



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 249 652 A5

4(51) B 22 F 3/24

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 22 F / 294 643 3
(31) P3536154.9

(22) 24.09.86
(32) 10.10.85

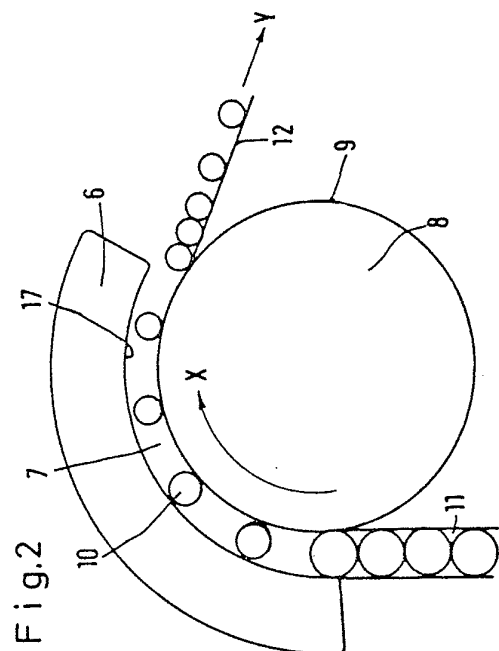
(44) 16.09.87
(33) DE

(71) siehe (73)
(72) Beiss, Paul, Dr.Ing.; Neumaier, Hanns, DE
(73) Sintermetallwerk Krebsöge GmbH, 5608 Radevormwald 1, Postfach 5100, DE

(54) Vorrichtung zum plastischen Stauchen poröser rotationssymmetrischer Sintermetallteile

(55) Vorrichtung, Pulvermetallurgie, Sintermetallteile (rotationssymmetrisch), Verdichten, Kalibrieren, Preßwerkzeug, Hinterschneidungen, Profilierungen, Höhentoleranzen, radiale Umformung.

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Stauchen poröser rotationssymmetrischer Sintermetallteile, wobei die Umformung bei hoher Wirtschaftlichkeit kontinuierlich erfolgt. Im Gegensatz zum Stand der Technik können bei der Erfindung poröse Sintermetallteile im Durchlaufverfahren auch mit Hinterschneidungen oder sonstigen oberflächennahen Profilierungen bzw. Einformungen versehen werden. Das Wesen der Erfindung besteht in einem radialen Umformvorgang, wobei die vorschlagsgemäße Lösung zum plastischen Verdichten des porösen Sintermetallteils 10 mindestens einen in Durchlaufrichtung sich verjüngenden formgebenden Arbeitsspalt 7 aufweist, der durch ein feststehendes konkaves 6 und ein angetriebenes konvexes Werkzeugteil 8 gebildet wird. Fig. 2



Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Stauchen poröser rotationssymmetrischer Sintermetallteile, mit Werkzeugen zum plastischen Verdichten einer oder mehrerer poröser Sintermetallteile, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung zum plastischen Verdichten der porösen Sintermetallteile (10) mit mindestens einem sich in Durchlaufrichtung verjüngenden, formgebenden Arbeitsspalt (7) versehen ist, der durch wenigstens ein vorzugsweise feststehendes konkaves Werkzeugteil (6) und mindestens ein diesem Werkzeugteil (6) zugeordnetes motorisch angetriebenes konvexes Werkzeugteil (8) gebildet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Arbeitsspalt (7) Rillen (14 bzw. 14) zugeordnet sind, die in den betreffenden Werkzeugteilen (6 bzw. 8) angeordnet sind; derart, daß der Rillengrund die radial wirkenden Umformungskräfte ausübt und die Rillenhänge die axiale Größenzunahme verhindern.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Werkzeugteile (6, 8) zur Erzielung einer höchstmöglichen Genauigkeit aus geschichteten, miteinander einstückig verbundenen Platten bestehen, die getrennt voneinander fertig bearbeitet und anschließend zu den Werkzeugteilen (6, 8) vereinigt werden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die porösen Sintermetallkörper (10) nur auf einer Seite axial zur Begrenzung der Höhenzunahme durch Rillen im Arbeitsspalt (7 bis 14) geführt und abgestützt sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Höhe und/oder Breite des Arbeitsspalt (7) zwischen den Werkzeugteilen (6, 8) vom Einlauf an in Durchlaufrichtung (X) allmählich, stetig, abnimmt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5 zum Einprägen oder Einformen von Verzahnungen in rotationssymmetrische poröse Sintermetallteile, **dadurch gekennzeichnet**, daß die radiale Ausdehnung der Zähne des feststehenden konkaven Werkzeugteils (6) und die radiale Ausdehnung der Zähne des angetriebenen konvexen Werkzeugteils (8) vom Einlauf in den Arbeitsspalt (7) zum Auslauf des Arbeitsspalt (7) hin kontinuierlich auf die geforderte Endabmessung zunehmen und daß die porösen Sintermetallteile (10) nur in vorbestimmten Winkelpositionen des angetriebenen konvexen Werkzeugteils (8) in den Arbeitsspalt (7) einführbar sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 und/oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der in Durchlaufrichtung (X) sich radial verjüngende formgebende Arbeitsspalt (7) nach Ausformung der Endabmessungen des porösen Sintermetallteils (10) soweit ohne weitere radiale Verjüngung verlängert ist, daß sich das in Rotation befindliche poröse Sintermetallteil (10) um mindestens eine zusätzliche Umdrehung ohne nennenswerte Radialumformung im Arbeitsspalt (7) abrollt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die porösen Sintermetallteile (10) im Arbeitsspalt (7) durch mindestens ein Element, insbesondere einen Dorn (16) zur Verhinderung einer Relativ-, insbesondere einer Taumelbewegung geführt sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem oder mehreren der folgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Arbeitsspalt (7) an seinem Einlauf (11) und/oder an seinem Auslauf (12) mindestens durch je eine radiale und/oder in Durchlaufrichtung (X) gerichtete Abrundung so geformt ist, daß er nach außen hin sich jeweils allmählich öffnet.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Stauchen poröser rotationssymmetrischer Sintermetallteile mit Werkzeugen zum plastischen Verdichten einer oder mehrerer poröser Sintermetallteile und wird vorzugsweise in der Pulvermetallurgie eingesetzt.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Üblicherweise werden poröse Sintermetallteile nach dem Sintern in geschlossenen nicht hinterschnittenen Werkzeugen, die im wesentlichen aus Unterstempel, Matrize und gegebenenfalls einem Dorn oder mehreren Dornen sowie Überstempel gebildet werden, axial um einige Prozent Höhenabnahme gestaucht. Diese Verfahrensweise wird in der Pulvermetallurgie „Kalibrieren“ genannt. Beim Kalibrieren legt sich der Werkstoff des Sintermetallteils durch plastische Verformung an die formgebenden Werkzeugflächen an. Neben erhöhter Präzision in radialer Richtung erreicht man auf diese Weise eine Dichtesteigerung, die mit einer Verbesserung der mechanischen Festigkeit verbunden ist. Wird bei Raumtemperatur kalibriert, steigt die Festigkeit zusätzlich durch Kaltverfestigung. Nach diesem Verfahren werden gegenwärtig etwa 85% der porösen Sintermetallteile in Europa gefertigt. Für die restlichen Produkte ist ein Kalibrierarbeitsgang, z. B. aus maßlichen Gründen, nicht erforderlich. Die herkömmlichen Verfahren besitzen im wesentlichen folgende Nachteile:

- Zur Herstellung eines Sintermetallteils wird die Höhlung eines geeigneten formgebenden Werkzeuges mit rieselfähigem Metallpulver und gegebenenfalls erforderlichen nichtmetallischen Beimengungen locker gefüllt. Das Pulver verteilt sich dabei nicht völlig gleichmäßig in der Werkzeughöhlung, sondern bildet Gebiete erhöhter Dichte bei weitem Abstand zwischen den Werkzeugwandungen. Unterschreitet der Abstand zwischen den Werkzeugwandungen einen Wert von ungefähr 5 mm, so behindern sich die einzelnen Partikel des Pulvers wegen der Reibung an den Werkzeugwänden gegenseitig beim Einrieseln und hinterlassen dort Bereiche geringer Dichte. Der Dichteabfall wird umso schwerwiegender, je näher die Werkzeugwandungen einander benachbart sind. Spalte von weniger als 1 mm Breite lassen sich mit herkömmlichen Methoden kaum noch füllen. Sintermetallteile mit filigranartigen Konturen haben aufgrund dieses Effektes in ihren engsten Querschnitten die geringste Dichte. Nachteilig macht sich dies besonders bei Zahnrädern bemerkbar, bei denen die kraftübertragenden Zähne wegen geringer Dichte auch geringere Festigkeit als der Zahnradgrundkörper aufweisen.
- Das Kalibrieren des Sintermetallteils ist ein diskontinuierlicher Arbeitsgang, der einerseits durch eine verhältnismäßig geringe Produktivität gekennzeichnet ist und andererseits meist teure Spezialmaschinen und -werkzeuge erfordert.
- In radialer Ausdehnung erreicht man sehr genaue Toleranzen beim konventionellen Kalibrieren, und zwar etwa IT5 bis IT8, während in axialer Ausdehnung kaum Toleranzen von besser als 0,5% erzielbar sind.
- Wegen der Notwendigkeit, das Sintermetallteil axial aus dem herkömmlichen Pulverpreßwerkzeug auszuformen, können keine Hinterschnidungen, z. B. in Form von Qerrillen oder -nuten, mitgepreßt werden. Solche Konturen müssen durch spanende Nachbearbeitung gefertigt werden, was nachteilig ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Lösung anzugeben, mit der die Anwendung der Pulvermetallurgie-Technik erweitert und gleichzeitig die Produktivität dieser Verfahren wesentlich gesteigert werden kann.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu entwickeln, die eine erhebliche Verbesserung der Formgebungsmöglichkeiten für rotationssymmetrische Sintermetallteile gewährleistet. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Vorrichtung zum plastischen Verdichten der porösen Sintermetallteile mit mindestens einem sich in Durchlaufrichtung verjüngenden, formgebenden Arbeitsspalt versehen ist, der durch wenigstens ein vorzugsweise feststehendes konkaves Werkzeugteil und mindestens ein diesem Werkzeugteil zugeordnetes motorisch angetriebenes konvexes Werkzeugteil gebildet ist.

Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Ansprüchen wiedergegeben.

Im Gegensatz zu porenfreien metallischen Werkstoffen gilt für poröse Sintermetallteile nicht das Gesetz der Volumenkonstanz in umformenden Arbeitsgängen. Daraus ergibt sich eine bevorzugte, zur Zeit nicht rechnerisch vorherbestimmbare Formänderung in Richtung der Hauptnormalspannung, wobei der Werkstoff überwiegend in den vorhandenen Porenraum verdrängt wird. Deshalb sind mit Änderungen des äußeren Durchmessers nicht zwingend Höhenänderungen verbunden, was bei porenfreien verformbaren Metallteilen unumgänglich ist. Aus diesem Grund können bei zweckentsprechender Ausgestaltung der Umformwerkzeuge sehr viel genauere Höhentoleranzen als beim herkömmlichen Kalibrieren von porösen Sintermetallteilen eingehalten werden.

Werden poröse Sintermetallteile auf konventionelle Art und Weise kalibriert, kommt es zu einer bevorzugten Verdichtung und Kaltverfestigung der Stirnflächen, was sich — ähnlich wie beim Pulverpressen — aus der axialen Reibung des umzuförmenden Teils an den Werkzeugwandungen erklärt. Da es sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren um einen im wesentlichen radialen Umformvorgang handelt, tritt die Verdichtung und Kaltverfestigung nicht so sehr an den Stirnflächen als viel mehr am Außenumfang auf. Dies macht sich besonders vorteilhaft bei filigranen abwälzbaren Konturen zur Übertragung von Umfangskräften bemerkbar, z. B. an Zahnrädern.

Wegen des kontinuierlichen Charakters des erfindungsgemäßen Verfahrens sind keine Bewegungsumkehrungen wie bei axial bewegten Werkzeugen erforderlich. Gemessen an normalen Pressen zum Kalibrieren poröser Sintermetallteile läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren extrem schnell durchführen, so daß Durchsatzsteigerungen um mehr als den Faktor 10 erzielt werden.

Bedingt durch die radiale Ausübung der Umformkräfte ist es ohne Probleme möglich, Hinterschnidungen des Außenumfanges zu formen, z. B. Nuten, Rillen, Rifferlungen, Zähne oder dergleichen.

Die erfindungsgemäße vorgeschlagene Vorrichtung bedingt eine relativ einfache Konstruktion, um rotationssymmetrische Körper nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiten zu können. Zum Beispiel genügt bei einer beispielsweise Anwendung ein sektorenförmig gebogenes, konkaves Werkzeugteil, zu dem mit Spaltabstand ein angetriebenes, walzenförmiges Werkzeugteil von kreisrunder Querschnittsform angeordnet ist, dessen Mantelfläche die Gegenfläche für das konkave Werkzeugteil bildet, so daß sich die rotationssymmetrischen Körper in der beschriebenen Art und Weise bearbeiten lassen.

In manchen Fällen kann es vorteilhaft sein, das Verfahren bei erhöhter Temperatur durchzuführen. Die jeweilige angewendete Temperatur ist werkstoffabhängig und empirisch zu ermitteln. So wird man z. B. für Werkstoffe auf Eisenbasis bevorzugt Temperaturen im Bereich der Umwandlungsplastizität bei der α - γ -Umwandlung anstreben, die je nach chemischer Zusammensetzung des Stahls zwischen 723°C und 911°C einsetzt. Für Bronzeteile haben sich Temperaturen unterhalb 600°C bewährt, während für Aluminium Temperaturen zwischen 450°C und 400°C optimal erscheinen.

Die Umformung kann unter Schutzgas erfolgen. Dadurch wird die Oxidation der porösen Sintermetallteile weitestgehend verhindert. Bei den genannten Temperaturen bilden sich auf Stahl in Luft nämlich bereits meßbare Zunderschichten, die nicht nur eine optische Beeinträchtigung darstellen, sondern auch eine narbige, meist nicht vertretbare Oberflächenstruktur nach der radialen Stauchung hinterlassen.

In Patentanspruch 2 ist eine vorteilhafte Ausführungsform beschrieben, bei welcher mit Hinterschneidungen, beispielsweise mit Rillen versehene Körper kalibriert werden können.

Bei der Ausführungsform nach Patentanspruch 3 werden die Platten separat voneinander fertigbearbeitet, um eine ausreichende geometrische Genauigkeit des Arbeitsspalt und besonders des Rillengrundes zu erzielen.

Die Ausführungsform nach den Patentansprüchen 4 bis 9 besitzen unter anderem folgende Vorteile:

An manchen Teilen werden einseitige Einkerbungen, Nuten oder sonstige axial hinterschnittene Konturen verlangt, die mit der herkömmlichen pulvermetallurgischen Fertigungstechnik ohne spanende Nacharbeit nicht zu erzielen sind. Hier genügt es meist, ein einziges Abstandsmaß zur Hinterschneidung einzuhalten, während das freie Ende des porösen Sintermetallteils in seiner axialen Ausdehnung für die Funktion ohne Bedeutung ist. Durch die axiale Begrenzung der Höhenzunahme an nur einer Seite des porösen Sintermetallteils erleichtert und verbilligt man die Werkzeugherstellung in den genannten Fällen.

Es hat sich gezeigt, daß eine abrupte Verformung innerhalb eines kurzen Abrollweges des porösen Sintermetallteils im Arbeitsspalt zur Zerstörung des Teils führt. Als vorteilhaft erwies sich dagegen eine allmähliche, stetige Abnahme des Arbeitsspalt vom Einlauf an in Durchlaufrichtung zum Auslauf hin. Dabei können auch Höhenverringerungen vorgenommen werden, indem die Höhe der Rillen im feststehenden konkaven Werkzeugteil kontinuierlich in Durchlaufrichtung abnimmt.

In ähnliche Richtung zielt Patentanspruch 5. Enthalten beide Werkzeugteile ein voll ausgebildetes Zahnprofil im Grund der Rillen mit Zähnen gleicher Breite, gleicher Höhe und gleichen Profils, so ist beim Einführen eines Werkstückes in Form eines rotationssymmetrischen porösen Sintermetallteils das Grundgesetz der Verzahnung nicht erfüllt, da in einem sich verjüngenden Arbeitsspalt die Bedingung konstanten Abstandes der Rotationsmittelpunkte (Achsabstand) nie erfüllt werden kann. Deshalb werden die Flanken einer auf dem Umfang des porösen Sintermetallteils eingepprägten Verzahnung während des Abrollens im sich verjüngenden Arbeitsspalt beschädigt, und der Zahnkopf reißt bei weniger duktilen Werkstoffen auf. Diese Schwierigkeiten lassen sich mit der Werkzeugkonstruktion und der positionierten Zuführung der porösen rotationssymmetrischen Sintermetallteile in den Arbeitsspalt nach Patentanspruch 5 umgehen.

Solange das poröse rotationssymmetrische Sintermetallteil noch in einem sich verjüngenden Arbeitsspalt abrollt, erfährt es auch noch radiale plastische Stauchung. Endet der sich verjüngende Arbeitsspalt mit Erreichen der Endabmessung, so hat der zuletzt im Eingriff befindliche Durchmesser ein geringfügig kleineres Maß als der zuvor umgeformte Durchmesser. Im Ergebnis erhält man am Außendurchmesser des Sintermetallteils einen Rundlauffehler, der für Präzisionsteile nicht zugelassen wird. Durch eine Ausgestaltung der Werkzeugteile nach Patentanspruch 7 korrigiert man diese Rundlauffehler bis auf die elastische Rückfederung.

Je nach Geometrie des Sintermetallteils reicht die Selbstzentrierung beim Einlaufen in den Arbeitsspalt nicht aus. Es kommt zum unkontrollierten Ausweichen, z. B. zu Taumelbewegungen, wodurch das poröse Sintermetallteil im Lauf der Umformung zerstört werden kann. Hier haben sich bewegungsstabilisierende Hilfseinrichtungen nach Patentanspruch 8 bewährt.

Durch die Vorrichtung nach Patentanspruch 1 werden qualitätsmindernde Abdrücke der Werkzeugkanten auf dem Umfang des porösen rotationssymmetrischen Sintermetallteils vermieden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: einen Axialschnitt durch ein Kalibrierwerkzeug, wie es üblicherweise zum herkömmlichen axialen Kalibrieren poröser Sintermetallteile verwendet wird;

Fig. 2: eine Teildraufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung;

Fig. 3: eine weitere Ausführungsform, in ausschnittweiser Darstellung;

Fig. 4: eine weitere Ausführungsform der Erfindung, ebenfalls in ausschnittweiser Darstellung;

Fig. 5 bis 9: einige poröse Körper aus Sintermetallen, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kalibriert wurden.

Fig. 1 zeigt zur Abgrenzung von erfindungsgemäßen Verfahren eine Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik. Bei dieser Vorrichtung wird durch einen Überstempel 1 ein Werkstück 2 aus porösem Sintermetallwerkstoff in einer Matrize 3 gegen einen Unterstempel 4 mit einem zentrischen Dorn 5 kalibriert. Mit einer solchen Vorrichtung ist lediglich eine diskontinuierliche Verfahrensweise möglich.

Dagegen ist in Fig. 2 schematisch der Bewegungsablauf bei einem beispielsweise Verfahren gemäß der Erfindung dargestellt. Mit dem Bezugszeichen 6 ist ein konkaves Werkzeugteil bezeichnet, dem mit Spaltabstand 7 ein motorisch angetriebenes konvexes Werkzeugteil 8 zugeordnet ist, daß bei der dargestellten Ausführungsform im Querschnitt kreisförmig ist und demgemäß eine äußere Zylindermantelfläche 9 aufweist. Die Drehrichtung des konvexen Werkzeugteils 8 ist durch den Pfeil und den Buchstaben X angedeutet.

Poröse Sintermetallteile 10 werden über eine geeignete Zuführung 11 in den sich in Drehrichtung X verjüngenden Arbeitsspalt 7 eingeführt, wobei die Werkstücke 10 durch Reibungskräfte in Rotation versetzt und vom angetriebenen Werkzeugteil 8 durch den Arbeitsspalt 7 gezwungen werden. Das konkave Werkzeugteil 6 und/oder das konvexe Werkzeugteil 8 sind positionierbar ausgebildet und können zur Einstellung der Breite des Arbeitsspalt 7 mit der erforderlichen Genauigkeit beweglich ausgebildet und in der jeweiligen Stellung arretiert sein.

Bei ihrer Bewegung durch den Arbeitsspalt 7 nehmen die porösen Sintermetallteile 10 unter Verringerung ihres Volumens an ihrem Außendurchmesser die Kontur der Arbeitsflächen 9 bzw. 17 der Werkzeugteile 6 bzw. 8 an. Nach Austritt aus dem Arbeitsspalt 7 werden die Sintermetallteile 10, die während der Umformung eine Verdichtung erfahren haben, vom angetriebenen konvexen Werkzeugteil 8 durch einen Abstreifer 12 — falls erforderlich —, abgestreift und in geeigneter Weise in Richtung Y abgefördert. Die Abfördervorrichtung ist nicht dargestellt. Hierzu können übliche Fördervorrichtungen, z. B. Schurren, Förderbänder oder dergleichen, eingesetzt werden.

Aus dem Vergleich mit Fig. 1 erkennt man die großen Vorteile des kontinuierlichen Bewegungsablaufs und die große Arbeitsgeschwindigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens: Beim konventionellen Kalibrieren von porösen Sintermetallteilen erfolgt die Verdichtung im wesentlichen axial. Das erfordert eine Auf- und Abbewegung zumindest von Über- und Unterstempel 1 und/oder 4 für jedes einzelne Werkstück 2, das kalibriert werden soll. Die Massenträgheit bei der Bewegungsumkehr macht herkömmliches Kalibrieren zu einem vergleichsweise langsamen Verfahren.

Dagegen braucht nach dem erfindungsgemäßen Verfahren nur das Massenträgheitsmoment und die Massenträgheit in Richtung des Arbeitsspalt 7 für das poröse Sintermetallteil 10 überwunden zu werden. Die dafür verbrauchte Energie ist gering. Durch den in einer Richtung erfolgenden Bewegungsablauf der Vorrichtung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren steigt der Durchsatz an porösen Sintermetallteilen 10 pro Zeiteinheit erheblich.

Um zu verhindern, daß das umzuformende poröse Sintermetallteil 10 aus dem Arbeitsspalt 7 ausweicht oder seine Höhe während der Umformung wesentlich vergrößert, werden die beiden Werkzeugteile 6 und 8 vorteilhaft so gestaltet, daß die Höhe im Arbeitsspalt 7 begrenzt ist. Dies ist in den Fig. 3 und 4 dadurch angedeutet, daß die Arbeitsflächen 9 und 17, von denen der radiale Umformdruck auf das poröse Sintermetallteil 10 ausgeübt wird, jeweils in eine Rille 13 bzw. 14 des feststehenden konkaven und des angetriebenen konvexen Werkzeugteils 6 bzw. 8 eingearbeitet sind.

Bleiben die örtlichen Umformungen gering und ist die Breite der Rille 13, 14 des Arbeitsspalt 7 in geeigneter Weise auf die Höhe des umzuformenden porösen Sintermetallteils 10 abgestimmt, so reicht die Selbstzentrierung des porösen Sintermetallteils 10 im Arbeitsspalt nach Fig. 3 aus. Treffen die genannten Voraussetzungen nicht zu, müssen die Werkstücke 10 im Arbeitsspalt 7 gehalten werden. Für Werkstücke mit zentrischer Bohrung 15 (Fig. 3) kann dies durch Auffädeln auf einen Dorn 16 (Fig. 4) geschehen, wobei der Dorn 16 mit durch den Arbeitsspalt 7 geführt wird. Dadurch wird auch ein Taumeln der Werkstücke 10 vermieden. Dies ist beispielsweise in Fig. 4 angedeutet.

Statt durch einen Dorn 16 kann das poröse Sintermetallteil 10 auch zwischen sich mitdrehenden, Axialdruck ausübenden Stempeln oder Kombinationen aus Stempeln und Dornen (nicht dargestellt) gehalten werden. Je nach der Geometrie können Käfigführungen, z. B. für hohe, schlanke Teile, die nur einseitig umgeformt werden sollen, erforderlich sein.

Um Beschädigungen des porösen Sintermetallteils 10 am Ein- und Auslauf des Arbeitsspalt 7 zu vermeiden, muß das konkave feststehende Werkzeugteil 6 am Einlauf sowohl in der Höhe als auch in der Breite des Arbeitsspalt 7 größer bemessen sein als die Höhe und dem Ausgangsdurchmesser der porösen Sintermetallteile 10 vor dem Umformvorgang entspricht. Der Übergang vom Einlauf auf die Endabmessungen erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kontinuierlich. Am Auslauf öffnet sich der Arbeitsspalt 7 im konkaven feststehenden Werkzeugteil 6 in Arbeitsrichtung X allmählich und sanft (nicht dargestellt). Dadurch wird vermieden, daß sich die Kante des feststehenden konkaven Werkzeugteils 6 radial in die Oberfläche des porösen Sintermetallteils 10 eindrückt.

In den Fig. 5 bis 9 sind einige nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kalibrierte poröse Sintermetallkörper 10 veranschaulicht.

Fig. 5 zeigt ein selbstschmierendes Kalottenlager. Die Kalottenkontur kann beim Pulverpressen nur angedeutet werden, da die Preßstempel zur Ausformung einer Kalotte unendlich scharf auslaufen müßten. Dieser Idealzustand kann nicht einmal näherungsweise erreicht werden, weil die Gefahr von Stempelbrüchen mit abnehmender Wandstärke immer größer wird. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, aus porösen Sintermetallwerkstoff hergestellte, lediglich mit angeedeuteter Kalottenform (nicht dargestellt) vorgeformte Sintermetallkörper oder mit stirnseitig angefaseter Zylinderform vorgeformte Sintermetallkörper 10 mit hoher Genauigkeit mit der Kalotte zu versehen. Dabei wird wegen der axialen Höhenbegrenzung nach Fig. 3 und 4 eine engere Höhentoleranz als beim herkömmlichen Kalibrieren eingehalten.

Zur Erleichterung des Einbaus werden Zylinderlager aus selbstschmierendem porösem Sintermetall häufig mit einer spitzen, sogenannten Schlupffase gewünscht, was in Fig. 6 veranschaulicht ist. Auch diese spitzen Anfasungen sind wegen der Bruchgefahr des Stempels nach herkömmlicher Verfahrensweise nicht an beiden Seiten eines Zylinders anformbar. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich keine Schwierigkeiten, spitze Schlupffasen oder Fasen anderer Geometrie anzuformen.

Fig. 7 zeigt ein Beispiel für spanlose erfindungsgemäße eingeformte Hinterschneidungen. Selbstverständlich kann bei der Abwälzbewegung im Arbeitsspalt 7 die Umfangsfläche des porösen Sintermetallteils 10 strukturiert werden, z. B. mit Rändelungen, Kordierungen, Radialrillen und so weiter.

Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform mit Durchmesserunterschieden über die gesamte Teilhöhe, z. B. um innerhalb einer Charge Durchmesserunterschiede nach dem Sintern zu korrigieren, die Oberflächengüte nach dem Sintern zu verbessern, oder aber die Umfangsfläche kalt zu verfestigen. Gleichzeitig können dabei ohne einen besonderen Arbeitsgang die stirnseitigen Kanten, die vom Pressen des Pulvers herrühren und einen leichten Grat aufweisen, abgerundet werden. Diese stirnseitige sogenannte „Kantenverrundung“, die in der konventionellen pulvermetallurgischen Fertigungstechnik „Facetten“ genannt werden, erfordern üblicherweise ein besonderes Facettierwerkzeug in Form eines offenen Gesenkes. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dies nicht mehr erforderlich.

Eine spezielle Form der Konturierung von Umfangsflächen rotationssymmetrischer poröser Sintermetallkörper 10 stellen Verzahnungen dar. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, Verzahnungen aus Ronden auszuformen, oder aber vorhandene durch Pulverpressen vorgeformte Verzahnungen nachzuverdichten, um bessere mechanische Festigkeitseigenschaften der Verzahnung zu erzielen (Fig. 5).

Die in der Zusammenfassung, in den Patentansprüchen und in der Beschreibung beschriebenen sowie aus der Zeichnung ersichtlichen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung des Erfindungsgedankens (Aufgabe und Lösung) wesentlich sein.

Fig.1

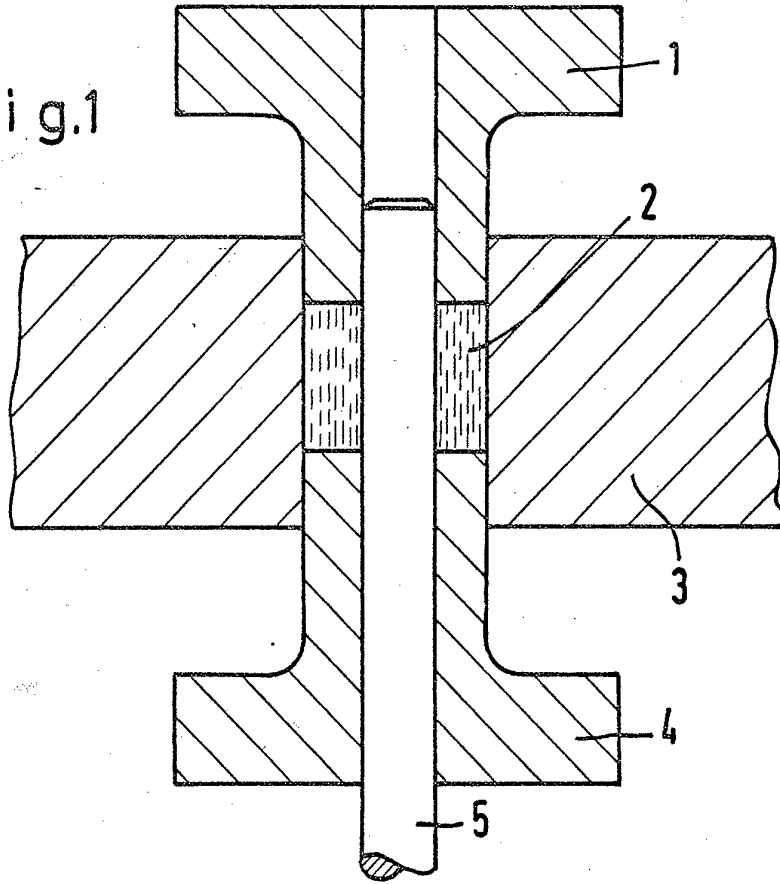
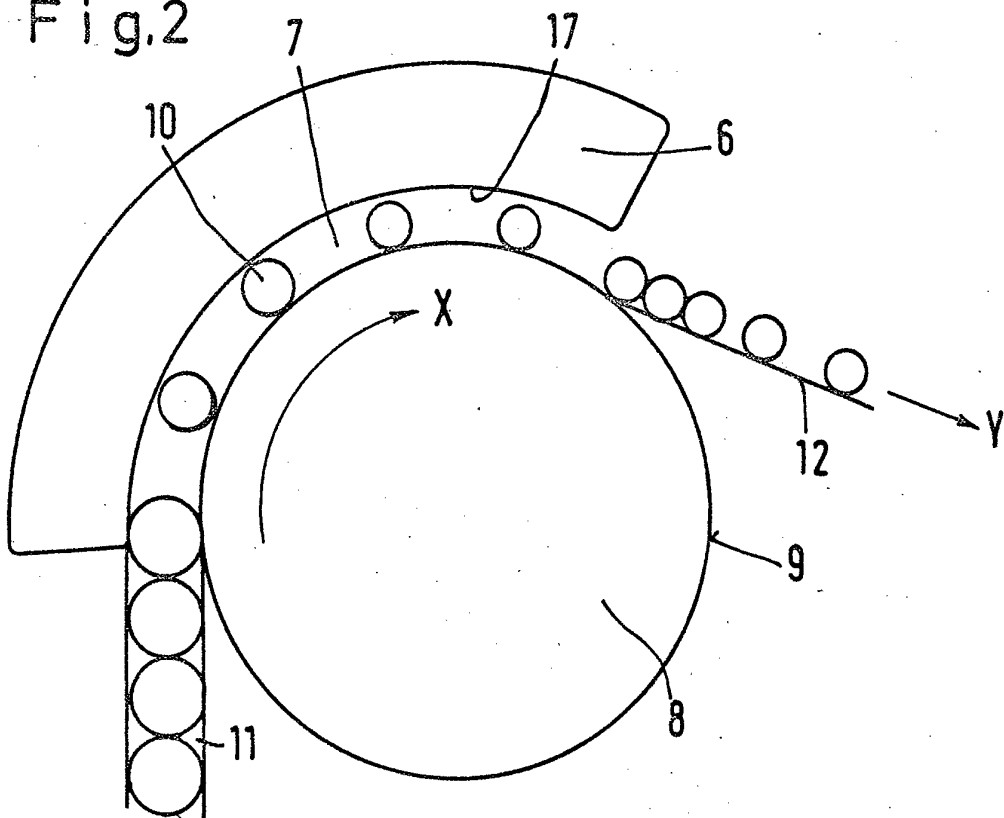


Fig.2



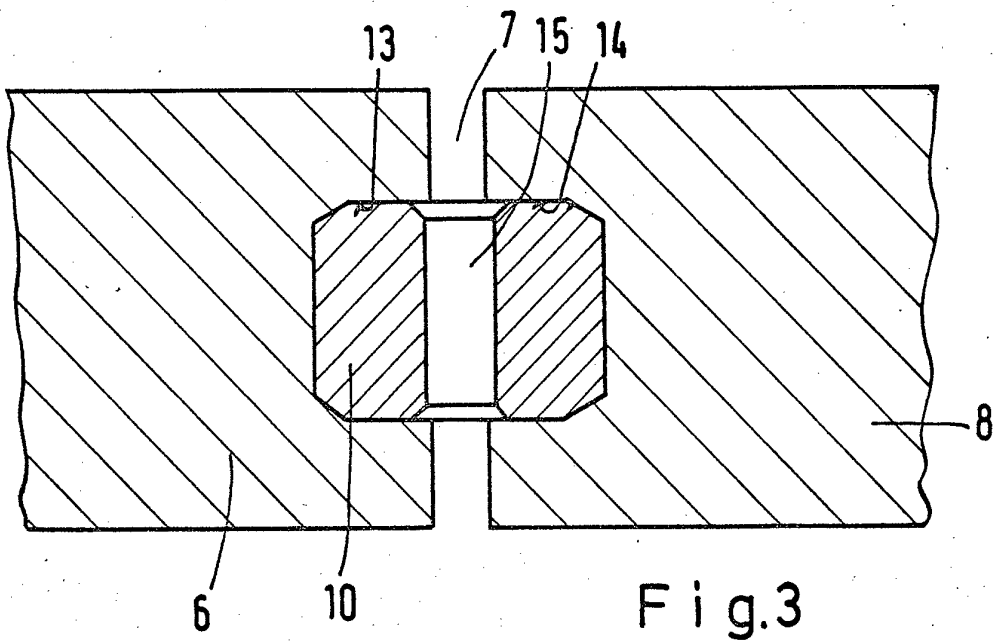


Fig. 4

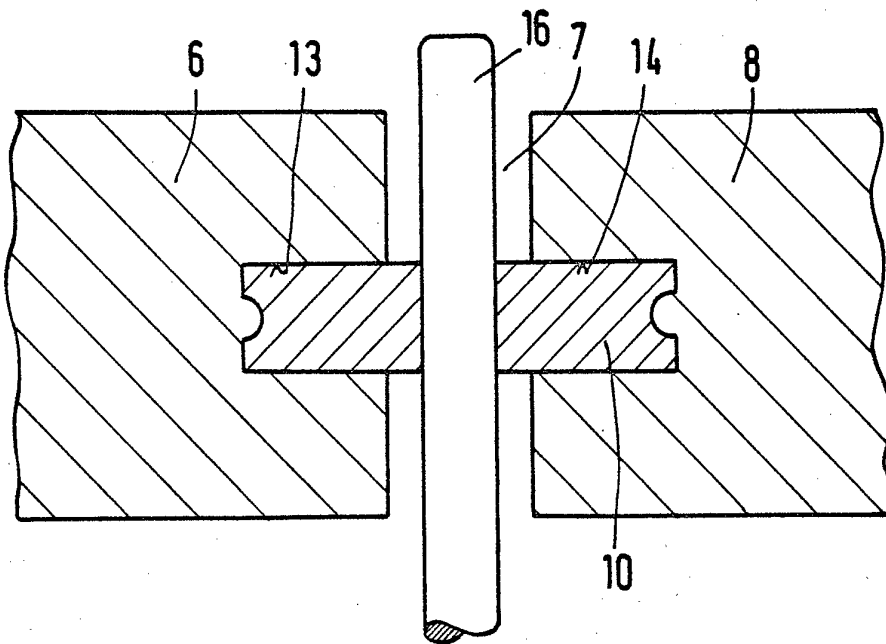


Fig.5

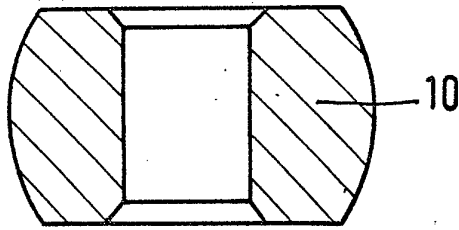


Fig.6

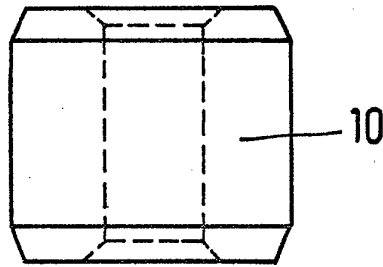


Fig.7

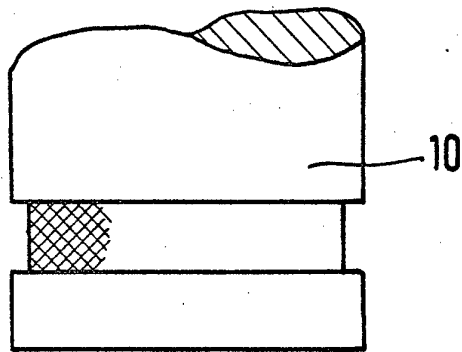


Fig.8



Fig.9

