

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 673 694 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **95102201.1**

(51) Int. Cl.⁶: **B21D 22/12, B21D 26/02, B21D 41/02**

(22) Anmeldetag: **17.02.95**

(30) Priorität: **09.03.94 DE 4407908**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.09.95 Patentblatt 95/39

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE FR GB IT LU SE

(71) Anmelder: **VEREINIGTE SCHMIEDEWERKE
GMBH
Alleestrasse 70
D-44793 Bochum (DE)**

(72) Erfinder: **Stein, Gerald, Dipl.-Ing.
Kamperfeld 12a
D-45133 Essen (DE)**

Erfinder: **Menzel, Joachim, Dr. Ing.
Weidenbruch 58
D-45133 Essen (DE)**

Erfinder: **Lueg, Joachim, Dr. Ing.
Steinring 45a
D-44789 Bochum (DE)**

Erfinder: **Feichtinger, Heinrich, Prof. Dr.
Im Bad 1
CH-8128 Hinteregg (CH)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack
Patentanwälte
Kanzlerstrasse 8a
D-40472 Düsseldorf (DE)**

(54) **Verfahren zum Umformen metallischer Körper mittels über ein druckübertragendes Medium aufgebracht hoher Drücke, Anwendung des Verfahrens und Vorrichtung dazu.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umformen metallischer Körper mittels über ein druckübertragendes Medium aufgebracht hoher Drücke, wobei als druckübertragendes Medium ein niedrigschmelzendes Metall oder eine niedrigschmelzende Metallegierung mit hoher Plastizität verwendet wird, die Anwendung des Verfahrens und eine Vorrichtung dazu.

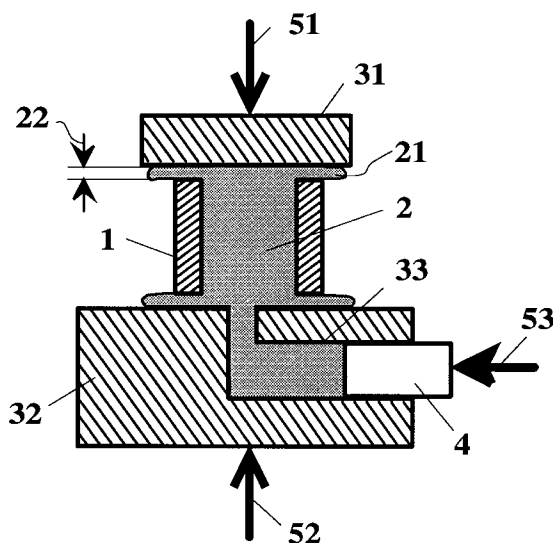


Fig. 1

EP 0 673 694 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umformen metallischer Körper mittels über ein druckübertragendes Medium aufgebrachter hoher Drücke, Anwendung dieses Verfahrens auf verschiedene Umformprozesse und eine Vorrichtung dazu.

Die Umformung metallischer Werkstücke erfolgt grundsätzlich entweder durch direkten Angriff des Verdrängungskörpers (Preßstempel, Hammer) oder indirekt über ein Druckmedium (Flüssigkeit, wie Öl oder Gas) auf den umzuformenden Körper. Klassische Verformungsverfahren der erstgenannten Kategorie sind das Pressen, Hämmern, Schmieden, Stauchen.

Die vorliegende Erfindung befaßt sich mit der zweiten Kategorie, bei der die Umformung über ein Druckmedium erfolgt. Derartige Verfahren sind in einer Vielzahl von Ausführungen bekannt. Stellvertretend wird die DE-OS 28 06 008 genannt, nach der ein kaltverfestigter Zylinder in der Weise hergestellt wird, daß er zwischen zwei ringförmige Flansche eingespannt und anschließend von innen mit einer unter Druck stehenden Flüssigkeit beaufschlagt wird. Ferner ist aus "Stahl und Eisen" 102 (1982) Nr. 23, S. 1183-1189 für die Herstellung von Kappenringen aus Stahl bekannt, die an Turbo-Generatoren die Wickelköpfe gegen die durch die Drehbewegung des Rotors entstehende Fliehkraft zu halten haben. Danach wird ein Kappenring mittels zweier kegelstumpfförmiger Preßstempel, die über Öl als Druckmedium den Kappenring mit Verformungsenergie beaufschlagen, aufgeweitet. Bei dem aus der DE-PS 21 55 194 bekannten Verfahren zur Herstellung solcher Kappenringe ist das Druckmedium von einem flexiblen Balg umgeben. Statt Öl hat man auch Wasser als Druckmedium verwendet. Beim heißisostatischen Pressen (HIP) wird als Druckmedium ein Gas verwendet.

Die bekannten flüssigen und gasförmigen Druckmedien haben folgende Nachteile:

- Sie sind sehr stark kompressibel und erfordern daher entsprechend lange Wege des Verdrängungskörpers, bis ein entsprechender Druckaufbau erreicht ist;
- Hohe Drücke lassen sich über solche Druckmedien nicht aufbauen, weil diese dann durch unvermeidliche Spalte zwischen dem Verdrängungskörper und der Preßform bzw. zwischen dem Verdrängungskörper und dem umzuformenden Werkstück entweichen mit der Folge eines Druckabfalls und der Gefährdung des Bedienungspersonal durch das mit sehr hoher Geschwindigkeit austretende Druckmedium.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zum Umformen metallischer Körper mittels über ein druckübertragendes Medium aufgebrachter hoher Drücke dahingehend zu verbessern, daß auch höchste Drücke ohne Dichtungspro-

bleme aufgebracht werden können. Es soll auch bei Anwendung höchster Drücke kein Druckmedium aus irgendwelchen Undichtigkeiten der Umformvorrichtung austreten. Dabei soll der Aufbau höchster Drücke auch schon bei geringeren Mengen des Verdrängungskörpers erreichbar sein.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß als druckübertragendes Medium ein niedrigschmelzendes Metall oder eine niedrigschmelzende Metallegierung mit hoher Plastizität verwendet wird. Diese erfindungsgemäße Maßnahme löst die gestellte Aufgabe, denn bei der Druckbeaufschlagung wird das metallische Druckmedium in etwaige Spalte hineingedrückt und dichtet diese dabei ab. Ferner wird der gewünschte hohe Druckaufbau schon bei geringer Bewegungslänge des oder der Verdrängungskörper erreicht, denn die Kompressibilität des metallischen Druckmediums ist gegenüber den bekannten flüssigen oder gasförmigen Druckmedien erheblich geringer.

Bevorzugt wird, daß mindestens ein Teil des druckübertragenden Mediums vor oder bei der Umformung auf eine die Plastizität erhöhende Temperatur erwärmt wird. Dies erleichtert das Fließen des metallischen Druckmediums in die Spalte, wo es sich dann abkühlt, erstarrt, dabei erhöhten Fließwiderstand bekommt, das Nachströmen weiteren Materials in die Spalte blockiert und dadurch den anschließenden Aufbau hoher Drücke ermöglicht. Das druckübertragende Medium sollte bevorzugt auf eine Temperatur erwärmt werden, die mindestens 40% der Liquidustemperatur beträgt. Es wird dabei von der üblichen Regel ausgegangen, daß der Bereich der Warmumformung oberhalb einer Temperatur liegt, die 50% der absoluten Schmelztemperatur entspricht. Der Bereich ist durch den Beginn thermisch aktivierter Prozesse gekennzeichnet. Insbesondere durch den Vorgang der Rekristallisation, wodurch es im Gegensatz zur Kaltverformung nicht zu einer Verfestigung kommt. Dies ist der Bereich der Warmumformungstemperatur des metallischen Druckmediums, in dem es das günstigste Fließverhalten hat.

Gemäß einer Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens soll das druckübertragende Medium bei der Umformung teilweise im flüssigen und teilweise im festen Zustand verwendet werden. Dieser Zustand setzt beispielsweise ein, wenn man das Druckmedium im flüssigen Zustand in den Preßhohlraum einfüllt, wonach es sich an den Wänden des Preßhohlraums abkühlt und unter Bildung einer Schale um den flüssigen Kern erstarrt. Der flüssige Kern läßt sich unter Druck noch besser verdrängen, als wenn das metallische Druckmedium im festen Zustand vorliegt.

Zwischen dem druckübertragenden Medium und dem umzuformenden Körper kann eine plastisch verformbare Wand den Wärmeübergang be-

hindern. Als druckübertragendes Medium hat sich Blei oder eine Bleilegierung am besten bewährt. Man kann allerdings auch eine Metallegierung, beispielsweise eine Zinnlegierung, verwenden, deren Fließeigenschaft der von Blei entspricht. Blei hat neben dem erwünschten niedrigen Schmelzpunkt hervorragende Fließeigenschaft, weil seine Festigkeit gering und Dehnbarkeit groß ist. Es hat ferner hervorragende Schmiereigenschaften. Daher sollte es nach dem Eindringen in die Spalte zwischen der sich relativ zueinander bewegenden Teile der Preßvorrichtung und/oder zwischen diesen und dem Preßling als Schmiermittel und fördert beispielsweise ein Ausweichen des umzuformenden Körpers unter dem Druck, ohne Verschleißmarken an der Preßvorrichtung zu hinterlassen. Das Blei oder eine Bleilegierung lassen sich fast rückstandsfrei wieder verwenden, so daß keine Abfallbeseitigungsprobleme entstehen. Blei hat zudem die vorteilhafte Eigenschaft, in Eisen unlöslich zu sein. Dadurch kommt es an den Kontaktflächen zwischen dem Umformling aus einer Eisenlegierung und dem Druckmedium Blei nicht zum Auflegieren mit Blei. Das Blei kann durch Erwärmen auf eine Temperatur oberhalb seiner Schmelztemperatur rückstandsfrei aus der Preßvorrichtung und/oder dem Umformling entfernt, aufgefangen und wie gesagt wieder verwendet werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das druckübertragende Medium durch einen unter dem Einfluß einer Kraft stehenden starren Verdrängungskörper so unter Druck gesetzt, daß die über die Verschiebung des Verdrängungskörpers erzeugte Volumenänderung des druckübertragenden Mediums zum überwiegenden Teil zu einer entsprechenden Umformung des metallischen Körpers führt und daß der restliche Teil der Volumenänderung sich beim Druckaufbau bildende Spalte abdichtend füllt. Dazu sollte bevorzugt mindestens der in unmittelbarer Nachbarschaft der Spalte befindliche Teil des druckübertragenden Mediums auf eine seinen Fließwiderstand vermindernde Temperatur erwärmt werden. Dies erleichtert das Eindringen des Druckmediums in die Spalte, wo es sich dann abkühlt, erstarrt und die Spalte abdichtet und gleichzeitig als Schmiermittel wirkt.

Eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist auf die Aufweitung eines metallischen an beiden Enden offenen zylindrischen Hohlkörpers, etwa eines Kappenrings, gerichtet. Dazu wird das Innere des Hohlkörpers mit dem druckübertragenden Medium gefüllt, die offenen Enden werden durch starre unter Druck stehende Wände verschlossen, und das druckübertragende Medium wird durch mindestens einen Verdrängungskörper unter Druck gesetzt. Das metallische druckübertragende Medium kann dabei im

festen Zustand eingefüllt werden oder halb fest oder halb flüssig, aber auch ganz in flüssigem Zustand. Mindestens eine der Wand sollte bevorzugt den Verdrängungskörper in Form eines koaxialen zur Symmetrieachse des Hohlkörpers hin sich verjüngenden Konus bilden. Dabei sollte eine solche Konusform für den Verdrängungskörper gewählt werden, daß durch seine Bewegung in das druckübertragende Medium hinein der Hohlkörper in die gewünschte Form aufgeweitet wird. Das Volumen des konusförmigen Verdrängungskörpers sollte dabei zumindestens dem Volumen entsprechen, welches für den Volumenzuwachs bei der Umformung des Werkstücks benötigt wird.

Eine andere bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist auf die Querschnittsverminderung von Langprodukten, wie Rundstäben, durch Extrudieren gerichtet. Dabei wird der Zwischenraum zwischen einer druckfesten Form und dem durch diese coaxial hindurchgeführten Langprodukt mit dem druckübertragenden Medium gefüllt. Das Langprodukt wird mit dem es als Schmiermittel umgebenden druckübertragenden Medium durch eine querschnittsreduzierende Düse extrudiert. Dabei kann druckübertragendes Medium kontinuierlich oder absatzweise in die Form nachgefüllt werden.

Zur Erleichterung der Umformung kann erfindungsgemäß auch der umzuformende metallische Körper vor der Umformung auf erhöhte Temperatur, insbesondere Warmformgebungstemperatur, erwärmt werden.

Eine weitere bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist auf das heißisostatische Pressen gerichtet. Dabei wird der den umzuformenden metallischen Körper enthaltende Pressenhohlraum mit dem druckübertragenden Medium in flüssigem Zustand gefüllt, und dieses wird dann durch einen Preßstempel als Verdrängungskörper unter hohen Druck gesetzt.

Eine Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens zum heißisostatischen Pressen besteht aus einer zylindrischen Preßform mit einem Boden, der nach dem Einsetzen des Preßlings verschließbar ist. Sie weist ferner einen in das gegenüber liegende offene Ende der Preßform einfahrbaren Preßstempel auf, einen Stutzen für die Zufuhr von flüssigem Blei oder einer flüssigen Bleilegierung und einen mittigen Anschlag für den Preßling, insbesondere in Form eines quer in den Preßhohlraum eingesetzten Siebes. Beim Einfüllen von flüssigem Blei oder einer flüssigen Bleilegierung in den Preßhohlraum schwimmt der Preßling auf und wird von dem Sieb als Anschlag etwa mittig im Preßhohlraum quasi berührungsfrei gehalten. Jedenfalls kann durch das Sieb der Preßling allseits (isostatisch) durch das druckübertragende Medium mit Druck beaufschlagt werden.

Bevorzugt kann der umzuformende Körper vor dem Preßvorgang mit einer wärmedämmenden Schicht, z.B. einer Emaille-Schicht oder einer Keramikschicht beschichtet werden, deren Verformungswiderstand den Umformprozeß nicht behindert.

Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher erläutert.

- Fig. 1 zeigt die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf das Aufweiten eines zylindrischen Hohlkörpers, etwa eines Kappenrings, schematisch im Längsschnitt,
- Fig. 2 ist eine abgewandelte Ausführung mit einem konusförmigen Oberstempel,
- Fig. 3 zeigt schematisch eine Preßvorrichtung im Längsschnitt zur Aufweitung eines mehrschichtigen zylindrischen Hohlkörpers,
- Fig. 4 zeigt das Aufweiten eines zylindrischen Hohlkörpers mittels eines konischen Verformungsstempels, der koaxial durch den Hohlkörper geführt wird und diesen dabei aufweitet,
- Fig. 5 zeigt schematisch einen Extrusionsvorgang und
- Fig. 6 einen solchen mit absatzweisem Nachfüllen von Druckmedium,
- Fig. 7 eine Extrusion in abgewandelter Ausführung,
- Fig. 8 zeigt in den Bildteilen a) bis c) den Ablauf beim heißisostatischen Pressen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Ein metallischer Körper 1 in Form eines Rings aus einem hochfesten austenitischen Stahl wird zwischen einer Bodenplatte 32 und einer Deckplatte 31 gesetzt, die durch Anwendung von Druckkräften 51,52 den Körper 1 einschließen. Durch eine auf einen Kolben 4 als Verdrängungskörper wirkende Kraft 1 wird durch den Kanal 30 in der Bodenplatte 32 Blei 2 in den Innenraum des Körpers 1 hineingedrückt. Das Blei hat dabei eine zwischen Raumtemperatur und seinem Schmelzpunkt liegende Temperatur, bevorzugt Warmumformungstemperatur. Im Bereich der Dichtungsflächen zwischen dem Körper 1 und den Platten 31,32 bilden sich bei Druckanwendung Ringspalte der Dicke 22, in die ein Teil des Bleis in Form eines Schmierfilms 21 hineinfließt. Dadurch kann die Bewegung des Körpers 1 gegen die beiden Platten 31,32 beim Aufweiten desselben in praktisch reibungsfreier Weise erfolgen. Durch das Verschließen der Ringspalte durch das Druckmedium Blei kann der Druckaufbau bis zu dem Innendruck erfolgen, der zur Weitung des Körpers 1 benötigt wird.

Fig. 2 zeigt eine abgewandelte Ausführung mit einem Oberstempel 41, dessen konusförmige Mantelfläche 42 in variabler Steigung so geformt ist, daß eine Bewegung des Konus in den Körper 1 hinein zu einer Volumenverdrängung führt. Diese sollte mindestens dem Betrag entsprechen, welcher durch den Volumenzuwachs des geweiteten ringförmigen Körpers 1 entsteht, so daß die Differenz in Form eines Schmierfilms 21 abfließen kann. Mit einer in Fig. 2 schematisch dargestellten Preßvorrichtung wurde ein Versuch durchgeführt. Dabei wurde ein Ring aus einer hochfesten stickstoffhaltigen austenitischen Stahllegierung mit 18% Chrom, 18% Mangan und 0,6% Stickstoff als wesentlichen Legierungselementen zum Zwecke der Kaltverfestigung geweitet. Die Ausgangsmaße des Ringes betrugen 200 mm Innendurchmesser, 280 mm Außendurchmesser, 370 mm Länge. Bauteile aus diesem Stahl werden als sogenannte Kappenringe beim Bau von Stromgeneratoren eingesetzt. Sie dürfen keine ferromagnetischen Eigenschaften aufweisen und müssen neben einer hohen Zähigkeit auch eine hohe Festigkeit aufweisen. Die geforderte Streckgrenze von 1100 bis 1500 MPa kann nur durch eine Kaltverfestigung eingestellt werden. Während dies bei Ringen mit großem Durchmesser ohne weiteres durch Aufweiten über einen Konus mit einer Folge von Keilen möglich ist, kann diese Methode bei Ringen mit geringem Innendurchmesser nicht eingesetzt werden, weil die spezifische Flächenreibung so groß wird, daß auch eine aufwendige Schmiertechnik nicht mehr zum Ziel führt.

Nach dem Aufsetzen des ringförmigen Körpers 1 auf die Bodenplatte 32 wurde flüssiges Blei mit etwa 400 °C in den Hohlraum des Körpers 1 eingefüllt. Entlang der Kontaktfläche zwischen dem Körper 1 und der Bodenplatte 32 sowie dem abwärts bewegten konusförmigen Oberstempel 41 erstarrt das Blei schnell und bildet in den entstehenden Spalten zwischen dem Körper 1 und der Bodenplatte 32 bzw. dem konusförmigen Oberstempel 41 Schmierfilme 21 aus. Sobald die konische Mantelfläche des Oberstempels 41 die obere Ringöffnung des hohlen Körpers 1 berührt, steigt der hydraulische Druck stark an. Dabei bleibt der Schmierfilm 21 in einer Dicke von einigen hundertstel Millimetern erhalten und fördert die Relativbewegung des Körpers 1 bei seinem Aufweiten gegenüber der Bodenplatte 32 und dem Oberstempel 41. Der erzielte Weitungsgrad betrug 40%. Während des Weitungsvorgangs steigt die Kraft bis auf 2300 t. Bezogen auf die Öffnung des geweiteten Körpers 1 entsprach dies einem Druck von etwa 2400 bar im Blei. Bemerkenswert war dabei die Tatsache, daß der Durchmesser des Rings über seine gesamte Länge nur um 2 mm abwich. Das beweist, daß sich Blei unter solchen Bedingungen als praktisch ideales hydraulisches Medium mit isostatischer Druck-

verteilung verhält. Anschließend wurde der konusförmige Preßstempel 41 angehoben und das Blei ausgeschmolzen. Bei einem Zugversuch ergab sich eine Streckgrenze von 1475 MPa für den geweiteten Hohlkörper.

Die Ausführung der Fig. 3 entspricht der nach Fig. 2, jedoch ist hier der Körper 1 ein in einer gasdichten Hülle eingeschweißtes und gewickeltes Blehcoil, das auf die Warmumformungstemperatur von 1200 °C erwärmt wurde. Durch eine wärmeisolierende und leicht verformbare Schicht 6 ist das Blehcoil von dem druckübertragenden Medium 2 getrennt. Die Schicht 6 vermindert den Wärmeübergang zwischen dem heißen Blehcoil und dem druckübertragenden Medium 2 und verhindert so dessen unzulässige Überhitzung einerseits und einer allzu schnellen Abkühlung des Blehcoils andererseits.

In einem Versuch mit einer solchen Vorrichtung wurde eine Laminat aus einem rostfreien Stahlblech für die Herstellung eines massiven hochfesten Ringes hergestellt. Ein Chrom-Nickel-Stahlblech mit 0,6 mm Dicke und 350 mm Breite wurde in einer Stickstoffatmosphäre bei 1200 °C auf 0,4% Stickstoffgehalt aufgestickt und anschließend auf eine Wickelspule mit zwei Seitenwänden von 420 mm Durchmesser und einem Dorn mit 260 mm Außendurchmesser fest aufgewickelt. Die letzte Wickellage lag bei 415 mm, und das Gesamtgewicht des rostfreien Blechs betrug 196 kg. Ein Stahlblech wurde um die letzte Wickellage eng gepreßt und dicht mit den Seitenwänden verschweißt, so daß ein gasdichtes Paket entstand. Dieses wurde während 6 Stunden in einem gasbeheizten Ofen auf 1200 °C erhitzt. Ein rostfreies Stahlrohr mit 2 mm Wandstärke und 350 mm Länge wurde mit Blei gefüllt und mit einer Kombination aus einem rostfreien Blech mit einem Hartkarton umwickelt. Der Wickelvorgang wurde so lange fortgeführt, bis nach 11 Wickellagen ein Außendurchmesser von 235 mm entstand. Die oberste Blechlage wurde dann mit dem Schweißgerät mehrmals auf die letzte Lage angepunktet, so daß ein solider Zylinder entstand, der gut in den Innendurchmesser von 250 mm des Blehcoins paßte. Gleichzeitig wurde noch ein massiver Außenring 7 mit einem Innendurchmesser von 449 mm bereitgestellt. Das heiße Blehcoil wurde in diesen Ring 7 hineingestellt, und der Zwischenraum zwischen beiden Teilen mit Quarzsand aufgefüllt, um das Füllvolumen zu vermindern. Diese Anordnung wurde zur Presse gefahren, wo das umwickelte bleigefüllte Rohr schon auf dem Pressentisch bereitstand. Nun wurden das Blehcoil mit umgebendem Ring 7 über das bleigefüllte Rohr abgesenkt. Der Totraum zwischen dem Blehcoil und der kalten Außenfläche des bleigefüllten Rohrs wurde mit Quarzsand aufgefüllt. Sodann wurde der Konus auf die Bleifläche

gesetzt und unter den Druck der Kraft 51 gesetzt. Die gesamte Rüstzeit betrug weniger als 9 Minuten, so daß das heiße Blehcoil keinen nennenswerten Temperaturverlust erlitt.

5 Nach dem Einschalten der Presse wurde in einer ersten Phase das bleigefüllte Rohr geweitet, bis es mit dem heißen Blehcoil Kontakt bekam. In der zweiten Phase wurde der Druck im Blei auf ca. 500 bar gesteigert bis der Kontakt des Blehcoils mit dem Stützring 7 erreicht wurde. Dies zeigte sich in einem Anstieg des Preßdrucks auf 2100 bar. Dieser Druck wurde während einer halben Minute aufrecht erhalten und anschließend wurde wieder entlastet. Es zeigte sich, daß das Blei noch fest war, d.h. der Verbund aus Karton und Blech hatte in einwandfreier Weise funktioniert. Einerseits verhinderte der Zwischenring den Wärmeaustausch zwischen dem Blehcoil und dem Blei, andererseits übertrug er den Druck des Bleis auf das Blehcoil. Erst nach 2 Stunden stieg die Temperatur im Blei so hoch an, daß dieses zu schmelzen begann. Da der Zwischenring vorher über einen Auffangbehälter gestellt worden war, konnte das Blei auf diese Weise ohne Schwierigkeiten aus dem Coil entfernt werden. Die spätere metallografische Untersuchung des Blehcoils ergab eine einwandfreie Verschweißung der einzelnen Blehphasen innerhalb des Coils.

Als weiteres Beispiel zeigt die Fig. 4 die Kaltweitung eines rohrförmigen Körpers 1. Der Verdrängungskörper 41 mit kegelstumpfförmiger Druckfläche wird durch die Kraft 51 über den Stempel als Verdrängungskörper 4 durch den Körper 1 unter Aufweitung desselben gedrückt. Der Hohlraum des Körpers 1 ist mit Blei 2 gefüllt, das bei der Vorwärtsbewegung des Verdrängungskörpers 4 durch den Spalt zwischen diesem und dem Körper 1 unter Bildung eines Schmierfilms 21 zwischen beiden Teilen und dem Körper 1 verdrängt wird.

Fig. 5 zeigt das Extrudieren eines Langproduktes, hier eines Rundstabes. In dem Hohlraum 33 der Extrusionsform 34 ist der umzuformende metallische Körper 1 eingesetzt und der Zwischenraum zwischen ihm und der Wandung des Hohlraums 33 ist mit Blei 2 gefüllt. Aufgrund der Druckkraft 51 auf den Preßstempel 4 wird der umzuformende Körper 1 unter Querschnittsverminderung durch die Extrusionsdüse 35 geschoben. Durch den Spalt zwischen der Innenfläche der Extrusionsdüse 35 und der Außenfläche des querschnittsverminderten Körpers 1 wird ein Bleifilm 21 herausgedrückt, der den Extrusionsvorgang fördert.

Fig. 6 zeigt das automatische Nachfüllen von Blei in den Extruder. Eine Trommel 37 besitzt regelmäßig verteilte Bohrungen 39. An einer Stelle wird ein zylindrischer Körper 24, z.B. aus Blei, in eine Bohrung 39 eingeführt. Nach einer entspre-

chenden Drehung der Trommel 37 befindet sich ein gleicher zylindrischer Bleikörper 25 vor dem Hohlraum 33 der Extrusionsform 34.

Fig. 7 zeigt eine Extrusionsvorrichtung wie in Fig. 5. Bei der Ausführung gemäß Fig. 7 wird jedoch das Blei in flüssiger Form in den Hohlraum 33 eingegossen oder ähnlich wie bei Druckguß eingeschossen. Die Extrusionsdüse 35 und/oder der direkt angrenzende Bereich der Extrusionsform 34 ist wassergekühlt. Dadurch erstarrt in diesem Bereich 23 das Blei und bildet über seinen erhöhten Fließwiderstand einen dichtenden und schmierenden Film 21 aus, über den der hydraulische Druck im Hohlraum 33 der Extrusionsform 34 aufgebaut werden kann.

Fig. 8 zeigt in den Bildteilen a) bis c) eine Presse zum heißisostatischen Pressen.

Ein druckfester Behälter 34 kann unten mit einem Bodendeckel 32 verschlossen werden. Er besitzt eine Innenbohrung von z.B. 40 mm Durchmesser, welche im unteren Bereich mit einer keramischen Auskleidung 61 thermisch isoliert ist. Auf diese thermische Isolierung 61, die z.B. ein eingeschobenes Keramikpapier sein kann, wird eine Keramik-Siebplatte 62 aufgesetzt, welche ähnlich wie die bekannten Siebkerne bei Anschnittsystemen von Gußstücken aufgebaut ist. Oberhalb der Siebplatte 62 verjüngt sich der Hohlraum 33 des druckfesten Behälters 34 auf einer Teilstrecke 33a bis auf den Innendurchmesser des zylindrischen Teilstücks 33b, in dem der Preßstempel 4 mit einem gewissen Spiel laufen kann. Seitlich befindet sich im druckfesten Behälter noch eine Bohrung, in der ein Keramikrohr 8 eingesetzt ist, durch welches flüssiges Blei 2 eingebracht werden kann.

Bei geöffnetem Bodendeckel 32 wird nun ein zu verpressender Körper 1 in den Innenraum 33 eingefahren, welcher in einem vorgeschalteten Wärmebehandlungssofen bereits auf Arbeitstemperatur gebracht worden war. Der Deckel 32 wird sodann geschlossen und mit dem Behälter 34 in nicht näher beschriebener Weise druckfest verkoppelt. Der Behälter 34 enthält eine Wasserkühlung, welche nicht näher gezeigt ist.

Über das Seitenrohr 8 wird in Richtung des Pfeiles 81 flüssiges Blei 2 eingespritzt (Fig. 8b), wobei die bekannte Technologie des Druckgusses zur Anwendung kommen kann. Die Atmosphäre im Behälterraum 33 kann dabei über den Luftspalt zwischen dem Stempel 4 und der Innenfläche 33b abfließen. Der Füllstand des Bleis 2 gelangt z.B. bis zum Niveau 82. Durch den Auftrieb der schweren Bleischmelze ist der Körper 1 aufgeschwommen, wird jedoch durch die Siebplatte 62 am weiteren Aufstieg gehindert.

Sofort nach dem Füllvorgang kommt es an den Stellen, wo das flüssige Blei mit der kalten Metallwand in Kontakt kommt, zur spontanen Ausbildung

einer festen Randschicht 23 (Fig. 8c), so daß sowohl der Dichtungsspalt des Bodendeckels 32 wie auch derjenige des Stempels 4 einwandfrei gegen den hohen Druck gedichtet sind. Im Luftspalt fließt festes Blei entsprechend dem Grundprinzip der Erfindung ab und schmiert dabei. Wird auf den Stempel 4 mit Durchmesser von z.B. 40 mm eine Kraft von 60 t ausgeübt, so kommt es z.B. innerhalb von Sekunden zum Aufbau eines isostatischen Druck von 5000 bar, was zur augenblicklichen Verdichtung des Körpers 1 führt. Da sich dieser in einem "thermisch isolierten Keramikkäfig" befindet, erfolgt der Temperaturabfall entsprechend langsamer. Er kann jedoch durch entsprechende Dimensionierung der Wandstärken in weiten Grenzen variiert werden.

Nach Ablauf des Preßzyklus wird der Druck entlastet und der Bodendeckel 32 geöffnet, worauf der Inhalt ausgestoßen werden kann. Er fällt z.B. auf ein Sieb, wo das Blei mit der Restwärme abfließt und einem Sammel-tank zufließt. Von dort steht es für den nächsten Schuß bereit.

Vorteile einer solchen Anordnung sind im Gegensatz zu einer normal HIP-Anlage:

- kein teurer Ofen,
- kein teurer Kompressor,
- keine Dichtungselemente,
- kein Verbrauch an teurem Kompressionsgas.

Ein besonderer Vorteil ist dabei, daß Blei zwar einen niedrigen Schmelzpunkt von 327 °C besitzt, daß der Siedepunkt jedoch erst bei Temperaturen oberhalb 1600 °C liegt. Bei den für die Metallverdichtung üblichen Temperaturen von z.B. 1150 °C liegt der Dampfdruck also erst im Bereich von 10 mbar. Hoherhitztes Blei würde jedoch nicht mit der Umwelt in Kontakt kommen, da sich unmittelbar nach dem Einspritzen eine dichte Schale aus festem Blei bildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen metallischer Körper mittels hoher über ein druckübertragendes Medium aufgebracht Drücke, **dadurch gekennzeichnet, daß** als druckübertragendes Medium ein niedrigschmelzendes Metall oder eine niedrigschmelzende Metallegierung mit hoher Plastizität verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein Teil des druckübertragenden Mediums vor oder bei der Umformung auf eine die Plastizität erhöhende Temperatur erwärmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das druckübertragende Medium auf eine Temperatur erwärmt wird, die minde-

stens 40% der Liquidustemperatur beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das druckübertragende Medium bei der Umformung teilweise im flüssigen und teilweise im festen Zustand verwendet wird. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen dem druckübertragenden Medium und dem umzuformenden metallischen Körper eine plastisch verformbare Wand den Wärmeübergang behindert. 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** als druckübertragendes Medium Blei oder eine Bleilegierung eingesetzt wird. 15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** als druckübertragendes Medium eine Metallegierung verwendet wird, deren Fließeigenschaft der von Blei entspricht. 20
25
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das druckübertragende Medium durch einen unter dem Einfluß einer Kraft stehenden starren Verdrängungskörpers so unter Druck gesetzt wird, daß die durch die Verschiebung des Verdrängungskörpers auf das druckübertragende Medium ausgeübte Kraft zum überwiegenden Teil eine entsprechende Umformung des metallischen Körpers herbeiführt und der restliche Teil der Kraft die sich beim Druckaufbau bildenden Spalte mit einem Teil des druckübertragenden Mediums abdichtend füllt. 30
35
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens der in unmittelbarer Nachbarschaft der Spalte befindliche Teil des druckübertragenden Mediums auf eine seinen Fließwiderstand erhöhende Temperatur abkühlen gelassen wird. 40
45
10. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, auf die Aufweitung eines an beiden Enden offenen zylindrischen metallischen Hohlkörpers, wie eines Kappenringes, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Innere des Hohlkörpers mit dem druckübertragenden Medium gefüllt wird, die offenen Enden durch starre unter Druck stehende Wände verschlossen sind und das druckübertragende Medium durch mindestens einen Verdrängungskörper unter Druck gesetzt wird. 50
55
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine der Wände den Verdrängungskörper in Form eines zur Symmetrieachse des Hohlkörpers hin sich verjüngenden coaxialen Konus bildet.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Konusform des Verdrängungskörpers so gewählt wird, daß durch seine Bewegung in das druckübertragende Medium der Hohlkörper in die gewünschte Form aufgeweitet wird.
13. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, auf die Querschnittsverminderung von Langprodukten, wie Rundstäben, durch Extrudieren, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Zwischenraum zwischen einer druckfesten Form und dem durch diese coaxial hindurchgeführten Langprodukte mit dem druckübertragenden Medium gefüllt wird und das Langprodukt mit dem es als Schmierfilm umgebenden druckübertragenden Medium durch eine querschnittsreduzierende Düse extrudiert wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** druckübertragendes Medium kontinuierlich oder absatzweise in die Form nachgefüllt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der metallische Körper vor der Umformung auf erhöhte Temperatur, insbesondere Warmformgebungstemperatur, erwärmt wird.
16. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit 15 auf das heißisostatische Pressen, **dadurch gekennzeichnet, daß** daß der den umzuformenden metallischen Körper enthaltende Preßhohlraum mit flüssigem druckübertragenden Medium aufgefüllt und dieser dann durch einen Preßstempel als Verdrängungskörper unter Druck gesetzt wird.
17. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 16, **gekennzeichnet durch** eine zylindrische Preßform (34) mit nach Einsetzen des zu pressenden Körpers (1) verschließbarem Boden (32) an einem Ende und mit einem in das Ende einfahrbaren Preßstempel (4), einen Stutzen (8) für die Zufuhr von flüssigem Blei (2) oder einer flüssigen Bleilegierung und durch einen mittigen Anschlag für den Körper (1).

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Anschlag ein quer in den Preßhohlraum (33) eingesetzte Siebplatte (62) ist.

5

19. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** der umzuformende Körper vor dem Preßvorgang mit einer wärmedämmenden Schicht, z.B. einer Emaille-Schicht oder einer Keramikschicht, beschichtet wird, deren Verformungswiderstand den Umformprozeß nicht behindert.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

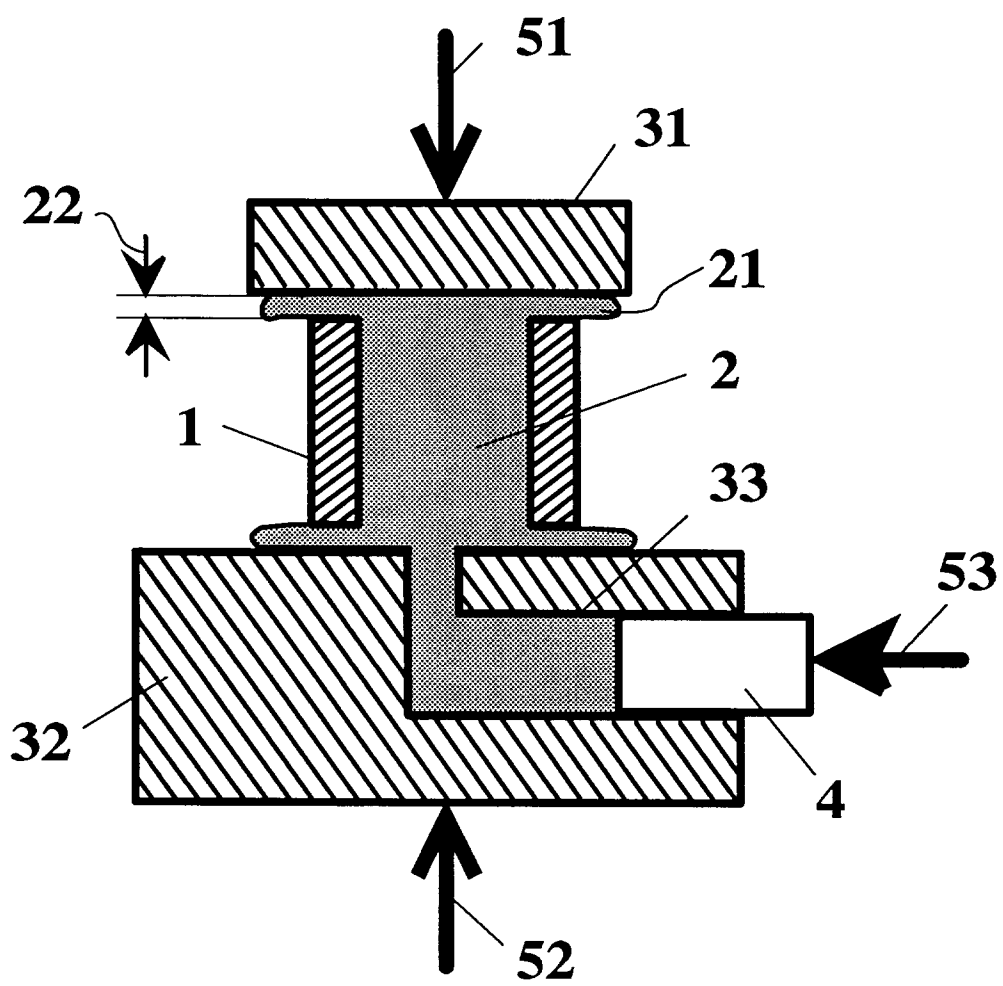


Fig. 1

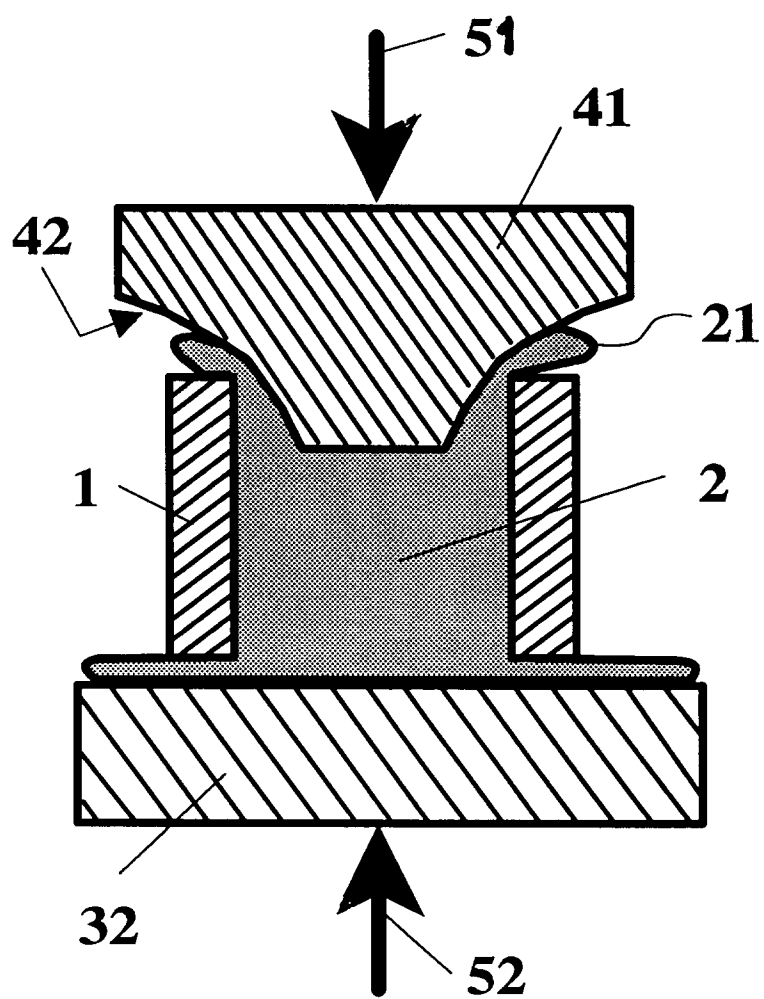


Fig. 2

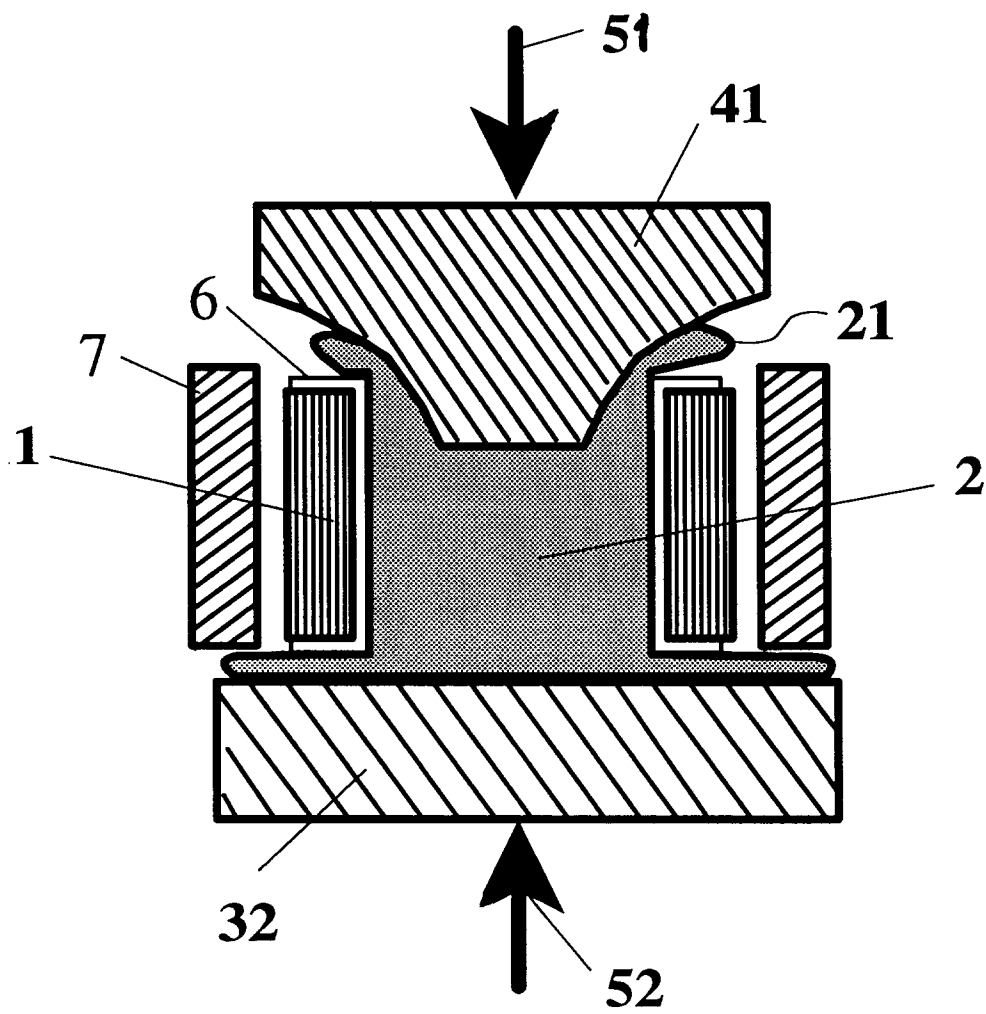


Fig. 3

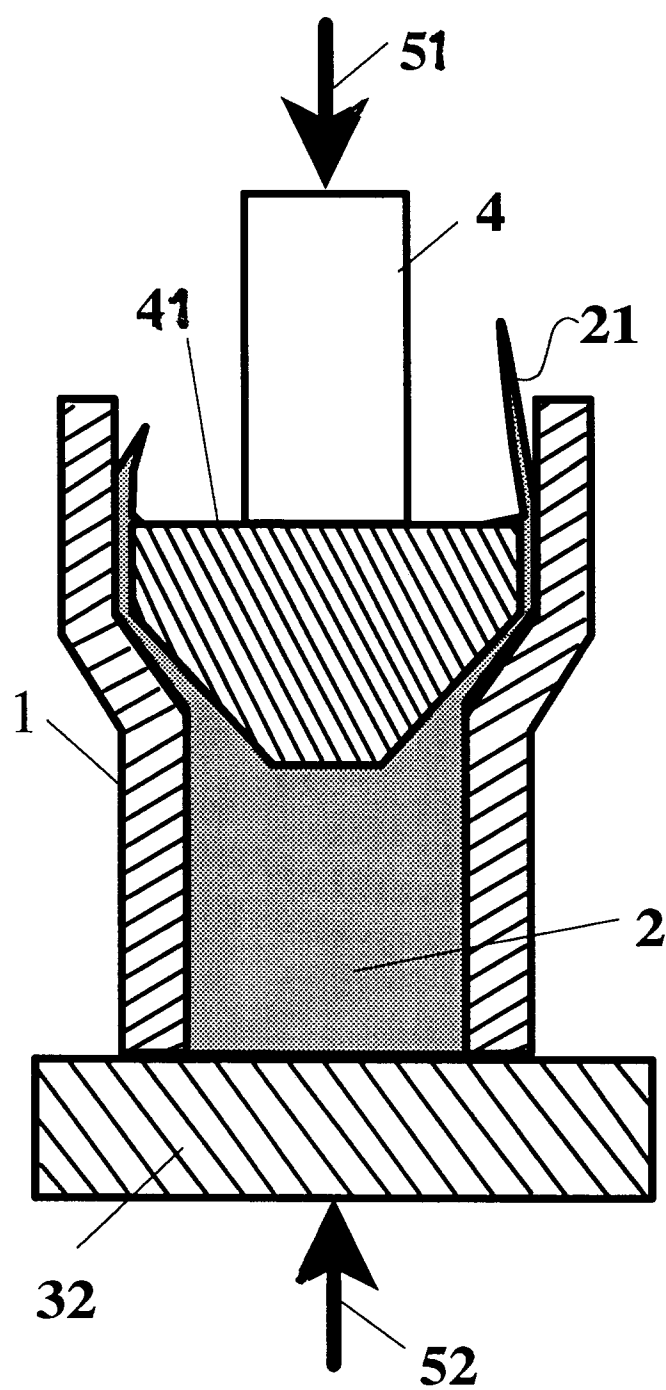


Fig. 4

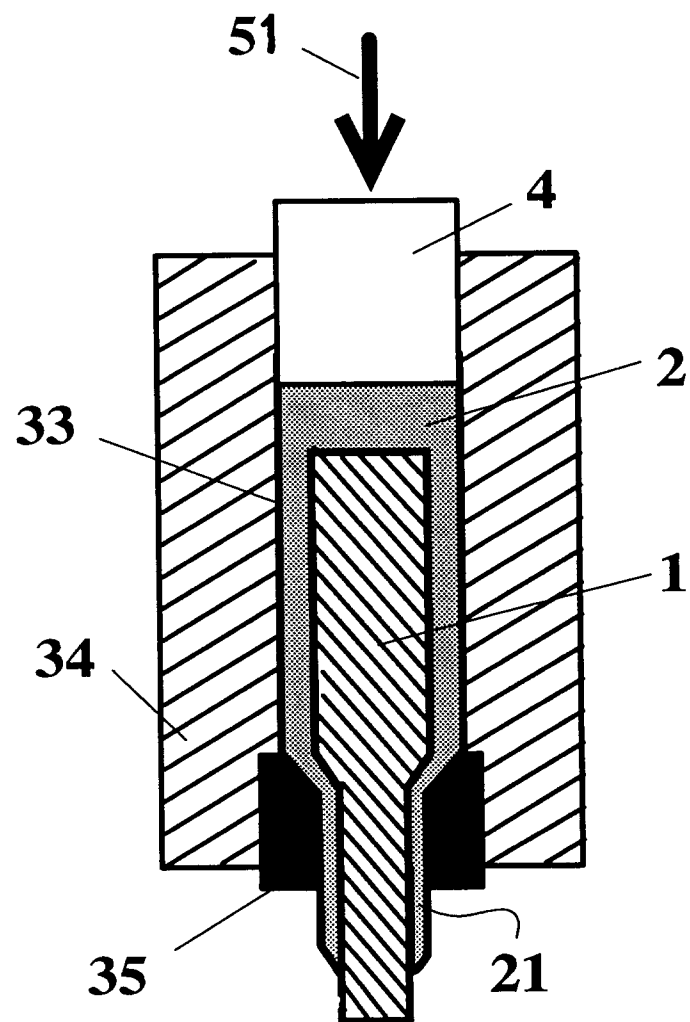


Fig. 5

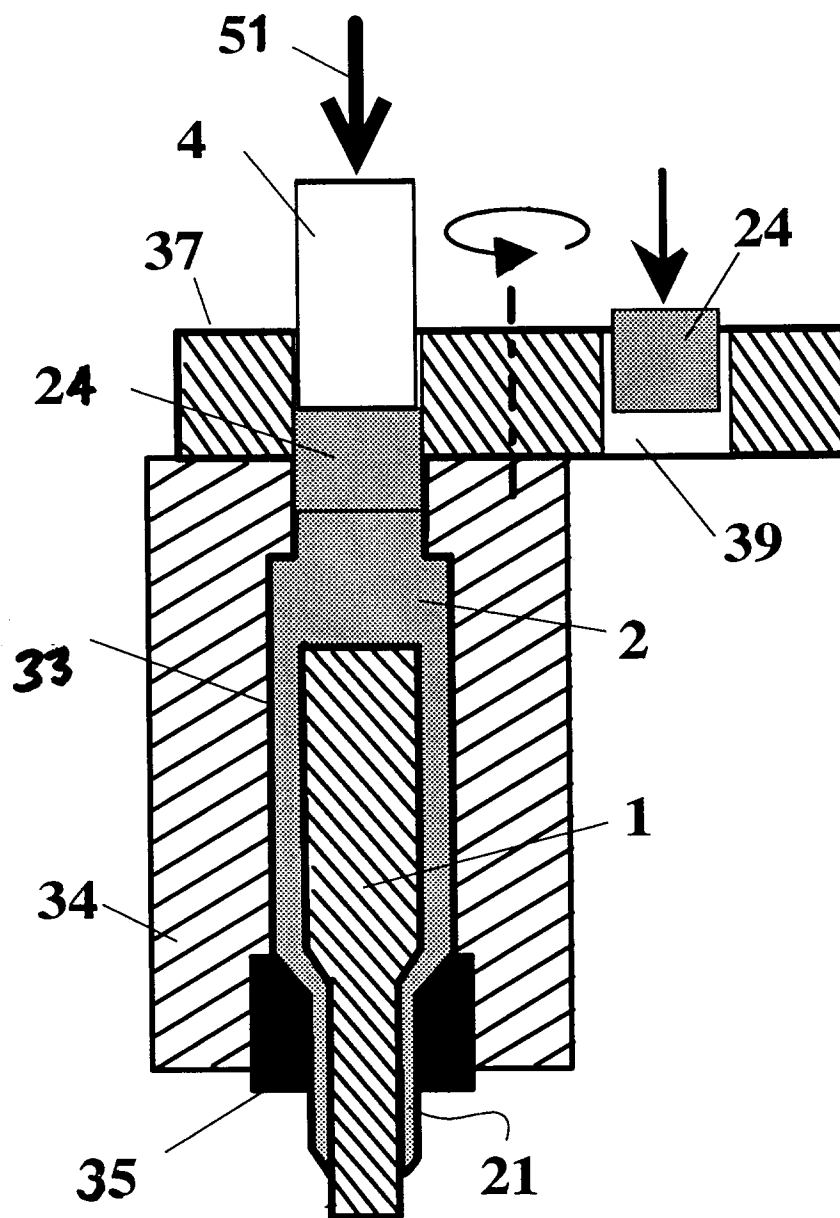


Fig. 6

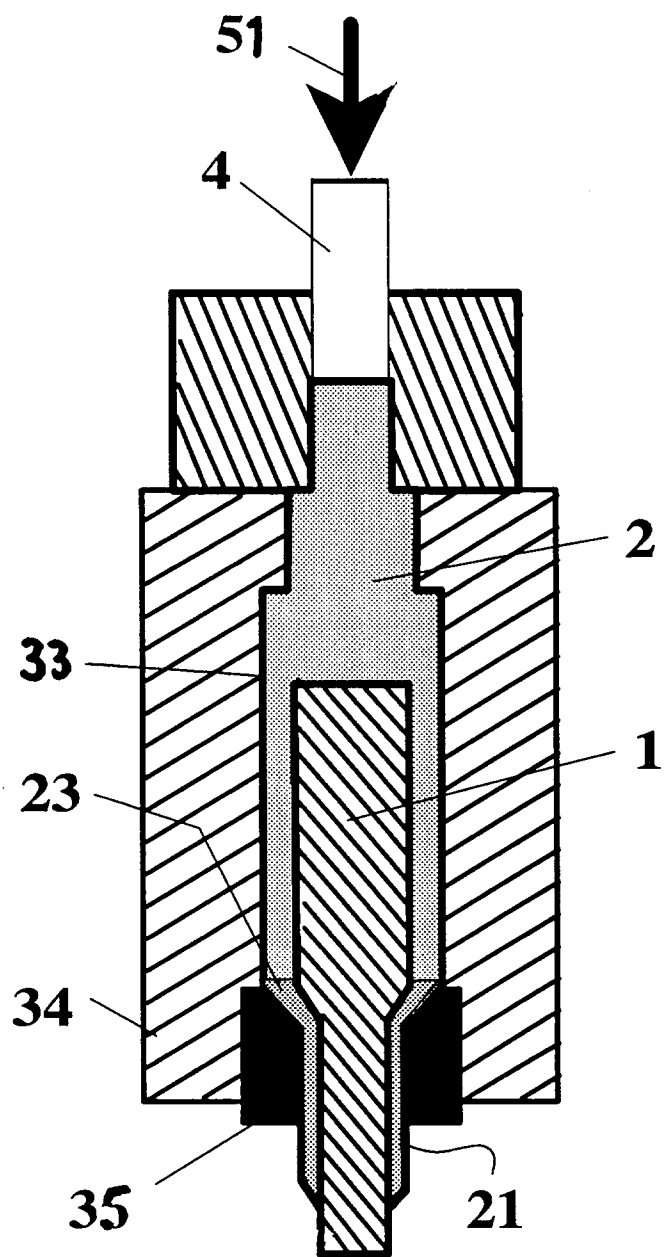


Fig. 7

Fig. 8a

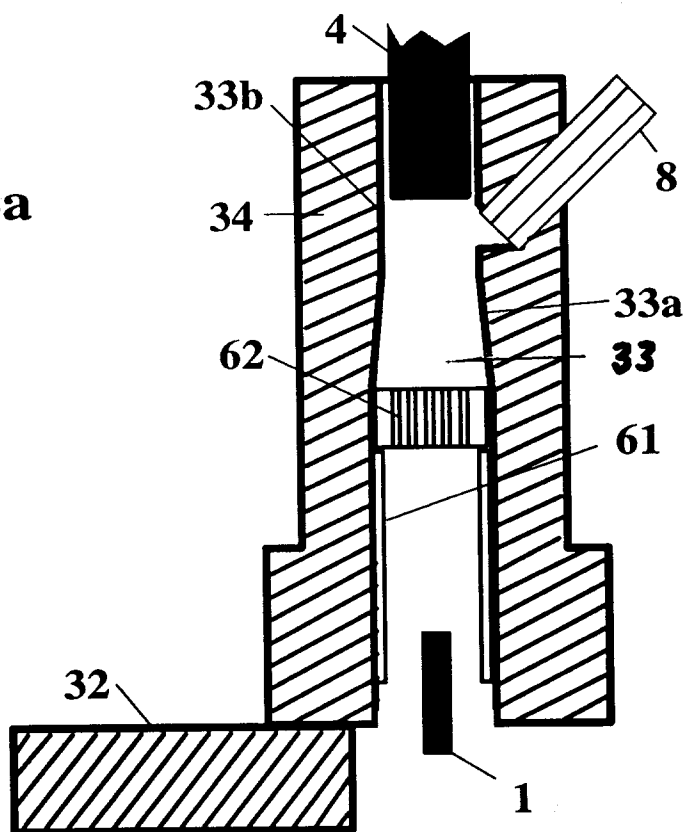


Fig. 8b

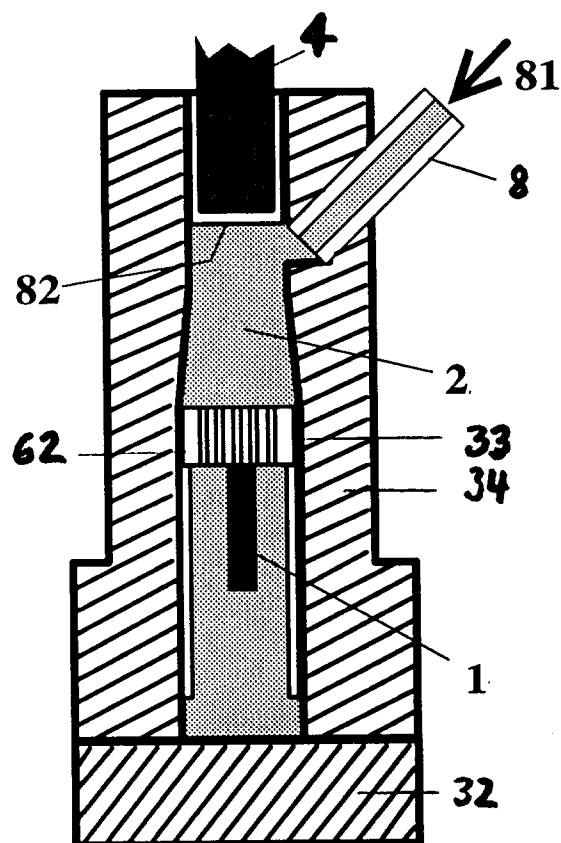
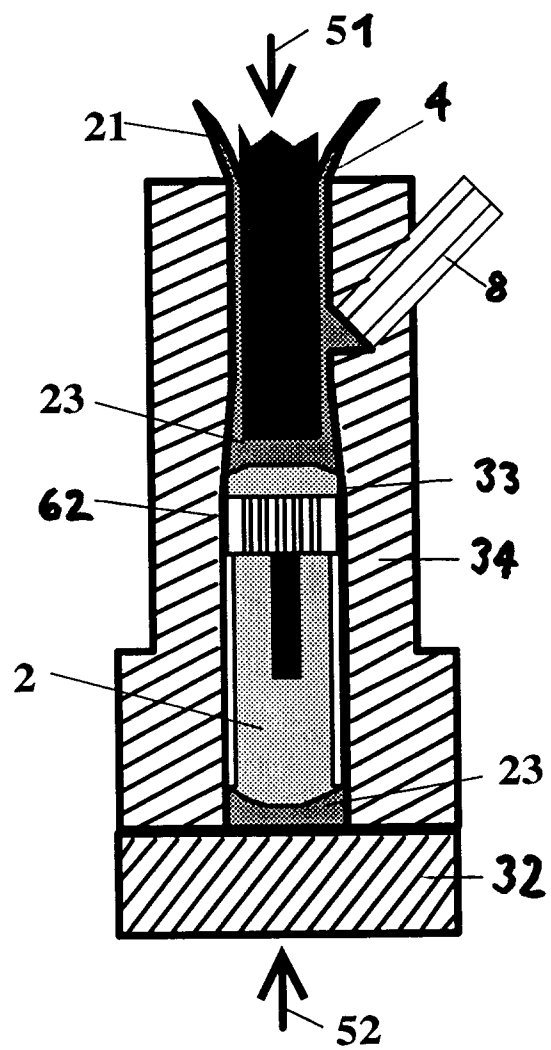


Fig. 8c





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 2201

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,A	DE-C-21 55 194 (KRUPP) * Anspruch 1; Abbildungen 1,2 * ----	1	B21D22/12 B21D26/02 B21D41/02
D,A	DE-A-28 06 008 (BBC) * Ansprüche 1-3; Abbildung 1 * ----	1	
A	US-A-4 364 251 (NISHIHARA) * Ansprüche 1,2; Abbildung 1 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 19. Juli 1995	Prüfer Schlaitz, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	