frittage.
- 25
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** la pièce frittée (2) est réalisée sous la forme d'un coussinet, d'une coquille de coussinet, d'une roue dentée, d'une roue à chaîne, d'une roue à courroie dentée ou d'une came.

30

35

40

45

50

55

Fig.1

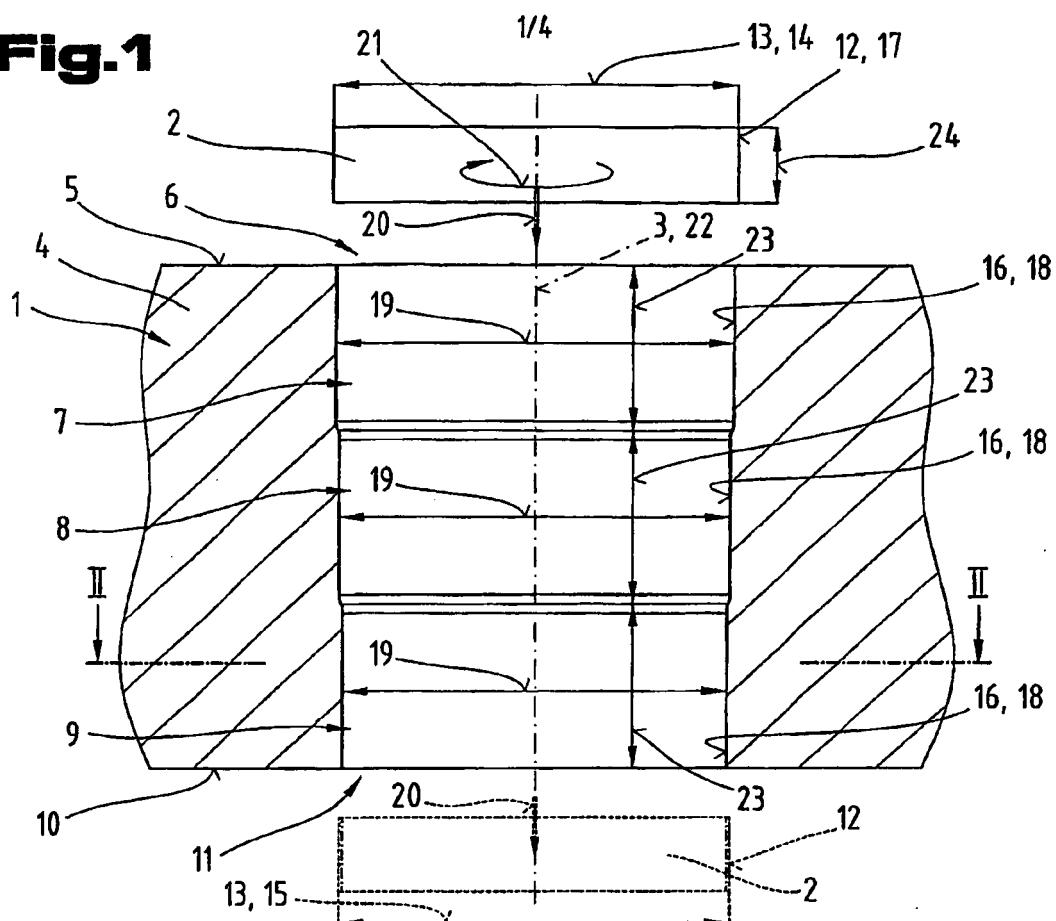


Fig.2

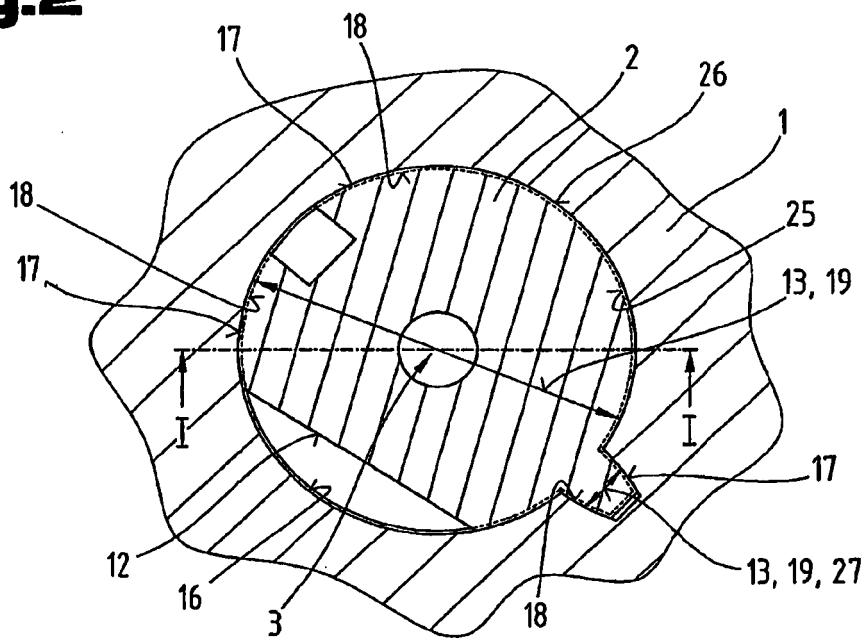
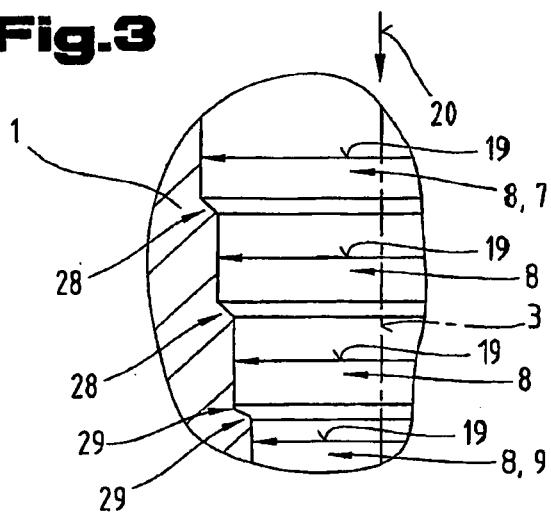
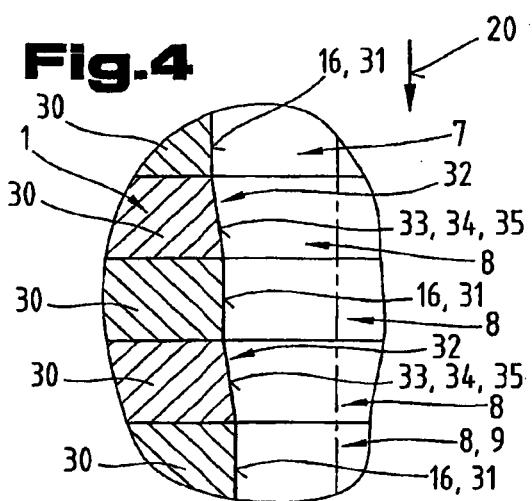
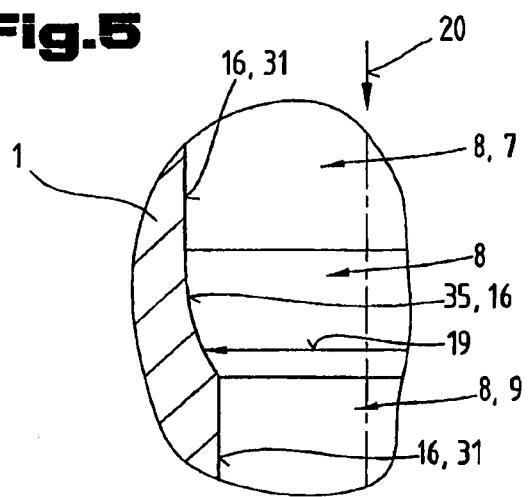
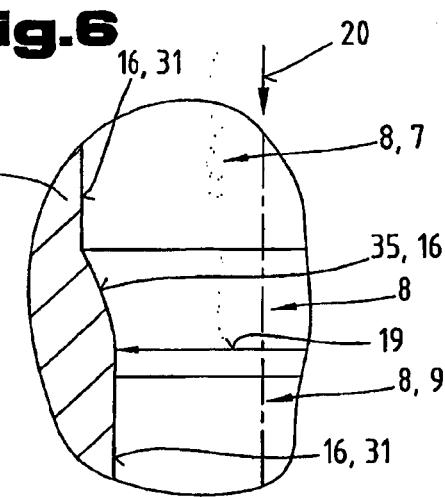
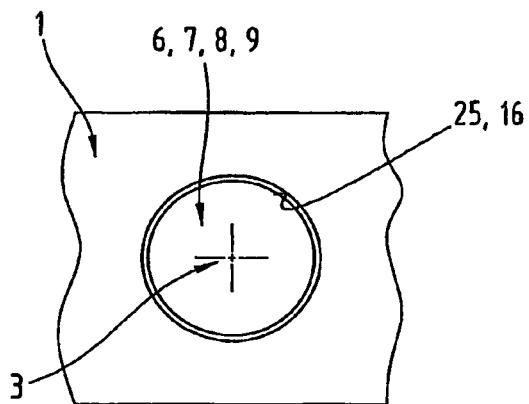
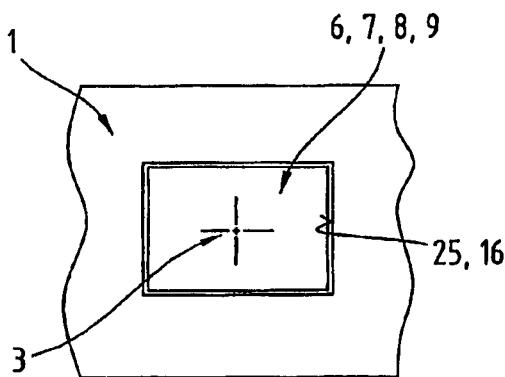


Fig.3**Fig.4****Fig.5****Fig.6****Fig.7****Fig.8**

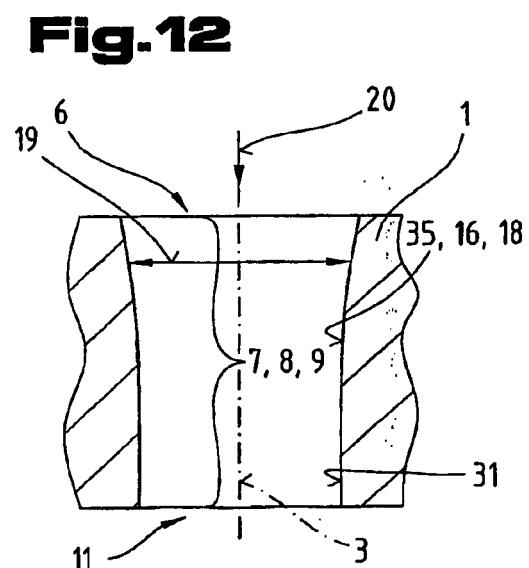
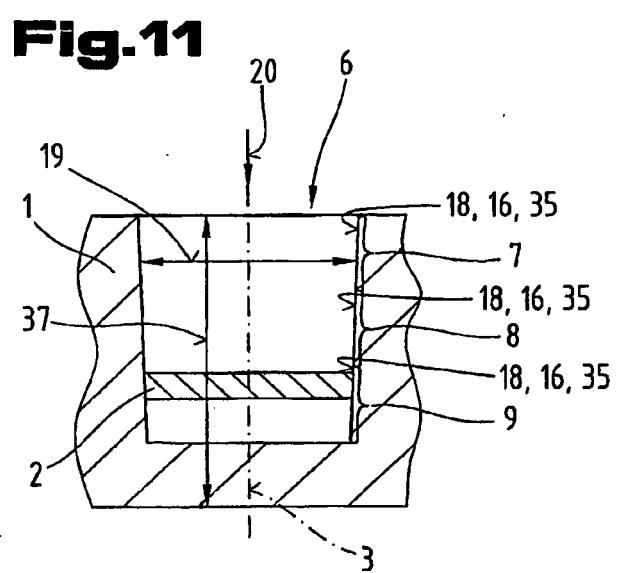
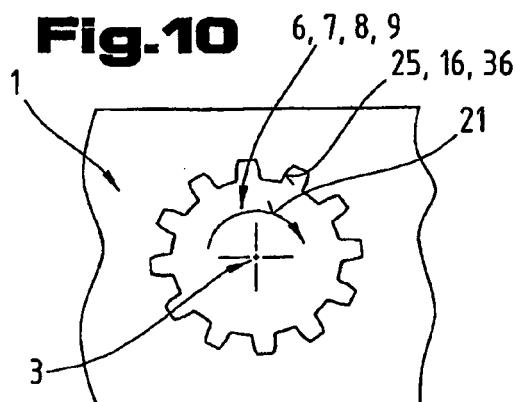
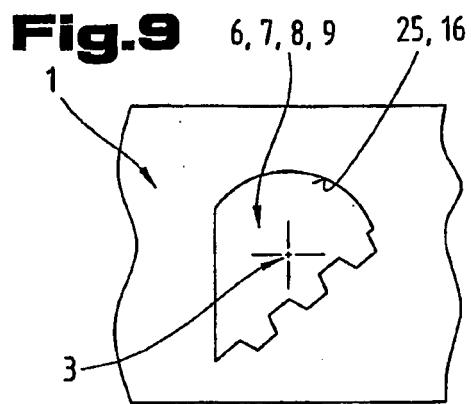
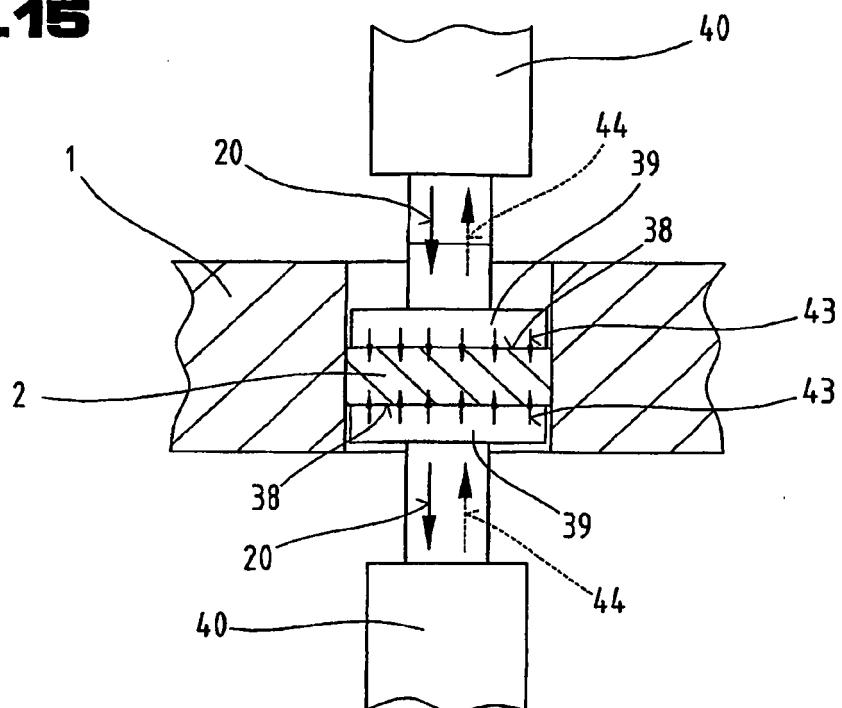
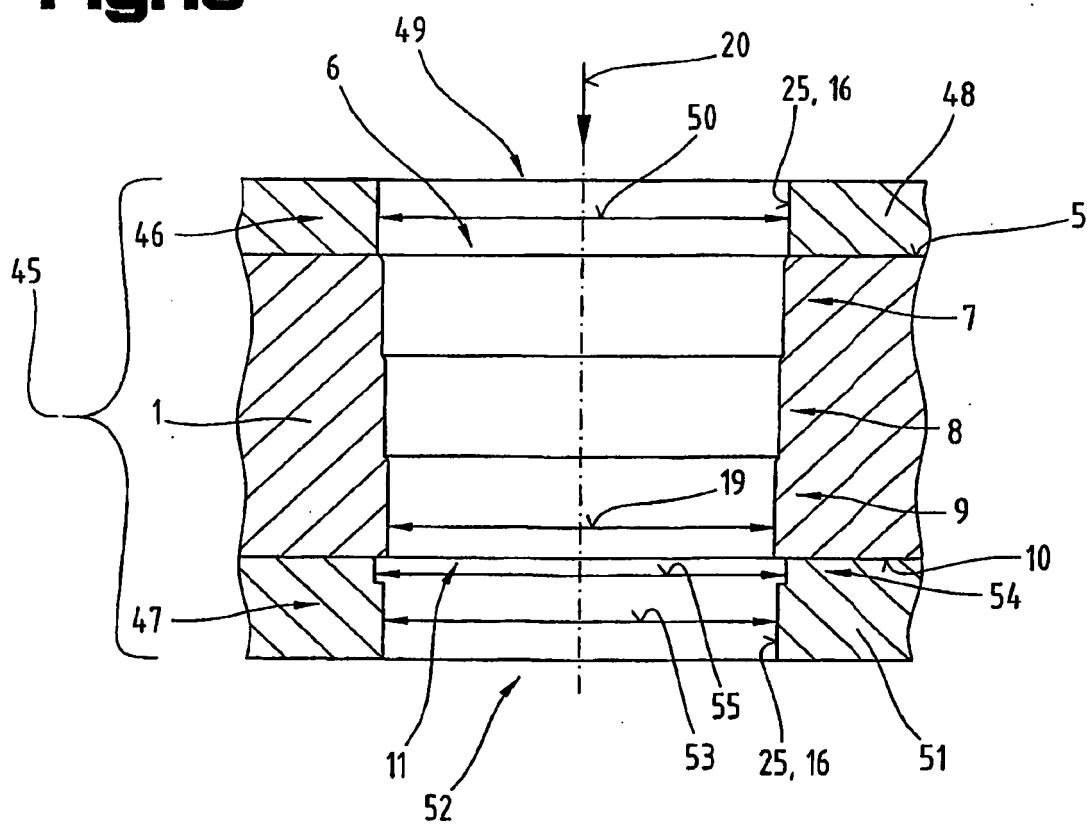
**Fig.13**

Fig.14

17

Fig.15**Fig.16**

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6168754 B1 [0003]
- GB 2275054 A [0005]
- US 2957232 A [0006]
- US 2306263 A [0007]
- WO 03020460 A2 [0008]