



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.07.2003 Patentblatt 2003/30

(51) Int Cl.7: **B21D 26/02, B21C 37/29**

(21) Anmeldenummer: **02405027.0**

(22) Anmeldetag: **17.01.2002**

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

(71) Anmelder: **Alcan Technology & Management AG**
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)

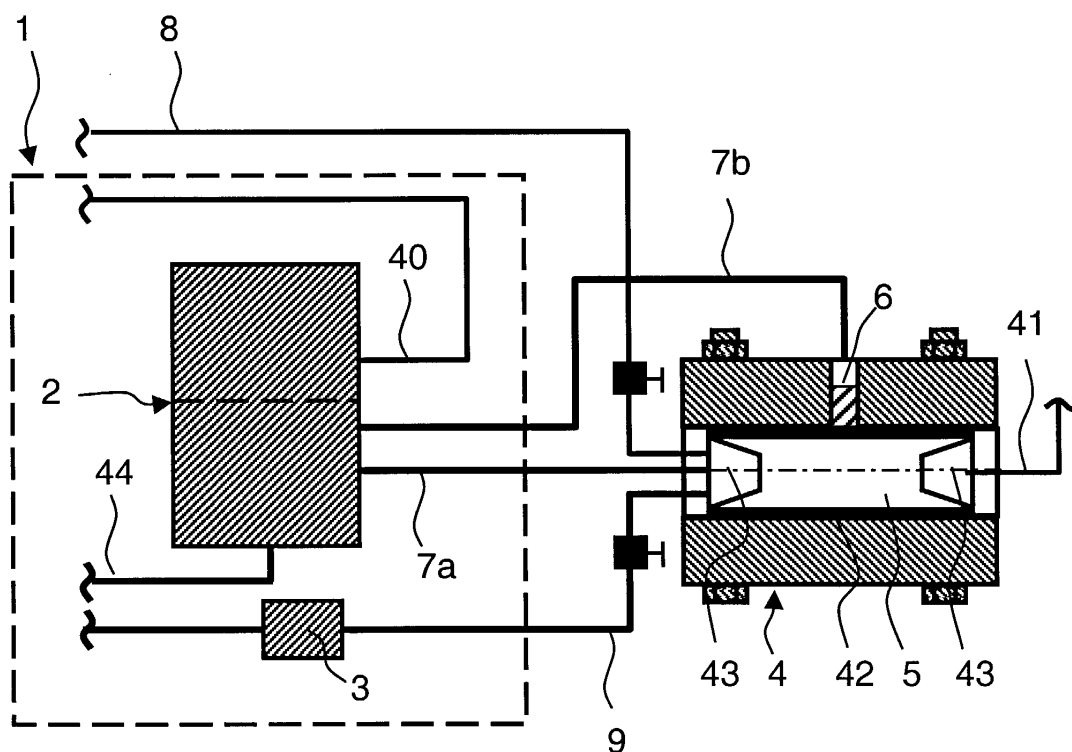
(72) Erfinder:
• **Leppin, Christian**
8200 Schaffhausen (CH)
• **Gehrig, Markus**
8200 Schaffhausen (CH)

(54) **Innenhochdruck-Umformvorrichtung und Verwendung derselben**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Umformen von Ein- oder Mehrkammerhohlprofilen (42) mittels eines im Profilhohlraum (5) durch ein flüssiges Druckmedium erzeugten Innenhochdruckes. Die Vorrichtung enthält ein Umformwerkzeug (4) mit einer das Hohlprofil (42) aufnehmenden Kavität, sowie eine Druckerzeugungsanlage (1) zum Erzeugen des Innen-

hochdruckes. Die Druckerzeugungsanlage (1) enthält eine Verdrängungspumpe mit Druckübersetzer aus einem längsgekoppelten Verdrängungskörper mit verschiedenen grossen Wirkflächen A_1 , A_2 , welcher mit einer Hubfrequenz f arbeitet, wobei mittels Hubbewegungen des Druckübersetzers ein primärseitig aufgebrachte Druck p_1 bis zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes auf den höheren Sekundärdruck p_2 gewandelt wird.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum aufweisenden Werkstücks mittels über ein strömbares Wirkmedium in dem abgedichteten Hohlraum des Werkstücks erzeugten Innenhochdrucks, enthaltend ein Umformwerkzeug mit einer das Werkstück aufnehmenden Kavität, und eine Druckerzeugungsanlage zur Erzeugung eines Innenhochdrucks. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Umformen besagter Werkstücke unter Verwendung einer erfindungsgemässen Vorrichtung.

[0002] Beim sogenannten Innenhochdruckumformverfahren, nachfolgend IHU-Verfahren genannt, wird ein Hohlkörper mittels Innenhochdruck ausgedehnt bzw. umgeformt. Dazu werden die Öffnungen des Hohlkörpers mittels Dichtstempel abgedichtet, um in dessen Hohlraum mittels eines Wirk- bzw. Druckmediums, welches über den Dichtstempel in den Hohlraum des Werkstücks zugeführt wird, einen Überdruck aufzubauen und zu halten. Der erzeugte Überdruck führt zu einer Ausweitung bzw. Umformung des Hohlkörpers, wobei der Hohlkörper die durch die Werkzeugkavität, in welche der Hohlkörper zuvor eingelegt wurde, vorgegebene Raumform annimmt.

[0003] Seit einiger Zeit nutzt man mit dem IHU-Verfahren ferner auch eine Verfahrenskombination von Umformen und Schneiden, Stanzen bzw. Lochen. Das heisst, während dem IHU-Verfahren werden mittels Innenhochdruck zugleich Ausnehmungen aus den Wandungen herausgearbeitet.

[0004] Die umformrelevanten Drücke, welche aufgebaut werden müssen, hängen unter anderem vom umzuformenden Werkstoff, von der Formgebung und den Wanddicken des Werkstücks sowie von der Umformgeometrie und dem Umformungsgrad ab. Ferner erfordert das Auspressen von Öffnungen mittels IHU-Verfahrens besondere Anforderungen an die Innendrücke.

[0005] Zur Erzeugung des Innenhochdrucks stehen bis anhin sogenannte gleichförmig arbeitende Druckübersetzer mit hydraulischem Antrieb für flüssige Druckmedien im Einsatz. Gleichförmig arbeitende Druckübersetzer sind funktionsgemäss zwei längsgestapelte Zylinder mit verschiedenen grossen Wirkflächen A_1 , A_2 , praktisch als Gerät mit Stufenkolben ausgeführt, mit denen der primärseitig aufgebrachte Druck p_1 auf den höheren Enddruck, den sogenannten Sekundärdruck p_2 , gewandelt wird, wobei der Stufenkolben zur Druckerzeugung einen einfachen Weg zurücklegt. Der Druckerhöhungsfaktor ergibt sich bei Vernachlässigung der Reibungsdruckverluste als Verhältnis der Wirkflächen:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

[0006] Da der Druckübersetzer sekundärseitig mit relativ grosser Kolbenfläche arbeitet, erfolgt der primärseitige Betrieb in der Regel mit flüssigen Medien.

[0007] Üblicherweise enthält die Druckerzeugungsanlage eine Vorfüllpumpe, welche das Innenhochdruck-System zu Beginn des Umformprozesses mit dem Druckmedium beschickt und zugleich einen erhöhten Basisdruck erzeugt. Mittels Druckübersetzer wird nachfolgend der End- bzw. Umformdruck erzeugt. Da der Volumenstrom des kaum komprimierbaren flüssigen Druckmediums aufgrund des vorgängig erzeugten Basisdrucks klein ist, wird der durch den Stufenkolben erzeugte Umformdruck unmittelbar erreicht, wobei der einfach zurückgelegte Weg des Stufenkolbens in der Regel unter dem maximal möglichen einfachen Kolbenweg liegt.

[0008] Der durch den Druckübersetzer maximal erzeugbare Volumenstrom des Druckmediums ist durch den einfachen Kolbenweg begrenzt, d.h. nachdem der Stufenkolben einen einfachen Kolbenweg zurückgelegt hat, ist eine weitere Druckerhöhung nicht mehr möglich. Diese Problematik tritt beispielsweise in Fällen auf, in welchen der Druckübersetzer relativ hohe Volumenströme zur Druckerzeugung generieren muss, wie beispielsweise bei einem Leck auf der Hochdruckseite oder bei sehr grossen Profilaufweitungen im Umformprozess. So kann es vorkommen, dass der Druckübersetzer den notwendigen Maximaldruck nicht erzeugen kann, da dieser nach Zurücklegen eines einfachen Kolbenweges durch den Stufenkolben noch nicht erreicht ist.

[0009] Herkömmliche, mit Druckübersetzern ausgestattete IHU-Vorrichtungen sind relativ unflexibel, da der Volumenstrom, welcher ein Druckübersetzer zur Erzeugung des Innenhochdrucks generieren kann, durch den einfachen Kolbenweg begrenzt ist. Ferner ist die Installation und der Betrieb herkömmlicher Druckübersetzer verhältnismässig aufwendig, so dass z.B. der Aufbau einer IHU-Vorrichtung zu temporären Versuchszwecken oder für Kleinserien unter Verwendung von gleichförmig arbeitenden Druckübersetzern kaum wirtschaftlich ist.

[0010] Aufgabe vorliegender Erfindung ist, eine IHU-Vorrichtung mit einer Druckerzeugungsvorrichtung vorzuschlagen, welche eine flexible Leistungsanpassung bezüglich der Höchstdrücke erlaubt sowie flexibel in ihrer Installation und im Arbeitseinsatz ist und trotzdem kostengünstig ist.

[0011] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Druckerzeugungsanlage eine Verdrängungspumpe mit einem Druckübersetzer aus einem längsgestapelten Verdrängungskörper mit verschiedenen grossen Wirkflächen A_1 , A_2 enthält, und der Verdrängungskörper mit einer Hubfrequenz f arbeitet, und sich mittels Hubbewegungen des Druckübersetzers ein primärseitig aufgebrachter Druck p_1 bis zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes jeweils auf einen höheren Sekundärdruck p_2 wandeln lässt, wobei sich der Druckerhöhungsfaktor aus der Beziehung:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

ableiten lässt.

[0012] Ferner betrifft die Erfindung auch eine Vorrichtung zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum aufweisenden Werkstücks mittels über ein strömbares Wirkmedium in dem abgedichteten Hohlraum des Werkstücks erzeugten Innenhochdrucks, enthaltend ein Umformwerkzeug mit einer das Werkstück aufnehmenden Kavität, wobei das Umformwerkzeug Mittel zum Anbringen von Ausnehmungen, insbesondere von Lochungen, im Werkstück während des IHU-Prozesses enthält, und die Mittel einen in einem Wandhohlraum des Formwerkzeuges wandschlüssig geführten Stempel umfassen, wobei die Ausnehmungen durch Zurückfahren des Stempels entgegen dem Werkstück über die Wirkung des Innenhochdrucks eingebracht werden, und die Stempelbewegung über einen Stempelgegendruck gesteuert wird und der Stempelgegendruck über eine Druckerzeugungsanlage erzeugt wird. Die besagte Druckerzeugungsanlage enthält eine Verdrängungspumpe mit einem Druckübersetzer aus einem längsgelagerten Verdrängungskörper mit verschiedenen grossen Wirkflächen A_1 , A_2 , wobei der Verdrängungskörper mit einer Hubfrequenz f arbeitet, und mittels Hubbewegungen des Druckübersetzers ein primärseitig aufgebracht Druck p_1 bis zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes jeweils auf einen höheren Sekundärdruck p_2 gewandelt wird, wobei sich der Druckerhöhungsfaktor aus der Beziehung:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

ableiten lässt.

[0013] Der zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes während eines Umformzykluses mit einer Hubfrequenz f arbeitende Druckübersetzer der Verdrängerpumpe ist foglich im Gegensatz zum gleichförmig arbeitenden Druckübersetzer ein oszillierender Druckübersetzer, welcher den vorgegebenen Kolbenweg mehrfach zurücklegt. Somit lässt sich im Gegensatz zum gleichförmig arbeitenden Druckübersetzer ein kontinuierlicher, unbegrenzter Volumenstrom des Druckmediums erzeugen, da dieser nicht von einem einfachen Kolbenweg abhängig ist.

[0014] Die Werkstücke können zum Beispiel Ein- oder Mehrkammerhohlprofile mit stirnseitigen Öffnungen sein. Ferner können die Werkstücke auch Hohlkörper mit einer behälterförmigen Gestalt sein. Die Werkstücke sind bevorzugt aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.

[0015] Die Druckerzeugungsanlage zur Erzeugung des Innenhochdrucks und/oder des Stempelgegendrucks enthält bevorzugt eine Hubkolbenhochdruck-

pumpe, auch Kolbenhochdruckpumpe genannt. Die Kolbenhochdruckpumpe ist primärseitig bevorzugt pneumatisch, d.h. mit einem Gas, wie Luft bzw. Druckluft, betrieben. Die Kolbenhochdruckpumpe wird bevorzugt mit Druckluft im Bereich von 1 bis 15 bar angetrieben, wobei die Druckluft mittels eines separaten Verdichters, wie Kompressor, auf einen höheren Druck befördert und der Verdrängungspumpe zugeführt wird. Die Kolbenhochdruckpumpe kann primärseitig auch hydraulisch, d.h. mit einem flüssigen Medium betrieben werden. Die Kolbenhochdruckpumpe ist bevorzugt selbstsaugend.

[0016] Die Kolbenhochdruckpumpe kann primärseitig einen ein- oder mehrstufigen Kolbenantrieb aufweisen. Das heisst, die Kolbenhochdruckpumpe kann primärseitig einen, zwei, drei oder mehrere gekoppelte Kolben aufweisen. Die Kolbenhochdruckpumpe mit einem primärseitig ein- oder mehrstufigen Kolbenantrieb kann ferner eine einfach- oder doppelwirkende Kolbenhochdruckpumpe sein. Das heisst, die Kolbenhochdruckpumpe erzeugt in einer oder beiden Hubrichtungen einen sekundärseitigen Druck.

[0017] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung enthält die Druckerzeugungsanlage zur Erzeugung des Innenhochdrucks und/oder des Stempelgegendrucks eine Mehrzahl von parallel geschalteten Kolbenhochdruckpumpen. Die Kolbenhochdruckpumpen bedienen ein gemeinsames Hochdrucksystem, wobei die Kolbenhochdruckpumpen zur Erreichung eines möglichst konstanten Förderstroms bevorzugt über einen Hubfrequenzrichter, z.B. einen pneumatischen Hubfrequenzrichter, gesteuert sind, so dass in wechselseitigem Arbeitstakt ein kontinuierlicher Förderstrom bis zur Erreichung des Solldruckes erzeugt wird.

[0018] Das Wirkmedium, welches sekundärseitig, d.h. zur Erzeugung des Innenhochdrucks und/oder des Stempelgegendrucks, eingesetzt wird, ist bevorzugt ein dünn- bis dickflüssiges Wirkmedium. Das Wirkmedium kann beispielsweise Wasser und/oder Öl enthalten und z.B. eine Wasser-Öl-Emulsion sein. Primärseitig kann der Kolbenantrieb wie bereits genannt durch eine Flüssigkeit oder ein Gas erfolgen.

[0019] Der Druckübersetzer der Kolbenhochdruckpumpe enthält bevorzugt einen Hochdruckkolben mit kleiner Kolbenfläche, welcher Komponente eines Hochdruckteils ist, und einen Antriebskolben, insbesondere einen Luftantriebskolben, mit grosser Kolbenfläche, welcher Komponente eines Antriebsteils, insbesondere eines Luftantriebsteils ist. Der Betriebsdruck ist im wesentlichen abhängig vom Übersetzungsverhältnis zwischen dem Antriebskolben und dem Hochdruckkolben. Da der Stufenkolben sich durch eine oszillierende Arbeitsweise auszeichnet und dadurch der erzeugbare Volumenstrom prinzipiell unbeschränkt ist, kann die hochdruckseitige Kolbenfläche im Vergleich zu herkömmlichen gleichförmig arbeitenden Druckübersetzern sehr klein gewählt werden, was wiederum die Anlagengrösse reduziert.

[0020] Ist der Antriebteil ein Luftantriebteil, so weist dieser einen Luftantriebsanschluss auf, an welchen eine Luftantriebszuleitung gekoppelt ist. Durch Einsatz eines Druckluftreglers in der Luftantriebsleitung kann der Betriebsdruck gegebenenfalls leicht voreingestellt werden. Der Hochdruckteil verfügt über eine an einen Sauganschluss gekoppelte Saugseite sowie eine an einen Druckanschluss gekoppelte Druckseite. Der Sauganschluss verfügt über eine Einlass-Armatur und der Druckanschluss über ein Auslass-Armatur. Die Armaturen können z.B. Ventile, wie Einlass- bzw. Auslassventile, Klappen oder Schieber sein, welche gegebenenfalls Sensor-gesteuert sind.

[0021] Durch Ausführen eines Vorhubes durch den Antriebskolbens wird im Hochdruckteil ein Unterdruck erzeugt, wodurch an der Saugseite der Pumpe das Einlassventil geöffnet wird und das Wirkmedium aus der Saugseite in die Kolbenkammer der Hochdruckseite strömt während das Auslassventil geschlossen bleibt. Mittels Luftantrieb wird primärseitig ein Rückhub erzeugt, durch welchen auf der Hochdruckseite ein Sekundärdruck aufgebaut wird, wodurch das Auslassventil geöffnet wird und über eine Druckleitung im Umformwerkzeug ein Innenhochdruck bzw. Stempelgegendruck aufgebaut wird. Das Einlassventil bleibt während dieses Vorganges geschlossen.

[0022] Die Kolbenhochdruckpumpe arbeitet bis der angestrebte Enddruck aufgebaut bzw. der Druckausgleich erreicht ist. Bei Druckabfall, z.B. durch lecke Dichtungen, kann die Kolbenhochdruckpumpe den erneuten Druckausgleich herstellen. Mittels Drucksensoren und einer Druckregulierungseinheit kann die Arbeitsweise der Kolbenhochdruckpumpe automatisiert werden, so dass die Kolbenhochdruckpumpe bei Erreichen des End- bzw. Solldruckes automatisch stoppt und bei einem allfälligen Druckabfall automatisch den Soll- druck wieder aufbaut.

[0023] Die Druckhaltung erfolgt, solange kein Druckabfall hochdruckseitig eintritt, ohne Energieverbrauch, da durch das geschlossene hochdruckseitige Auslassventil kein Druckabbau möglich ist. Die erzeugten Drücke für die Innenhochdruckumformung und/oder für die integrierte Ausführung von Lochungen mittels hochdruckgesteuerten Stempeln können bis zu 4000 bar betragen.

[0024] Die Kolbenhochdruckpumpen können in den Saug- und/oder Druckleitungen zum Ausgleich des pulsierenden Volumenstroms sogenannte Windkessel (Saug-, bzw. Druckwindkessel) enthalten.

[0025] Die Druckerzeugungsanlage zur Erzeugung des Innenhochdrucks und/oder des Stempelgegendrucks enthält bevorzugt eine Vorfüllpumpe zur Füllung des Werkstückes mit dem Wirkmedium und zur Erzeugung eines Basisdrucks, auf welchem mit einer oder mehreren Kolbenhochdruckpumpen der Enddruck aufgebaut wird. Mit der Vorfüllpumpe kann beispielsweise ein Basisdruck von 1 bis 150 bar aufgebaut werden. Besonders bevorzugt werden Basisdrücke von 1 bis 10 bar

aufgebaut. Die Vorfüllpumpe kann z.B. eine Kreiselpumpe sein.

[0026] Da mittels der genannten Verdrängungspumpe ein prinzipiell unbegrenzter Volumenstrom erzeugt werden kann, kann fallweise auf eine Vorfüllpumpe verzichtet werden.

[0027] Die erfindungsgemässe Vorrichtung kann eine Druckerzeugungsanlage gemäss Erfindung sowohl zur Erzeugung eines Innenhochdrucks als auch zur Erzeugung eines Stempelgegendrucks zum Anbringen von Ausnehmungen, insbesondere Lochungen, im Werkstück mittels druckgesteuerten Stempeln während des Innenhochdruckumformprozesses enthalten. Die Druckerzeugung für die beiden Verfahrensvorgänge kann durch dieselbe Druckerzeugungsanlage geschehen. Die Druckerzeugung erfolgt jedoch bevorzugt durch separate, nicht gekoppelte Druckerzeugungsanlagen.

[0028] Das Umformwerkzeug kann über mechanische Befestigungsmittel, wie Schrauben, geschlossen und zugehalten werden. Das Schliessen und Zuhalten des Umformwerkzeugs kann auch über eine Hydraulik-Vorrichtung erfolgen.

[0029] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung zeichnet sich ferner dadurch aus, dass die auf das Umformwerkzeug auszuübenden Schliess- und Zuhaltekräfte mittels einer Verdrängungspumpe, insbesondere mittels einer Kolbenhochdruckpumpe, wie im vorangehenden Text beschrieben, erzeugt werden. Sämtliche vorangehend beschriebenen Ausführungsvarianten der Verdrängungs- bzw. Kolbenhochdruckpumpen finden auch auf diesen Gegenstand Anwendung.

[0030] Ferner ist in einem weiteren Gegenstand der Erfindung zwecks Erzeugung der Schliess- und Zuhaltekräfte sowie zwecks Nachführen der den Hohlraum des Werkstücks abdichtenden Zylinder, auch Dichtstempel genannt, wenigstens eine Verdrängungspumpe, insbesondere eine Kolbenhochdruckpumpe, wie im vorangehenden Text beschrieben, vorgesehen. Sämtliche im vorangehenden Text beschriebenen Ausführungsvarianten der Verdrängungs- bzw. Kolbenhochdruckpumpen finden auch auf diesen Gegenstand Anwendung.

[0031] Der Einsatz von Verdrängungs- bzw. Kolbenhochdruckpumpen in der IHU-Anlage wie vorangehend beschrieben zur Erzeugung des Innenhochdrucks, zur Erzeugung des Stempelgegendrucks für Lochungen, zur Erzeugung der Schliess- und Zuhaltekräfte des Umformwerkzeugs oder zur Erzeugung der Schliess- und Zuhaltekräfte der Dichtstempel kann für jede Verwendung einzeln und unabhängig von den anderen Verwendungszwecken oder in beliebiger Kombination miteinander geschehen. Ebenso können für jede Verwendung separate oder miteinander gekoppelte Druckerzeugungsanlagen vorgesehen sein.

[0032] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum aufweisenden Werkstücks mittels über ein strömbares Wirk-

medium in dem abgedichteten Hohlraum des Werkstücks erzeugten Innenhochdrucks, wobei der Innenhochdruck mittels einer Verdrängerpumpe gemäss dem Kennzeichen des Anspruchs 1 erzeugt wird.

[0033] Die Vorrichtung gemäss Erfindung erlaubt eine flexible Anpassung der IHU-Anlage an die Leistungserfordernisse des Umformprozesses. Bei Bedarf kann die Druckleistung durch Zuschalten von weiteren Kolbenhochdruckpumpen mühelos erhöht werden. Die besagten Kolbenhochdruckpumpen sind im Gegensatz zu gleichförmig arbeitenden Druckübersetzern von kleinerem Gewicht und kleinerer Grösse, so dass die erfindungsgemässe Vorrichtung z.B. für Versuchszwecke oder für Kleinserien schnell und problemlos auf- und abgebaut sowie transportiert werden kann.

[0034] Ferner erlaubt die erfindungsgemässe Vorrichtung die räumliche Trennung von Umformwerkzeug und Druckerzeugungsanlage, wobei die Druckerzeugung über Druckzuleitungen auf das Umformwerkzeug erfolgt.

[0035] Die Verwendung von Hochdruckkolbenpumpen der beschriebenen Art zur Steuerung des Stempeldrucks bzw. Stempelgegendrucks weist überdies den Vorteil auf, dass innerhalb des Wanddurchstosses keine Druckübersetzer eingesetzt werden muss. Dadurch kann der maximale Durchmesser des Wanddurchstosses gleich oder nur ein geringes Mass grösser ausgelegt werden als der Stempeldurchmesser. Es können somit mehrere nahe beieinander liegende Ausnehmungen durch individuell druckgesteuerte Stempel erfolgen. Ferner ist der Bearbeitungsaufwand zur Herstellung von Stempelöffnungen in der Werkzeugform wesentlich geringer.

[0036] Im folgenden wird die Erfindung beispielhaft und mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: schematische Darstellung einer erfindungsgemässen IHU-Vorrichtung mit Druckerzeugungsanlage;

Fig. 2a,b: Funktionsschema einer einfachwirkenden Kolbenhochdruckpumpe mit einstufigem Luftantrieb;

Fig. 3a,b: Funktionsschema einer doppelwirkenden Kolbenhochdruckpumpe mit einstufigen Luftantrieb;

Fig. 4a,b: Funktionsschema einer einfachwirkenden Kolbenhochdruckpumpe mit mehrstufigem Luftantrieb.

[0037] Die IHU-Vorrichtung gemäss Fig. 1 enthält ein Umformwerkzeug 4 mit einer Kavität, welche ein Hohlprofil 42 mit einem Profilhohlraum 5 aufnimmt, wobei zur Erzeugung eines Innenhochdrucks im Profilhohlraum 5 die stirnseitigen Profilöffnungen mit Stempeln 43 abge-

ichtet sind. Die IHU-Vorrichtung enthält ferner eine Druckerzeugungsanlage 1, welche eine Druckerzeugungs-Einheit 2 aus einer oder mehreren parallel geschalteten Kolbenhochdruckpumpen sowie eine Vorfüllpumpe 3 umfasst. Über die Druckzuleitung 9 wird der Profilhohlraum 5 durch die Vorfüllpumpe 3 mit dem Wirkmedium gefüllt und gleichzeitig ein Basisdruck erzeugt, während über eine Leitung 41 in der Füllphase die Entlüftung des Profilhohlraumes 5 erfolgt.

[0038] Die Druckerzeugungs-Einheit 2 enthält eine Ansaugleitung 44, durch welche das Wirkmedium über einen Sauganschluss dem Hochdruckbereich zugeführt wird. Ferner enthält die Druckerzeugungs-Einheit 2 primärseitig eine Luftantriebsleitung 40, über welche die Antriebsluft mit einem Druck von z.B. 1 - 10 bar zugeführt wird. Der Luftantriebsleitung 40 kann ein Verdichter (Kompressor) vorgeschaltet sein (nicht gezeigt). Die Druckzuleitung 7a ist über einen Druckanschluss an die Hochdruckseite der Druckerzeugungs-Einheit 2 gekoppelt. Nachdem ein Basisdruck mittels der Vorfüllpumpe erzeugt wurde, wird mittels der Druckerzeugungseinheit 2 über die Druckzuleitung 7a der Enddruck aufgebaut und der Umformprozess eingeleitet. Die Ableitung des Wirkmedium nach dem Umformprozess erfolgt über die Leitung 41, wobei das Wirkmedium mittels Druckluft, welche über eine Leitung 8 in den Profilhohlraum 5 eingebracht wird, ausgetrieben wird. Die Ableitung des Wirkmediums aus dem Profilhohlraum kann jedoch auch andersweitig geschehen.

[0039] Das Umformwerkzeug 4 kann ferner ein Loch-einrichtung 6 enthalten, welche einen wandschlüssig in einem Wanddurchstoss im Umformwerkzeug 4 geführten Stempel enthält. Die Stempelbewegung bzw. -position wird mittels Druckregulierung über eine Druckzuleitung 7b gesteuert. Die Druckregulierung erfolgt über eine Kolbenhochdruckpumpe der Druckerzeugungs-Einheit 2. Die Kolbenhochdruckpumpe zur Steuerung der Stempelbewegung kann fallweise eine von der Innenhochdruckdruckerzeugungsanlage entkoppelte, separate Vorrichtung sein.

[0040] Die Kolbenhochdruckpumpe 10a,b einer ersten Ausführungsart gemäss Fig. 2a,b ist eine einfachwirkende Kolbenhochdruckpumpe mit einstufigem Luftantrieb. Über einen Luftversorgungsanschluss 17a,b wird Druckluft einem Luftantriebskolben 13a,b zugeführt, wobei ein Luftantriebskolben 13a,b durch Druckluft-Beaufschlagung angetrieben wird. Der Luftantriebskolben 13a,b ist mit einem Hochdruckkolben 14a,b eines Hochdruckteils 11a,b gekoppelt, wobei der Hochdruckkolben 14a,b unter Ausbildung eines Übersetzungsverhältnisses eine kleinere Kolbenwirkfläche aufweist als der Luftantriebskolben 13a,b. Der Hochdruckteil 11a,b enthält einen Sauganschluss 16a,b mit einem Einlassventil sowie einen Druckanschluss 15a,b mit einem Auslassventil. Je nach Arbeitstakt des oszillierenden Druckübersetzers (Luftantriebskolben und Hochdruckkolben) wird ein flüssiges Wirkmedium durch den zurückfahrenden Hochdruckkolben unter Erzeugung eines Unterdruckes

durch eine Zuleitung aus einem Reservoir über das Einlassventil in den Kolbenraum des Hochdruckteils 11a,b angesaugt und durch Vorfahren des Hochdruckkolbens 14a,b unter Erzeugung eines Primärdrucks p_1 am Luftantriebskolben 13a,b und eines Sekundärdrucks p_2 am Hochdruckkolben 14a,b durch das Auslassventil in die Druckleitung resp. in den Profilhohlraum zwecks Erzeugung des Innenhochdrucks gepresst.

[0041] Die Kolbenhochdruckpumpe 30a,b einer zweiten Ausführungsart gemäss Fig. 3a,b ist eine doppelwirkende Kolbenhochdruckpumpe mit einstufigem Luftantrieb. Über Luftversorgungsanschlüsse 37a,b an beiden Abschnittsenden des Luftantriebs 32a,b wird wechselseitig, je nach Takt, Druckluft einem Luftantriebs 32a,b zugeführt, wobei ein Luftantriebskolben 33a,b durch wechselseitige Druckluft-Beaufschlagung beidseitig angetrieben wird. Der Luftantriebskolben 33a,b ist beiderseits mit je einem Hochdruckkolben 34a,b zweier Hochdruckteile 31a,b gekoppelt, wobei die beiden Hochdruckkolben 34a,b unter Ausbildung eines Übersetzungsverhältnisses eine kleinere Kolbenwirkfläche aufweisen als der Luftantriebskolben 33a,b. Die beiden Hochdruckteile 31a,b enthalten je einen Sauganschluss 36a,b mit einem Einlassventil sowie einen Druckanschluss 35a,b mit einem Auslassventil. Je nach Arbeitstakt des oszillierenden Druckübersetzers (Luftantriebskolben und Hochdruckkolben) wird ein flüssiges Wirkmedium durch den zurückfahrenden Hochdruckkolben unter Erzeugung eines Unterdruckes durch eine Zuleitung aus einem Reservoir über das Einlassventil in den Kolbenraum des Hochdruckteils 31a,b angesaugt und durch Vorfahren des Hochdruckkolbens 34a,b unter Erzeugung eines Primärdrucks p_1 am Luftantriebskolben 13a,b und eines Sekundärdrucks p_2 am Hochdruckkolben 14a,b durch das Auslassventil in die Druckleitung gepresst. Die beiden Hochdruckteile 31a,b arbeiten dabei wechselseitig.

[0042] Die Kolbenhochdruckpumpe 20a,b einer dritten Ausführungsart gemäss Fig. 4a,b ist eine einfachwirkende Kolbenhochdruckpumpe mit zweistufigem Luftantrieb. Über zwei Luftversorgungsanschlüsse 27a,b wird Druckluft in je einen Luftantriebskolben 23a,b aufnehmende Teilkammer eines Luftantriebs 22a,b zugeführt, wobei die beiden Luftantriebskolben 23a,b durch simultane Druckluft-Beaufschlagung gleichzeitig angetrieben werden. Die beiden Luftantriebskolben 23a,b sind gegenseitig sowie gemeinsam mit einem Hochdruckkolben 24a,b eines Hochdruckteils 21a,b gekoppelt, wobei der Hochdruckkolben 24a,b unter Ausbildung eines Übersetzungsverhältnisses eine kleinere Kolbenwirkfläche aufweist als die Luftantriebskolben 23a,b. Der Hochdruckteil 21a,b enthält einen Sauganschluss 26a,b mit einem Einlassventil sowie einen Druckanschluss 25a,b mit einem Auslassventil. Je nach Arbeitstakt des oszillierenden Druckübersetzers (Luftantriebskolben und Hochdruckkolben) wird ein flüssiges Wirkmedium durch den zurückfahrenden Hochdruckkolben unter Erzeugung eines Unterdruckes durch eine

Zuleitung aus einem Reservoir über das Einlassventil in den Kolbenraum des Hochdruckteils 21a,b angesaugt und durch Vorfahren des Hochdruckkolbens 24a,b unter Erzeugung eines Primärdrucks p_1 am Luftantriebskolben 13a,b und eines Sekundärdrucks p_2 am Hochdruckkolben 14a,b durch das Auslassventil in die Druckleitung gepresst. Durch den Einsatz von zwei gekoppelten Luftantriebskolben kann mit der Hälfte des Luftantriebsdruckes derselbe Enddruck erreicht werden, wie eine einfachwirkende Pumpe mit einem Luftantriebskolben gemäss Fig. 2. In Abwandlung dieses Ausführungsbeispiels können auch drei oder mehr Luftantriebskolben vorgesehen sein. Ferner kann der mehrstufige Luftantrieb mit doppelwirkenden Pumpen kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum (5) aufweisenden Werkstücks (42) mittels über ein strömbares Wirkmedium in dem abgedichteten Hohlraum (5) des Werkstücks (42) erzeugten Innenhochdrucks, enthaltend ein Umformwerkzeug (4) mit einer das Werkstück (42) aufnehmenden Kavität, und eine Druckerzeugungsanlage (1) zur Erzeugung eines Innenhochdrucks, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage (1) eine Verdrängungspumpe (2) mit einem Druckübersetzer aus einem längsgekoppelten Verdrängungskörper mit verschieden grossen Wirkflächen A_1 , A_2 enthält, und der Verdrängungskörper mit einer Hubfrequenz f arbeitet, und sich mittels Hubbewegungen des Druckübersetzers ein primärseitig aufgebrachter Druck p_1 bis zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes jeweils auf einen höheren Sekundärdruck p_2 wandeln lässt, wobei sich der Druckerhöhungsfaktor aus der Beziehung:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

ableiten lässt.

2. Vorrichtung zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum (5) aufweisenden Werkstücks (42) mittels über ein strömbares Wirkmedium in dem abgedichteten Hohlraum (5) des Werkstücks (42) erzeugten Innenhochdrucks, enthaltend ein Umformwerkzeug (4) mit einer das Werkstück (42) aufnehmenden Kavität, wobei das Umformwerkzeug (4) Mittel (6) zum Anbringen von Ausnehmungen, insbesondere von Lochungen, im Werkstück (42) während des Innenhochdruckumformprozesses enthält, und die Mittel einen in einem Wandhohlraum des Formwerkzeuges wandenschlüssig geführten Stempel umfassen, wobei die Ausnehmungen

durch Zurückfahren des Stempels entgegen dem Werkstück (42) über die Wirkung des Innenhochdrucks eingebracht werden, und die Stempelbewegung über einen Stempelgegendruck gesteuert wird und der Stempelgegendruck über eine Druckerzeugungsanlage (1) erzeugt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Druckerzeugungsanlage (1) eine Verdrängungspumpe mit einem Druckübersetzer aus einem längsgekoppelten Verdrängungskörper mit verschiedenen grossen Wirkflächen A_1 , A_2 enthält, und der Verdrängungskörper mit einer Hubfrequenz f arbeitet, und sich mittels Hubbewegungen des Druckübersetzers ein primärseitig aufgebracht Druck p_1 bis zur Erreichung eines sekundärseitigen Enddruckes jeweils auf einen höheren Sekundärdruck p_2 wandeln lässt, wobei sich der Druckerhöpfungsfaktor aus der Beziehung:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

ableiten lässt.

3. Vorrichtung nach den Merkmalen der Ansprüche 1 und 2.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage eine Kolbenhochdruckpumpe (10a) enthält, welche primärseitig Druckluft-betrieben ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage (1) eine Kolbenhochdruckpumpe (10a, 10b, 20a, 20b) mit einem primärseitig ein- oder mehrstufigen Kolbenantrieb enthält.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage (1) eine einfach- oder doppelwirkende Kolbenhochdruckpumpe (10a, 10b, 30a, 30b) enthält.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage eine Mehrzahl von parallel geschalteten Kolbenhochdruckpumpen enthält.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenhochdruckpumpen zur Erreichung eines möglichst konstanten Förderstroms über einen Hubfrequenzrichter gesteuert sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckerzeugungsanlage eine Vorfüllpumpe zur Füllung des Werkstück-Hohlraumes mit dem Wirkmedium und zur Erzeugung eines Basisdrucks enthält.

gungsanlage eine Vorfüllpumpe zur Füllung des Werkstück-Hohlraumes mit dem Wirkmedium und zur Erzeugung eines Basisdrucks enthält.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf das Umformwerkzeug während des Umform-Prozesses auszuübenden Schliess- und Zuhaltekräfte mittels einer Verdrängungspumpe, insbesondere mittels einer Kolbenhochdruckpumpe erzeugt werden.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schliess- und Zuhaltekräfte der den Hohlraum des Werkstücks abdichtenden Dichtstempel mittels einer Verdrängungspumpe, insbesondere mittels einer Kolbenhochdruckpumpe, erzeugt werden.

12. Verfahren zum Umformen eines wenigstens einen Hohlraum aufweisenden Werkstücks mittels über ein strömbares Wirkmedium in dem abgedichteten Hohlraum des Werkstücks erzeugten Innenhochdrucks, wobei der Innenhochdruck mittels einer Verdrängerpumpe gemäss dem Kennzeichen des Anspruchs 1 erzeugt wird.

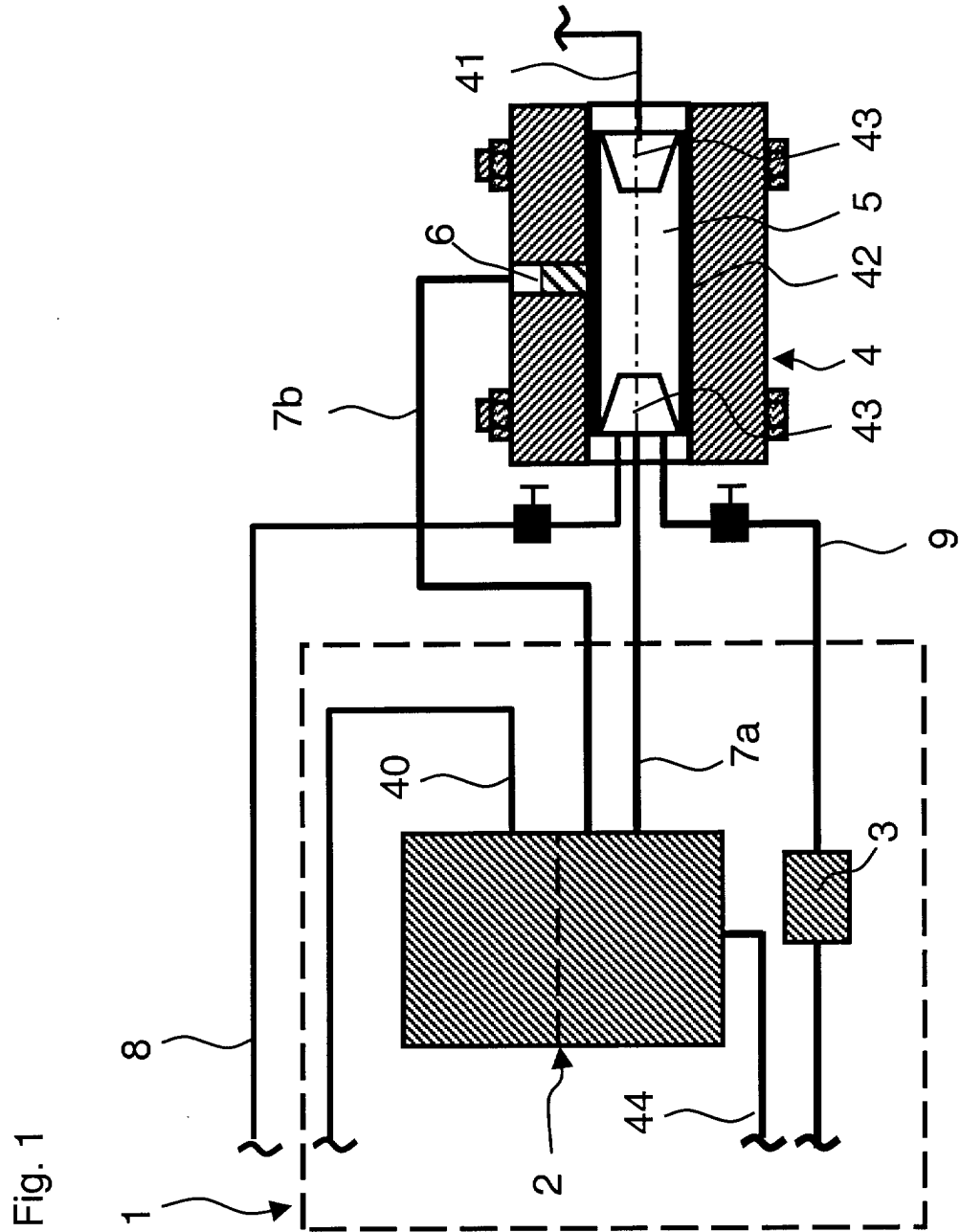


Fig. 2a

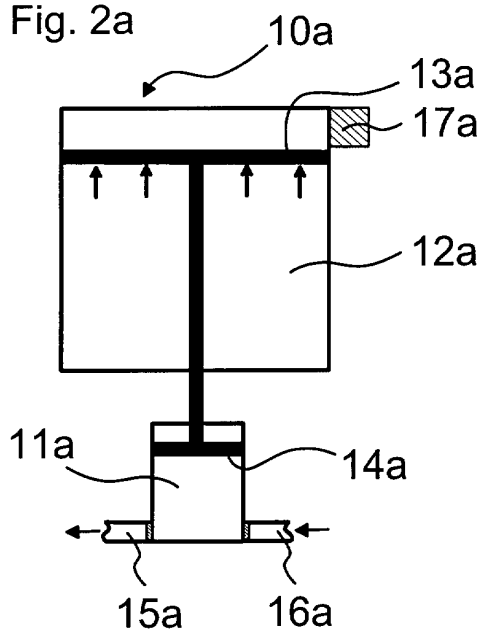


Fig. 2b

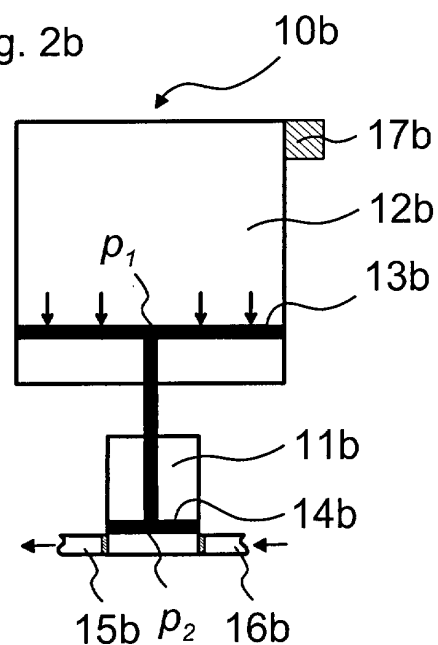


Fig. 3a

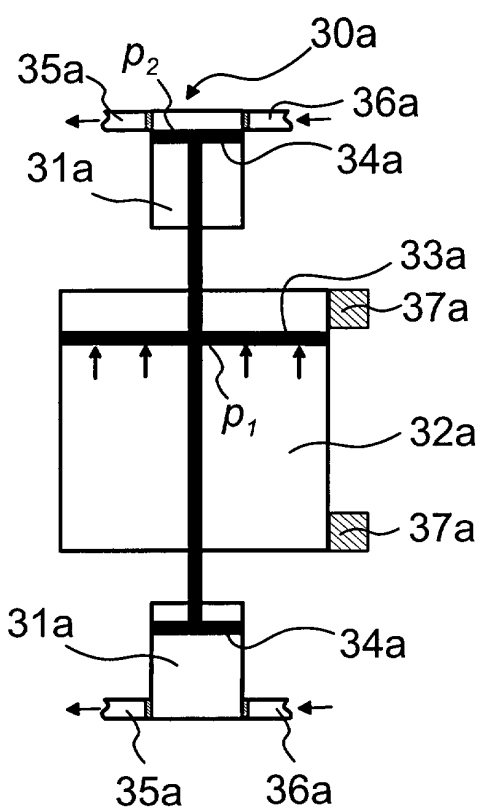


Fig. 3b

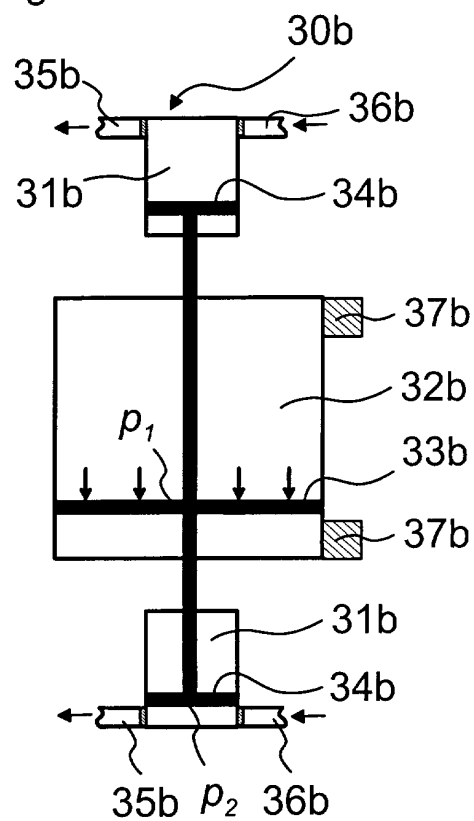


Fig. 4a

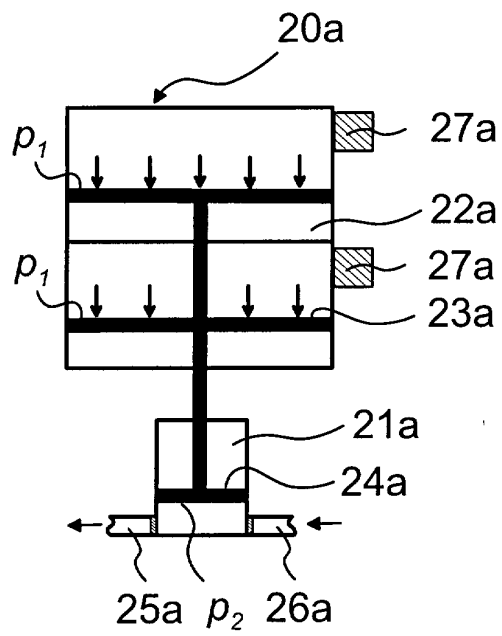
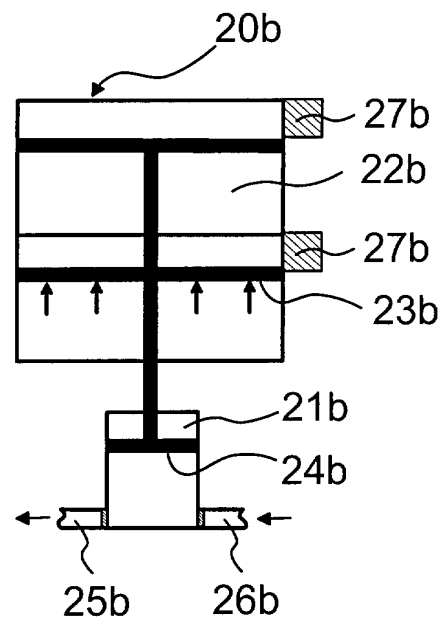


Fig. 4b





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 40 5027

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 195 30 056 A (SCHAEFER MASCHBAU WILHELM) 20. Februar 1997 (1997-02-20) * Spalte 3, Zeile 24 - Spalte 4, Zeile 19; Abbildungen 1,3A,3B,3C *	1,2	B21D26/02 B21C37/29
A	US 4 364 251 A (NISHIHARA MASAO ET AL) 21. Dezember 1982 (1982-12-21) * Spalte 9, Zeile 15 - Spalte 10, Zeile 47; Abbildungen 1,7 *	1,9	
A	DE 197 51 035 A (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT UMFORMT) 27. Mai 1999 (1999-05-27) * das ganze Dokument *	1,2	
A	WO 01 28708 A (COSMA INTERNAT INC ;FLESCNER RICHARD (US); CONKLIN JEFFREY (US);) 26. April 2001 (2001-04-26) * Abbildungen 6-11 *	1	
A	DE 198 05 172 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 19. August 1999 (1999-08-19) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B21D B21C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 30. April 2002	Prüfer Ritter, F
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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 40 5027

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-04-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19530056 A	20-02-1997	DE 19530056 A1	20-02-1997
		BR 9603446 A	12-05-1998
		ES 2145653 A1	01-07-2000
		FR 2737858 A1	21-02-1997
		GB 2304305 A ,B	19-03-1997
		IT MI961579 A1	26-01-1998
		JP 9122775 A	13-05-1997
		PT 101906 A ,B	30-04-1997
		US 5765420 A	16-06-1998
US 4364251 A	21-12-1982	JP 57044425 A	12-03-1982
DE 19751035 A	27-05-1999	DE 19751035 A1	27-05-1999
WO 0128708 A	26-04-2001	AU 7637400 A	30-04-2001
		WO 0128708 A1	26-04-2001
DE 19805172 A	19-08-1999	DE 19805172 A1	19-08-1999
		BR 9907797 A	17-10-2000
		CA 2320096 A1	19-08-1999
		WO 9941028 A1	19-08-1999
		EP 1054744 A1	29-11-2000
		HU 0101218 A2	28-08-2001
		JP 2002502706 T	29-01-2002
		PL 342219 A1	21-05-2001
		US 6282934 B1	04-09-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82