



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 108 483 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.06.2001 Patentblatt 2001/25

(51) Int Cl.7: **B21H 1/04**

(21) Anmeldenummer: **00121618.3**

(22) Anmeldetag: **02.10.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Jaschka, Rudolf**
59227 Ahlen (DE)

(74) Vertreter: **Wunderlich, Rainer, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte
Weber & Heim
Irmgardstrasse 3
81479 München (DE)

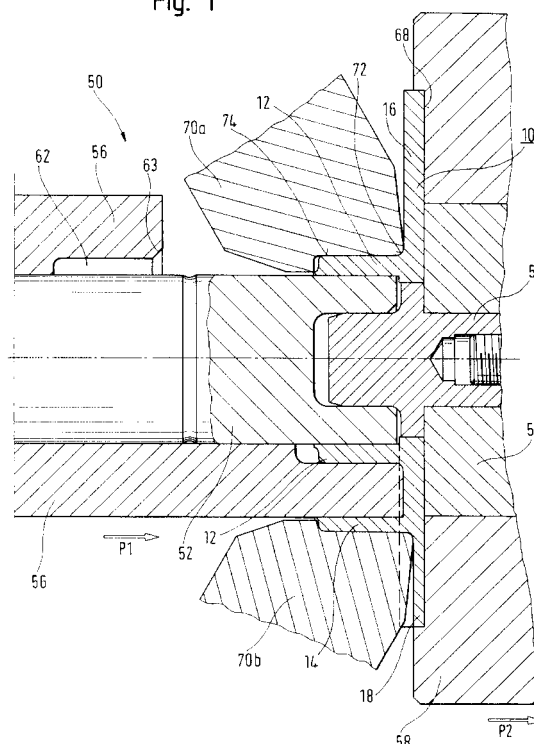
(30) Priorität: **15.12.1999 DE 19960582**

(71) Anmelder: **Leico GmbH & Co.**
Werkzeugmaschinenbau
59229 Ahlen, Westf. (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Drückwalzen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Drückwalzen eines Teiles mit einer inneren Nabe und einer äußeren Nabe, welche die innere Nabe umgibt. An einem Drückwerkzeug wird ein Werkstück eingespannt, in Rotation versetzt und mit mindestens einer Drückrolle umgeformt. An dem Drückwerkzeug ist eine Verschiebehülse vorgesehen, welche axial verschiebbar zwischen einer ersten Position, in welcher die Verschiebehülse zum Bilden der inneren Nabe von dem Werkstück beabstandet ist, und einer zweiten Position gelagert ist, in welcher die Verschiebehülse an dem Werkstück angeordnet ist und die angeformte innere Nabe umgreift. Ein Außenumfangsbereich der Verschiebehülse entspricht der vorgesehenen Innenkontur der anzuformenden äußeren Nabe.

Fig. 1



EP 1 108 483 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Drückwalzen eines Teiles mit einer inneren Nabe und einer äußeren Nabe, welche die innere Nabe umgibt, sowie eine Vorrichtung zum Drückwalzen eines solchen Teiles gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

[0002] In der Getriebetechnik werden für vielfältige Zwecke Getriebeteile mit einem radial inneren zylindrischen Hülsenabschnitt und einem diesen umgebenden äußeren zylindrischen Hülsenabschnitt benötigt. Derartige Getriebeteile mit einer sogenannten doppelten Nabe oder Hülse können nach dem Stand der Technik auf verschiedene Weisen gefertigt werden. So können derartige Teile beispielsweise durch Gieß- oder Schmiedeverfahren hergestellt werden. Diese Verfahren sind jedoch in ihrer Formgebungsvielfalt beschränkt und auch nur für die Herstellung großer Serien wirtschaftlich.

[0003] Bei kleineren Serien werden diese Getriebeteile häufig aus Zwischenelementen zusammenschweißt. Jedoch ist ein formgenaues Schweißen kaum möglich, so dass bei dieser Fertigungsweise häufig eine aufwendige Nachbearbeitung des geschweißten Teiles erforderlich ist. Schließlich ist es bekannt, solche Getriebeteile spanlos durch Drückwalzen herzustellen. Hierbei wird in einer ersten Aufspannung in einer Drückwalzmaschine eine erste Nabe durch Spalt- und/ oder Stauchvorgänge an ein erstes Drückfutter angeformt.

[0004] Es ist dann eine Umspannung des Werkstückes auf eine Drückwalzmaschine mit einem zweiten, an die äußere Nabe angepassten Drückfutter erforderlich, wobei dann in einem weiteren Verfahrensschritt die zweite äußere Nabe angeformt wird. Für diese Verfahren werden herkömmliche Drückwalzmaschinen eingesetzt.

[0005] Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen Teile mit einer doppelten Naben- oder Hülsenstruktur besonders wirtschaftlich gefertigt werden können.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß zum einen durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie zum anderen durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Drückwalzen eines Teiles mit einer inneren Nabe und einer äußeren Nabe, welche die innere Nabe umgibt, vorgesehen, wobei

- ein Werkstück mit einem in einer radialen Richtung verlaufenden Werkstückabschnitt in einer Drückwalzmaschine an einem Drückwerkzeug eingespannt wird,
- das Werkstück in Rotation versetzt wird und mindestens eine Drückrolle radial zugestellt wird,
- durch die Drückrolle Material an dem radialen Werkstückabschnitt teilweise abgetrennt wird,

- das abgetrennte Material radial gegen das Drückwerkzeug geformt und dabei die innere Nabe ausgebildet wird,
- eine am Drückwerkzeug verschiebbar gelagerte Verschiebehülse axial über die innere Nabe geschoben wird und
- mit einer Drückrolle weiteres Material des radialen Werkstückabschnitts umgeformt und gegen die Verschiebehülse geformt wird, wobei die äußere Nabe ausgebildet wird.

[0008] Ein Aspekt der Erfindung beruht darauf, dass das Werkstück mit den beiden Naben in einer Einspannung gefertigt werden kann. Hierfür ist neben dem Drückwerkzeug noch mindestens eine Verschiebehülse an dem Drückwerkzeug vorgesehen, welche nach dem Formen der inneren Nabe über diese geschoben wird. Diese Verschiebehülse stellt in dieser Position ein zweites Drückwerkzeug dar, gegen welches die zweite Nabe oder der zweite zylindrische Umfangsabschnitt geformt werden kann. Dies ermöglicht ein effizientes und damit kostengünstiges Herstellen derartiger Getriebeteile.

[0009] Das Abtrennen des Materials zum Bilden der Nabe kann im Sinne der Erfindung durch Abstreckdrückwalzen oder Spalten/ Schneiden erfolgen, wobei letzteres wegen des geringen Kraftaufwandes und der geringeren Kaltverfestigung bevorzugt ist. Die Drückrolle kann bis an das Drückwerkzeug zugestellt werden, so dass die Nabe definiert und vollständig zwischen Drückrolle und Drückwerkzeug endgeformt wird.

[0010] Hierbei kann sich ein besonders dichtes, hochverfestigtes Werkstoffgefüge in der Nabe einstellen. Alternativ kann zwischen der Drückrolle und dem Drückwerkzeug ein Spalt verbleiben, so dass geringere Zustellkräfte erforderlich sind. Allerdings bildet sich dann bei geringerer Verfestigung ein Werkstückgrat aus, der später abgearbeitet werden muss.

[0011] Eine besonders große Formenvielfalt kann erfindungsgemäß dadurch erreicht werden, dass beim Formen der äußeren Nabe ein Steg des radialen Werkstückabschnitts verbleibt, welcher anschließend weiter umgeformt wird.

[0012] Eine bevorzugte Verfahrensweise besteht nach der Erfindung darin, dass der Steg zunächst verdickt und dann mit einem Profil versehen wird. Abhängig von der gewünschten Endform kann die Verdickung als Zwischenform im Querschnitt ein Oval-, ein symmetrischer oder asymmetrischer Tropfen, ein Kegel oder eine Rechteckform sein. Eine solche Verdickung lässt sich dann in vorteilhafter Weise weiter umformen und insbesondere mit einer Außenverzahnung oder einem Poly-V-Profil versehen. Der verbliebene Rondensteg kann dabei sowohl zu der Seite der beiden ausgebildeten Naben zum Bilden einer dritten Nabe oder auf die gegenüberliegende Seite umgeformt werden. Neben einer Außenverzahnung lässt sich an den umgeformten Steg auch ein entsprechendes Innenprofil, beispielsweise eine Kupplungslamellenverzahnung, anformen.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass die innere Nabe mit einem Innenprofil versehen wird. Hierfür ist das Drückwerkzeug mit einem entsprechenden Außenprofil versehen, gegen welches das von dem Ausgangswerkstück abgespaltene oder abgenommene Material gedrückt und zur Nabe ausgeformt wird. In entsprechender Weise kann auch ein Innenprofil an der äußeren Nabe vorgesehen werden, in dem die Verschiebehülse an ihrer Außenseite mit einer entsprechenden Profilierung versehen ist. Des weiteren ist es möglich, an der Außenseite der inneren Nabe durch eine entsprechend ausgebildete Verschiebehülse eine Konturierung einzuschneiden oder einzuprägen.

[0014] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, dass die äußere Nabe mit einem Außenprofil versehen wird. Dieses kann insbesondere eine Verzahnung oder eine Poly-V-Kontur sein.

[0015] Ein äußerst wirtschaftliches Verfahren wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, dass die innere Nabe und/oder die äußere Nabe in einer radialen Zustellung mittels einer Drückrolle ausgeformt wird, welche einer Außenkontur entsprechend einer gewünschten Nabenform aufweist. Durch einfachen Austausch einer derartigen Drückrolle läßt sich auch in einfacher Weise die Kontur der anzuformenden Nabe verändern. Dies ist insbesondere bei der Herstellung von Klein- und Mittelserien von einem großen wirtschaftlichen Vorteil.

[0016] Ausgehend von einer Vorrichtung zum Drückwalzen mit einem Drückwerkzeug, an welchem ein Werkstück einspannbar ist, einem Antrieb zum rotierenden Antreiben des an dem Drückwerkzeug eingespannten Werkstücks und mindestens einer Drückrolle mit einer Trennkante zum Abspalten von Material und zum Bilden der Naben wird die Aufgabe weiter nach der Erfindung dadurch gelöst, dass eine Verschiebehülse vorgesehen ist, welche an dem Drückwerkzeug axial verschiebbar zwischen einer ersten Position, in welcher die Verschiebehülse zum Bilden der inneren Nabe von dem Werkstück beabstandet ist, und einer zweiten Position gelagert ist, in welcher die Verschiebehülse an dem Werkstück angeordnet ist und die angeformte innere Nabe umgreift, und dass ein Außenumfangsbereich der Nabe entsprechend der vorgesehenen Innenkontur der angeformten äußeren Nabe ausgebildet ist.

[0017] Diese Drückwalzmaschine ist geeignet, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen, wobei die damit verbundenen Vorteile erreicht werden. Als Ausgangswerkstück können hierzu Blechronden, vorgeformte Blechteile oder Schmiede- oder Gußwerkstücke aus den verschiedensten Werkstoffen verwendet werden.

[0018] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass zwei axial gegenüberliegende Drückwerkzeuge vorgesehen sind, zwischen denen das Werkstück einspannbar ist. Somit können Umformvorgänge zu beiden Seiten des Werkstücks durchgeführt

werden, so dass eine besonders große Formenvielfalt einstellbar ist.

[0019] Erfindungsgemäß ist dies dadurch weitergebildet, dass an den beiden Drückwerkzeugen jeweils eine Verschiebehülse angeordnet ist. Somit kann eine doppelte Naben- oder Hülsenstruktur auf beiden Seiten des Werkstücks ausgebildet werden.

[0020] Eine andere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass mehrere Verschiebehülsen teleskopartig an einem Drückwerkzeug angeordnet sind. So können zwei, drei oder mehr Verschiebehülsen koaxial ineinander angeordnet sein, so dass drei, vier oder entsprechend mehr zylindrische Nabenbereiche an einer Seite des Werkstücks ausgebildet werden können.

[0021] Die vorstehend beschriebene Erfindung läßt sich nicht nur zur Herstellung von Getriebeteilen sondern auch von allen anderen Drückwalzteilen einsetzen, bei denen eine doppelte oder mehrfache Naben- oder Hülsenstruktur an einer Seite eines Werkstückes gewünscht ist. Die Einspannung des Werkstücks an dem Drückwerkzeug kann abhängig von der Werkstückform und den Umformkräften durch einen axial wirkenden Gegenhalter, ein radial wirkendes Spannbackenfutter, eine Magnet- oder Vakuum-Spanneinrichtung etc. oder einer Kombination dieser Spannmittel erfolgen.

[0022] Die Erfindung wird weiter anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen erläutert, welche schematisch in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Teilquerschnittsansicht durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung, wobei in der oberen Hälfte das Anformen einer inneren Nabe gezeigt ist, während in der unteren Hälfte das Anformen einer äußeren Nabe dargestellt ist;

Fig. 2 eine Teilquerschnittsansicht durch die erfindungsgemäße Vorrichtung von Fig. 1 beim Umformen eines äußeren Stegbereiches;

Fig. 3 verschiedene Querschnittsansichten durch ein erfindungsgemäß bearbeitetes Werkstück in verschiedenen Verfahrensstadien;

Fig. 4 verschiedene Querschnittsansichten durch ein weiteres erfindungsgemäß bearbeitetes Werkstück in verschiedenen Verfahrensstadien; und

Fig. 5 weitere Querschnittsansichten durch ein erfindungsgemäß bearbeitetes Werkstück in verschiedenen Verfahrensstadien.

[0023] Gemäß Fig. 1 weist eine erfindungsgemäße Drückwalzmaschine 50 ein erstes Drückwerkzeug 52 und ein zweites Drückwerkzeug 54 auf, zwischen denen ein rondenförmiges Werkstück 10 eingespannt wird.

Das Werkstück 10 umfasst eine Mittenöffnung, welche in der eingespannten Position von einem Zentrierzapfen 55 des zweiten Drückwerkzeuges 54 zum Zentrieren durchdrungen wird. An dem zweiten Drückwerkzeug 54 ist weiterhin eine Stützhülse 58 verschiebbar gelagert. Zusammen mit dem zweiten Drückwerkzeug 54 wird eine Ausnehmung 68 gebildet, in welche das Werkstück 10 passgenau einsetzbar ist.

[0024] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Drückrollen 70a und 70b radial zugestellt, durch welche unter Verringerung der Dicke des Werkstücks 10 Material teilweise abgespalten und radial gegen das erste, linksseitige Drückwerkzeug 52 zum Bilden einer inneren Nabe 12 geformt wird. Die Drückrollen 70a, 70b weisen hierzu eine Trennkante 72 auf, an welche sich ein Stauchbereich 74 entsprechend der gewünschten Kontur der anzuformenden Nabe anschließt. Der Zustand bei Abschluss dieses Verfahrensschrittes des Anformens der inneren Nabe 12 an einem radial verlaufenden Werkstückabschnitt 16 ist in der oberen Hälfte der Fig. 1 dargestellt. Während des Ausformens der inneren Nabe 12 ist eine an dem ersten Drückwerkzeug 52 vorgesehene Verschiebehülse 56 in einer ersten Position, welche zum Bilden eines Freiraums für die Drückrollen 70a, 70b von dem Werkstück 10 beabstandet ist.

[0025] Zum Anformen einer äußeren Nabe 14 wird die Verschiebehülse 56 axial in Richtung des Pfeiles P1 an das Werkstück 10 zugestellt. Die Verschiebehülse 56 weist an ihrer Innenseite eine ringförmige Nut 62 mit einer Einführschräge 63 auf, welche zum Einschieben der angeformten inneren Nabe 12 ausgebildet sind.

[0026] Die ringförmige Nut 62 kann eine Oberflächenkontur aufweisen, die ein Kalibrieren oder Formen der Außenseite der angeformten inneren Nabe 12 beim Einschieben durchführt.

[0027] In der unteren Hälfte der Fig. 1 ist die Verschiebehülse 56 in einer zweiten Position dargestellt, in der diese an dem Werkstück 10 anliegt und die innere Nabe 12 umfasst. In dieser Position werden an den radialen Werkstückabschnitt 16 erneut Drückrollen 70a, 70b zugestellt, wobei entsprechend dem Anformen der inneren Nabe 12 eine äußere Nabe 14 ausgebildet wird. Bei dieser Ausführungsform verbleibt auch nach dem zweiten Abspaltvorgang ein radial nach außen vorstehender Steg 18, der nach einem Verfahren und Entfernen der Stützhülse 58 in Richtung des Pfeiles P2 weiter umgeformt wird.

[0028] In Fig. 2 ist das Umformen des Steges 18 zu einem Poly-V-Abschnitt 22 mit einem Profil 20 dargestellt. Hierfür wird auf Seiten des ersten Drückwerkzeuges 52 eine dritte Verschiebehülse 64 und auf Seiten des zweiten Drückwerkzeuges eine vierte Verschiebehülse 65 axial an das Werkstück 10 zugestellt, wobei ein Freiraum entsprechend des anzuformenden Abschnitts gebildet wird. In einem abschließenden Verfahrensschritt, welchem gegebenenfalls ein Stauch- oder Verdickungsverfahrensschritt zum Vorformen des Ste-

ges 18 vorausgegangen ist, wird eine Poly-V-Rolle 78 radial zugestellt, wobei der Werkstückabschnitt 22 mit dem Profil 20 endgeformt wird.

[0029] In den Fig. 3a bis 3e sind die einzelnen Verfahrensstadien zum Formen des Werkstücks 10 gemäß den Figuren 1 und 2 nochmals schematisch dargestellt. Nach dem Bilden der inneren Nabe 12 und der äußeren Nabe 14 gemäß den Darstellungen 3a bis 3d wird vor dem Einformen des Poly-V-Profiles der radial äußere Steg 18 zunächst gemäß Fig. 3e verdickt und in zwei weiteren Verfahrensschritten gemäß den Fig. 3f und 3g vorgeformt. In Fig. 3e ist eine vergrößerte Teildarstellung des Profiles 20 gezeigt.

[0030] In den Fig. 4a bis 4e ist eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Nach einem Ausbilden einer inneren Nabe und einer äußeren Nabe entsprechend dem vorbeschriebenen Verfahren wird ein radial nach außen vorstehender Steg entsprechend der Fig. 4a und 4b radial nach innen gegen die angeformte äußere Nabe gedrückt. Anschließend wird gemäß den Fig. 4c und 4d ein Poly-V-Profil vorgeformt und abschließend gemäß Fig. 4e das Poly-V-Profil unmittelbar an der so verdickten äußeren Nabe endgeformt.

[0031] In Fig. 4f ist eine weitere Verfahrensabwandlung gezeigt, bei der ein Umfangsabschnitt mit einer einzigen V-Nut für einen sogenannten Keilriemen ausgebildet ist.

[0032] Eine andere Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist schematisch in den Fig. 5a bis 5d gezeigt. Ausgehend von einer Ronde wird zunächst eine innere Nabe und eine äußere Nabe entsprechend dem vorbeschriebenen Verfahren ausgeformt, wie den Fig. 5a bis 5c zu entnehmen ist.

[0033] Ein verbliebener, radial außen vorstehender Steg wird bei dieser Ausführungsform gemäß Fig. 5d zu der gegenüberliegenden Seite an ein nicht dargestelltes Drückwerkzeug umgeformt, welches an seiner Außenseite mit einem Außenprofil versehen ist.

[0034] Hierbei wird an dem so umgeformten zylindrischen Bereich eine Innenverzahnung oder sogenannte Kupplungslamellenverzahnung angeformt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Drückwalzen eines Teiles mit einer inneren Nabe (12) und einer äußeren Nabe (14), welche die innere Nabe (12) umgibt, wobei

- ein Werkstück (10) mit einem in einer radialen Richtung verlaufenden Werkstückabschnitt (16) in eine Drückwalzmaschine (50) an einem Drückwerkzeug (52) eingespannt wird,
- das Werkstück (10) in Rotation versetzt wird und mindestens eine Drückrolle (70) radial zugestellt wird,
- durch die Drückrolle (70) Material an dem ra-

- dialen Werkstückabschnitt (16) teilweise abgetrennt wird,
- das abgetrennte Material radial gegen das Drückwerkzeug (52) geformt und dabei die innere Nabe (12) ausgebildet wird, 5
 - eine am Drückwerkzeug (52) verschiebbar gelagerte Verschiebehülse (56) axial über die innere Nabe (12) geschoben wird, und
 - mit einer Drückrolle (70) weiteres Material des radialen Werkstückabschnitts (16) umgeformt und gegen die Verschiebehülse (56) geformt wird, wobei die äußere Nabe (14) ausgebildet wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, 15
dadurch **gekennzeichnet**,
dass beim Formen der äußeren Nabe (14) ein Steg (18) des radialen Werkstückabschnitts (16) verbleibt, welcher anschließend weiter umgeformt wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass der Steg (18) zunächst verdickt und dann mit einem Profil (20) versehen wird. 25
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass die innere Nabe (12) mit einem Innenprofil versehen wird. 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass die äußere Nabe (14) mit einem Außenprofil versehen wird. 35
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass die innere Nabe (12) und/oder die äußere Nabe (14) in einer radialen Zustellung mittels einer Drückrolle (70) ausgeformt wird, welche eine Außenkontur entsprechend der gewünschten Nabengeform aufweist. 40
7. Vorrichtung zum Drückwalzen eines Teils mit einer inneren Nabe (12) und einer äußeren Nabe (14), welche die innere Nabe (12) umgibt, nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit 45
- einem Drückwerkzeug (52), an welchem ein Werkstück (10) einspannbar ist, 50
 - einem Antrieb zum rotierenden Antreiben des an dem Drückwerkzeug (52) eingespannten Werkstücks (10) und
 - mindestens einer Drückrolle (70) mit einer Trennkante (72) zum Abspalten von Material und zum Bilden der Nabe, 55
- dadurch **gekennzeichnet**,
- dass eine Verschiebehülse (56) vorgesehen ist, welche an dem Drückwerkzeug (52) axial verschiebbar zwischen einer ersten Position, in welcher die Verschiebehülse (56) zum Bilden der inneren Nabe (12) von dem Werkstück (10) beabstandet ist, und einer zweiten Position gelagert ist, in welcher die Verschiebehülse (56) an dem Werkstück (10) angeordnet ist und die angeformte Nabe (12) umgreift, und
 - dass ein Außenumfangsbereich der Verschiebehülse (56) entsprechend der vorgesehenen Innenkontur der anzuformenden äußeren Nabe (14) ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass zwei axial gegenüberliegende Drückwerkzeuge (52) vorgesehen sind, zwischen denen das Werkstück (10) einspannbar ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass an beiden Drückwerkzeugen (52) eine Verschiebehülse (56) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch **gekennzeichnet**,
dass mehrere Verschiebehülsen (56) teleskopartig an einem Drückwerkzeug angeordnet sind.

Fig. 1

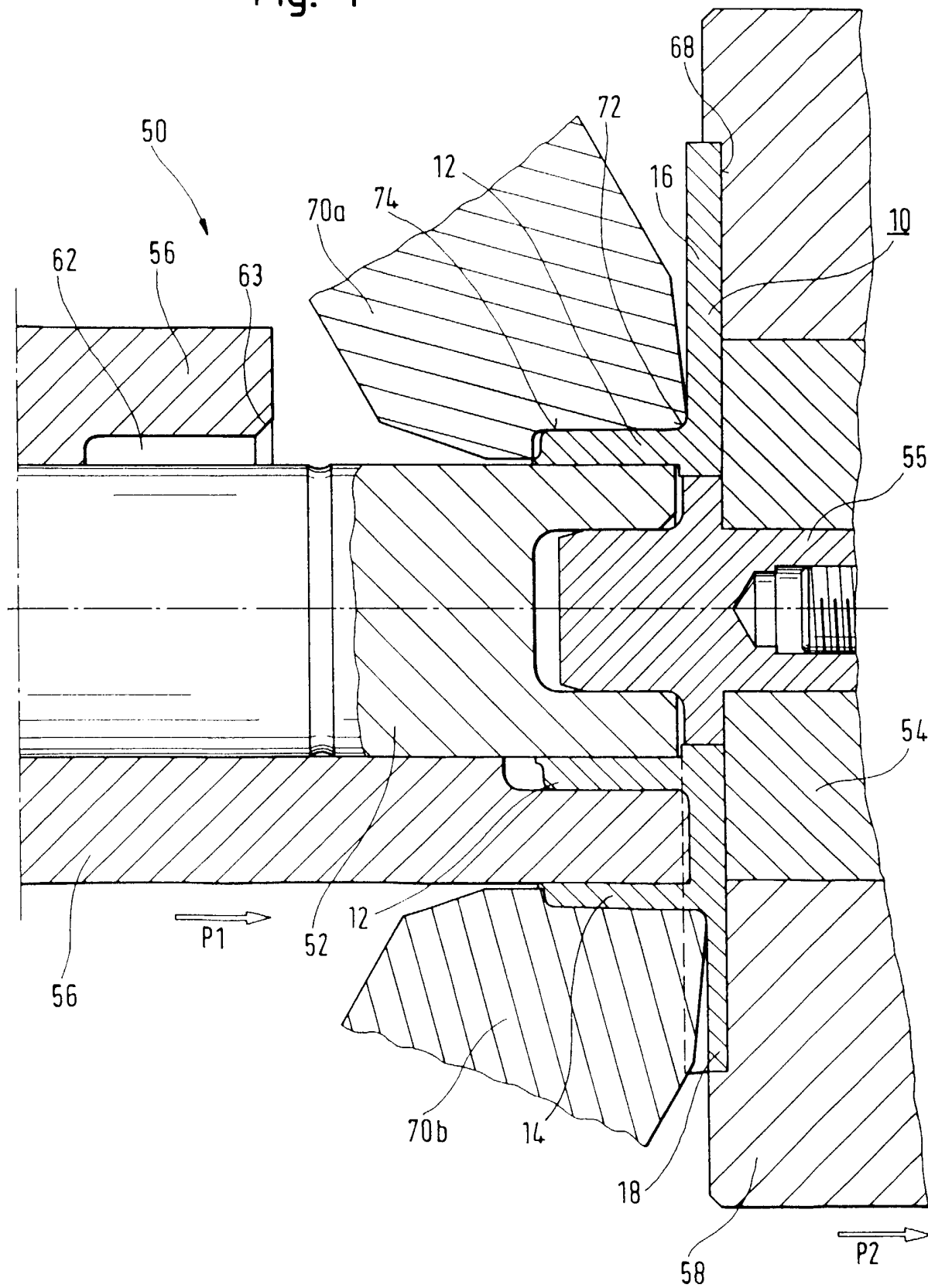
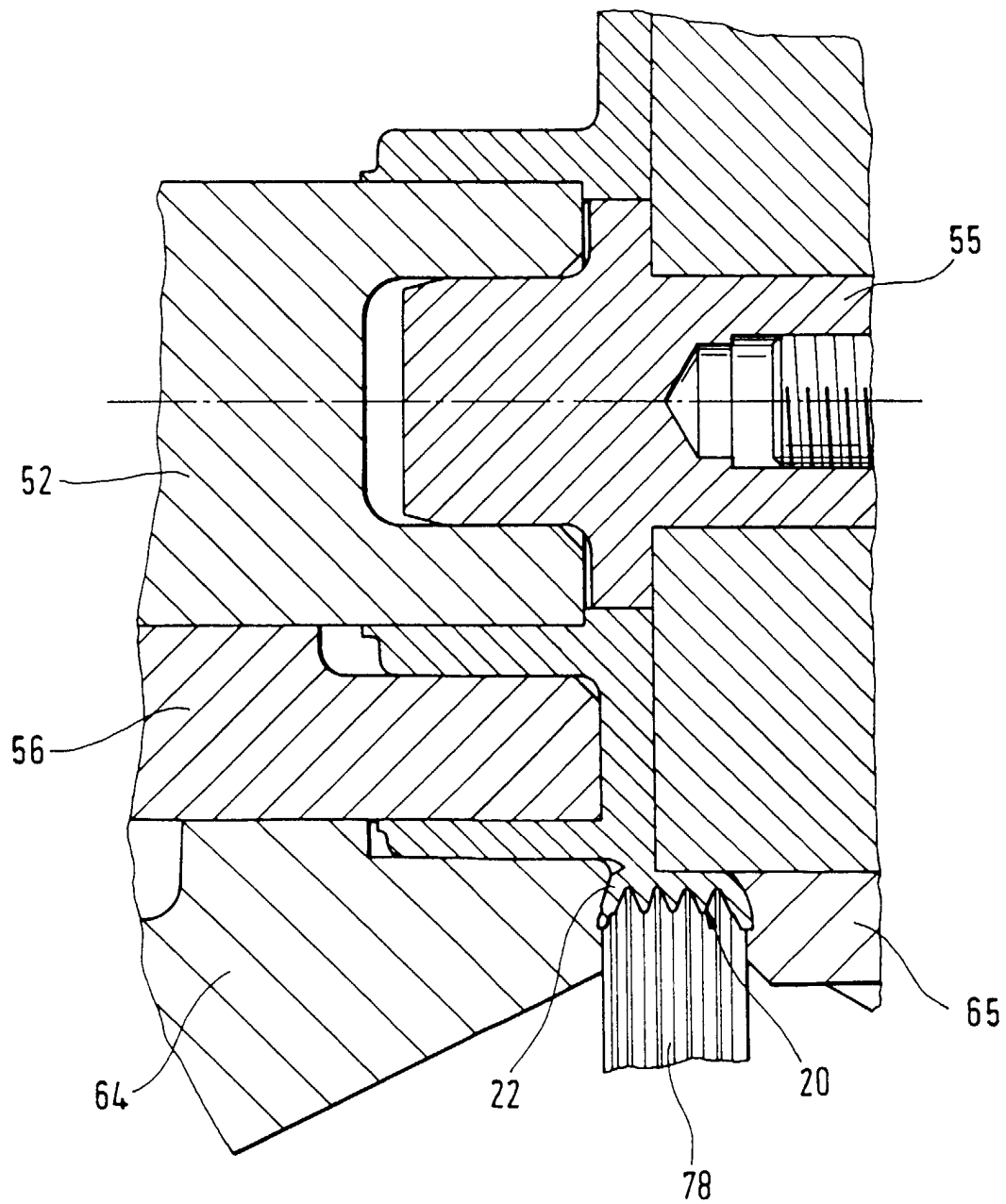


Fig. 2



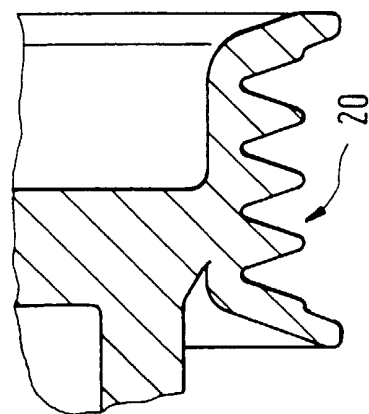
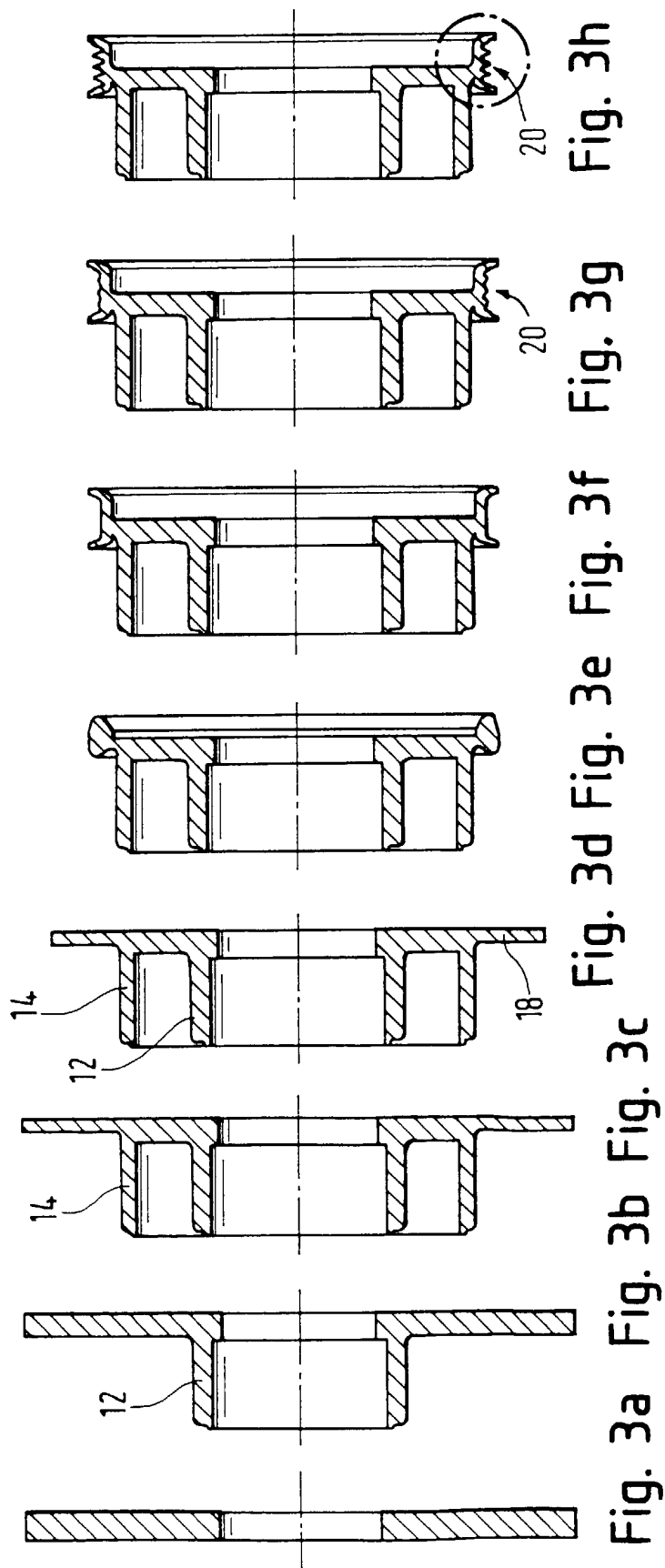


Fig. 3i

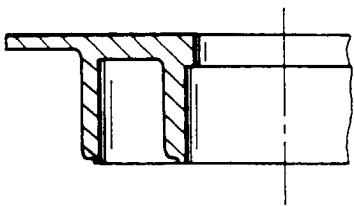


Fig. 4a

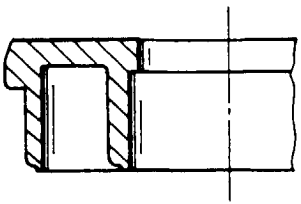


Fig. 4b

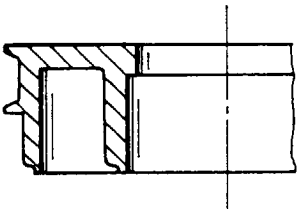


Fig. 4c

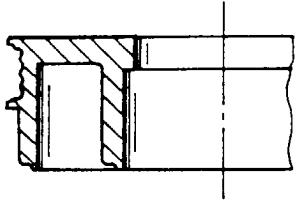


Fig. 4d

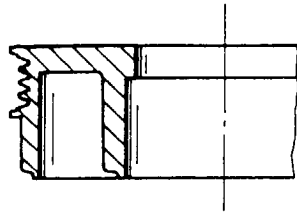


Fig. 4e

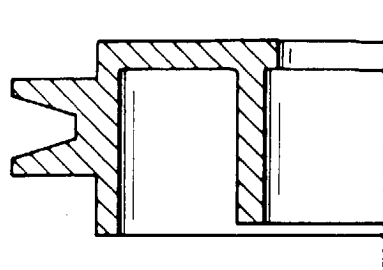


Fig. 4f



Fig. 5a

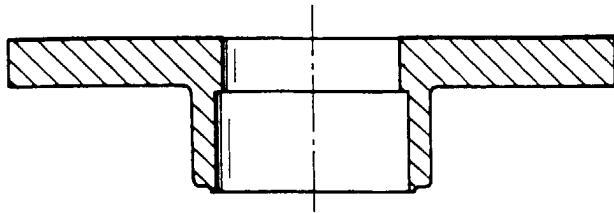


Fig. 5b

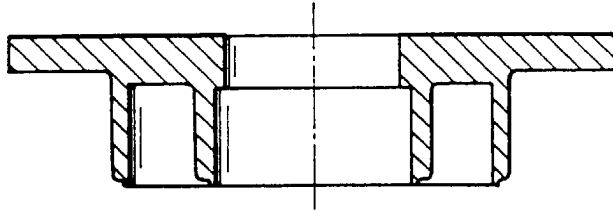


Fig. 5c

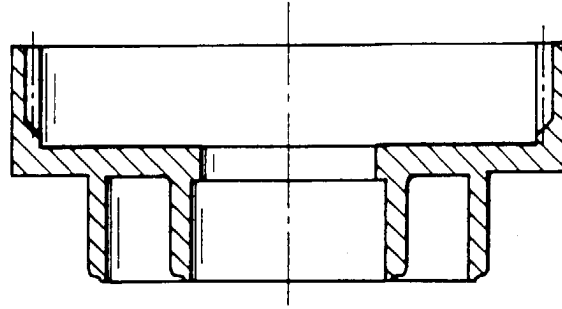


Fig. 5d