



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2011 Patentblatt 2011/02

(51) Int Cl.:
B21D 26/02 (2011.01)

(21) Anmeldenummer: **10004775.2**

(22) Anmeldetag: **06.05.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(72) Erfinder:
• **Garcia Gomez, Raphael**
33104 Paderborn (DE)
• **Grewe, Jochem**
33154 Paderborn (DE)

(30) Priorität: **22.06.2009 DE 102009030089**

(74) Vertreter: **Griepenstroh, Jörg**
Bockermann Ksoll Griepenstroh
Patentanwälte
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)

(71) Anmelder: **Benteler Automobiltechnik GmbH**
33102 Paderborn (DE)

(54) **Verfahren zur Innenhochdruckumformung**

(57) Verfahren zur hydraulischen Innenhochdruckumformung von Hohlprofilen aus einem metallischen Werkstoff mit folgenden Schritten:

1.1. ein umzuformendes Hohlprofil (10) wird in ein mit einem Hydraulikfluid gefülltes Tauchbecken (3) eingetaucht;

1.2. das mit dem Hydraulikfluid gefüllte Hohlprofil (10) wird in einen Formhohlraum (18) einer eine Hydroformstation (6) aufweisenden Presse (1) mit einem Oberge-

senk (15) und einem Untergesenk (17) gelegt;
1.3. die Enden des Hohlprofils (10) werden über Abdichtdorne (22) bei Innendruckbeaufschlagung nachgeführt,
1.4. ein zwischen dem Formhohlraum (18) und dem Hohlprofil (10) vorhandenes Fluidpolster (19) wird bei abnehmender Fluidmenge kontrolliert über einen Zeitraum aufrechterhalten, der gleichzeitig oder später endet als der Zeitpunkt, in welchem das Nachführen eines Abdichtdorns (22) abgeschlossen ist.

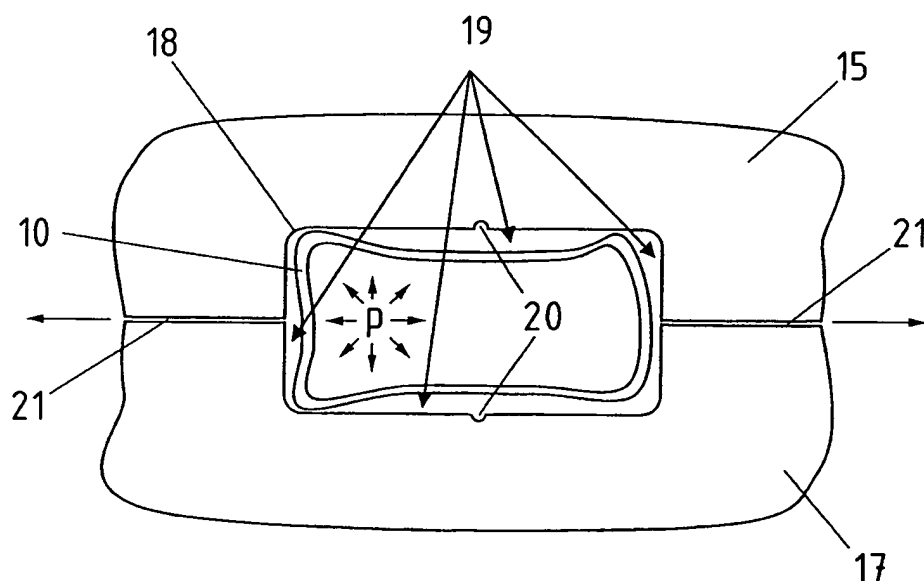


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hydraulischen Innenhochdruckumformung von Hohlprofilen aus einem metallischen Werkstoff.

[0002] Es ist Stand der Technik, metallische Bauteile mittels konventionellen Hydroformverfahren herzustellen. Typischerweise liegen die Umformzeiten in einer Größenordnung von ca. 1,5 bis 3 Sekunden. Im Vergleich mit den so genannten Highspeed-Hydroformverfahren (HSH) sind diese Fertigungszeiten sehr lang. Die Hydroformzeiten bei HSH-Verfahren liegen normalerweise weit unter 0,5 Sekunden. Durch das Highspeed-Hydroforming ergeben sich auch sehr große Unterschiede in den Taktzeiten. Während beim konventionellen Hydroformverfahren Taktzeiten in einer Größenordnung von z.B. 25 Sekunden liegen, ergeben sich beim HSH-Verfahren Taktzeiten zwischen 6 und 8 Sekunden.

[0003] Nachteilig bei der Innenhochdruckumformung von weicheen Werkstoffen, wie z.B. Aluminiumwerkstoffen, ist, dass diese zum Schmieren neigen, so dass es zu Aluminiumanhäufungen an den Werkzeugen kommt. Dies erhöht die Instandhaltungskosten der Hydroformwerkzeuge. Trotz theoretisch erhöhter Umformgeschwindigkeit können diese Vorteile durch erhöhte Werkzeugkosten zumindest teilweise zunichte gemacht werden.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur hydraulischen Innenhochdruckumformung von Hohlprofilen aus einem metallischen Werkstoff aufzuzeigen, mit welchem es möglich ist, verfahrensbedingte Werkstoffanhäufungen an der Werkzeugoberfläche zu vermeiden.

[0005] Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0006] Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein umzuformendes Hohlprofil in ein mit einem Hydraulikfluid gefülltes Tauchbecken eingetaucht. Die Befüllung des Hohlprofils erfolgt also nicht erst in der Hydroformstation, sondern bereits vorher. Auf diese Weise kann der Hohlraum des Hohlprofils schon vor der Umformung vollständig geflutet werden. Der Transport in die eigentliche Hydroformstation erfolgt somit in dem Hydraulikfluid. Als Hydroformstation dient eine Presse mit einem Obergesenk und einem Untergesenk mit einem entsprechenden Formhohlraum, in das das mit Hydraulikfluid gefüllte Hohlprofil eingelegt wird. Nach dem Herunterfahren des Obergesenks bzw. dem Schließen des Formhohlraums werden die Enden des Hohlprofils über Abdichtdorne geschlossen. Gleichzeitig erfolgt die Innendruckbeaufschlagung mit dem Ziel der Innenhochdruckumformung.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kommt hinzu, dass zwischen dem Formhohlraum und dem Hohlprofil ein vorhandenes Fluidpolster bei abnehmender Fluidmenge kontrolliert über einen Zeitraum aufrechterhalten wird, um für eine gute Schmierung während des Nachschiebens des Hohlprofils über die Abdichtdorne zu sorgen. Es soll daher Hydraulikfluid dazu genutzt werden, ein Fluidpolster zu bilden, das keinesfalls zu schnell abgebaut werden darf. Entgegen der ursprünglichen Zielrichtung des Highspeed-Hydroforming, das Bauteil möglichst schnell umzuformen und das Bauteil schnell in seine Endkontur zu bringen, ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, diese Endkontur zumindest in denjenigen Bereichen, die über den Abdichtdorn nachgeschoben werden sollen, nicht zu Beginn des Nachschiebens durch besonders hohe Innendrucke zu erreichen, sondern erst zu einem möglichst späten Zeitpunkt, nämlich erst dann, wenn das Nachführen eines Abdichtdorns abgeschlossen ist. In diesem Moment wird das Fluidpolster nicht weiter benötigt. Das Fluidpolster soll so lange aufrechterhalten werden, wie die Umformung insbesondere in den durch den Abdichtdorn nachgeschobenen Bereichen stattfindet. Dabei sollte die Dicke des Fluidpolsters kontinuierlich abnehmen.

[0009] Optimal wäre es, wenn der Werkstoff während des Nachschiebens keinen direkten Kontakt zum Werkzeug hat. Bei optimierter Auslegung des Verfahrens ergibt sich gegenüber einem Highspeed-Hydroforming ohne ein solches Fluidpolster keine zeitliche Verzögerung, da der Umformvorgang bzw. das Nachschieben des Abdichtdorns nicht langsamer erfolgt als ohne Fluidpolster.

[0010] Mit der Erfindung können die Reibungskräfte zwischen dem Werkstück und dem Formhohlraum wesentlich reduziert werden. Im Ergebnis wirkt sich das positiv auf die über den Abdichtdorn zu übertragende Kraft aus. Materialanhäufungen werden vermieden. Die Standzeit der Werkzeuge wird gesteigert und die Wirtschaftlichkeit verbessert.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zeigt seine Vorteile insbesondere bei im Verhältnis zu Stahl weicheen Werkstoffen, wie z.B. Aluminium. Das Verfahren ist jedoch ebenso für andere metallische Werkstoffe, wie z. B. Stahl oder auch Magnesium, geeignet.

[0012] Bei der verwendeten Presse handelt es sich bevorzugt um eine Transferpresse mit automatischen Transportsystemen. Die Presse kann sowohl eine hydraulisch als auch mechanisch angetriebene Presse sein. Es ist auch möglich, servo-motorisch angetriebene Pressen einzusetzen.

[0013] Ein so genannter Transferbalken transportiert die Hohlprofile von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation. Dies erfolgt im Rahmen der Erfindung vorzugsweise vollständig innerhalb eines Hydraulikfluidbads, d.h. gewissermaßen unterhalb eines Flüssigkeitspegels.

[0014] Eine weitere Bearbeitungsstation kann beispielsweise eine Vorformstation sein, in welcher das Hohlprofil einen Querschnitt erhält, welcher zur Ausbildung eines Fluidpolsters zwischen dem Hohlprofil und dem Formhohlraum vorgesehen ist. Beispielsweise kann das Hohlprofil zumindest in denjenigen Bereichen, die im Wesentlichen nur nachgeschoben werden, gezielt einen welligen Querschnitt erhalten, damit es möglichst wenige Berührungspunkte zwischen dem

Hohlprofil und dem Formhohlraum gibt. Ziel ist es, ein definiertes Fluidpolster zu schaffen. Daher kann die Querschnittskontur des Vorformlings deutlich von der durch Innenhochdruckumformung angestrebten Kontur abweichen. Die Vorformung des Hohlprofils hat also nicht das Ziel, eine Kontur zu schaffen, die dem fertigen Erzeugnis möglichst endkonturnah ist, sondern soll hiervon gezielt Abweichungen aufweisen.

[0015] In der Regel werden die zur Innenhochdruckumformung vorbereiteten Hohlprofile gebogen oder auch nur verformt, so dass die Enden nicht vollständig eben an den Abdichtdornen anliegen. Dadurch ergeben sich zwangsläufig Leckagen. Entweder müssten die Leckagen durch einen separaten Fertigungsschritt beseitigt werden, indem die vorgeformten Bauteile gestaucht oder zugeschnitten werden. Bei der Erfindung wird jedoch ein so hoher Druckanstieg bei entsprechendem Förderstrom realisiert, dass Leckagen vernachlässigt werden können und die Enden des Hohlprofils als abgedichtet betrachten gelten. Daher muss ein Hohlprofil endseitig nicht vollflächig an dem Abdichtdorn anliegen. Durch den hohen Überschuss an Hydraulikfluid sind die relativ kleinen Mengen Hydraulikfluid, die durch Undichtigkeiten entweichen, vernachlässigbar. Das Highspeed-Hydroforming kann problemlos durchgeführt werden.

[0016] Während der Innenhochdruckumformung soll daher gezielt ein größeres Flüssigkeitsvolumen in das Hohlprofil gepumpt werden, als zusätzlich zu dem in dem Hohlprofil vorhandenen Hydraulikfluid in dem Hohlprofil aufgenommen werden kann. Dies bezieht sich auf die Endkontur am Ende des Innenhochdruckumformvorgangs, also auf das fertige Erzeugnis.

[0017] Dadurch, dass das Hohlprofil anfänglich möglichst vollständig von einem Fluidpolster umgeben sein soll, ist es zweckmäßig, das Ende des Abdichtdorns stumpf zu gestalten. Unter einer stumpfen Abdichtung im Sinne der Erfindung wird ein Abdichtdorn mit einer senkrecht zur Längsrichtung stehenden Stirnfläche ohne besonders an die Innenkontur des Hohlprofils angepasste Vorsprünge oder Vertiefungen verstanden. Diese senkrecht zur Vorschubrichtung stehende Stirnfläche erstreckt sich hierbei über einen wesentlich größeren Bereich als die bloße Wanddicke der umzuformenden Hohlprofile, und zwar weil die Hohlprofile nicht endkonturnah, sondern zur Ausbildung des Fluidpolsters gezielt gewellt und insbesondere im Abstand zu den Wänden des Formhohlraums verlaufen. Manche Umfangsbereiche des Hohlprofils werden daher während der Innenhochdruckumformung wesentlich weiter radial nach außen verlagert als andere. Damit es nicht zu Klemmungen im Bereich des Abdichtdorns kommt, besitzt der Abdichtdorn eine entsprechend große, ebene, d.h. stumpfe, Anlagefläche. Es wird auf besondere Dichtmittel zur Reduzierung der Leckagen im Übergangsbereich zwischen dem Abdichtdorn und dem Hohlprofil verzichtet. Diese Art der leckagentoleranten Abdichtung hat den Vorteil, dass die Enden des Hohlprofils nicht besonders vorbereitet werden müssen, um das Highspeed-Hydroformverfahren durchführen zu können und dass die Enden der fertig hydrogeformten Hohlprofile nicht abgeschnitten werden müssen. Dadurch kann Material eingespart werden.

[0018] Es wird als vorteilhaft angesehen, wenn das Obergesenk beim Schließen des Formhohlraums weniger als den zwanzigsten Teil der Fluidmenge verdrängt, in welcher sich das Untergesenk befindet. Das Verhältnis zwischen verdrängtem Volumen und dem Badvolumen muss hinreichend groß gewählt werden. Einerseits treten bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sehr hohe Drücke auf, wobei Leckageströme zurück in das Fluidbad fließen. Damit das Hydraulikfluid nicht unkontrolliert herausspritzt, kann der Leckagestrom durch eine entsprechende Menge Hydraulikfluid gedämpft werden. Dazu sollten die Leckagestellen tief genug unter dem Fluidpegel liegen. Zusätzliche Abschirmmaßnahmen sind zweckmäßig.

[0019] Das kontrollierte Ableiten des Hydraulikfluids aus dem Fluidpolster kann dadurch erfolgen, dass zwischen dem Obergesenk und dem Untergesenk ein definierter Spalt vorgesehen ist, welcher an den Formhohlraum grenzt. Mit anderen Worten wird in der Trennungsfuge zwischen Obergesenk und Untergesenk ein Spalt eingestellt, der gerade so viel Hydraulikfluid abströmen lässt, dass bei Abschluss des Nachführvorgangs des Abdichtdorns das Fluidpolster vollständig abgebaut ist. Alternativ oder zusätzlich können Riefen im Formhohlraum vorgesehen sein, über welche das Hydraulikfluid abgeleitet wird. Dies erfolgt zweckmäßigerweise in Richtung des Abdichtdorns, da hier ohnehin größere Leckageströme auftreten können.

[0020] Die Hydraulikflüssigkeit kann temperiert sein, so dass die aus einem metallischen Werkstoff bestehenden Hohlprofile gewissermaßen warm mittels eines Highspeed-Hydroformverfahrens umgeformt werden. Das Halbwarm- oder Warmumformen von Metall erhöht die Umformbarkeit. Mit steigender Temperatur des Fluidbads erwärmt sich das Hohlprofil schneller, so dass die sich anschließende Innenhochdruck-Umformoperation ebenfalls beschleunigt durchgeführt werden kann. Das Erwärmen im Fluidbad hat den Vorteil, dass die Hohlprofile mit einem das Hohlprofil unmittelbar kontaktierenden Medium konduktiv erwärmt werden können. Diese Methode ist auf Grund der hohen Wärmeleitfähigkeit von Flüssigkeiten effektiver als die Ofenerwärmung.

[0021] Die Erfindung ist nachfolgend anhand in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens;

Figur 2 einen Querschnitt durch den Formhohlraum einer Hydroformstation;

Figuren 3a bis 3c einen Teilbereich eines Längsschnitts durch einen Formhohlraum einer Hydroformstation zu drei unterschiedlichen Bearbeitungszeitpunkten;

Figur 4 entsprechend der Darstellung der Figur 3c eine Variante mit Leckagebereichen am Abdichtdorn und

Figur 5 ein Diagramm, bei welchem über der Zeit die Bewegungskurve des Abdichtdorns, der anliegende Druck zur Innenhochdruckumformung und die Dicke des Fluidpolsters aufgetragen ist.

[0022] Figur 1 zeigt eine als Transferpresse ausgebildete Presse 1 mit einer Hydroformstation. Die Presse 1 umfasst einen Pressentisch 2, auf dem sich ein Tauchbecken 3 befindet, das mit einem Hydraulikfluid befüllt ist. Innerhalb dieses Tauchbeckens 3 befinden sich vier Bearbeitungsstationen. Die erste Station ist eine Befüllstation 4. Es schließt sich eine Vorformstation 5 an. Darauf folgt eine Hydroformstation 6 und schließlich eine Endbearbeitungsstation 7. In der Bearbeitungsfolge von links nach rechts wird Rohmaterial 8 mittels eines Roboters 9 in die Befüllstation 4 transportiert. Dort wird das Rohmaterial 8, bei dem es sich um Hohlprofile 10 handelt, mit Hydraulikfluid befüllt bzw. das Hohlprofil 10 läuft mit Hydraulikfluid voll. Anschließend wird das mit Hydraulikfluid befüllte Hohlprofil 10 zur nächsten Bearbeitungsstation 5 mittels eines schematisch angedeuteten Transferbalkens 11 transportiert. Der Transport von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation erfolgt unterhalb des Fluidpegels, bis das mit Innenhochdruck umgeformte Hohlprofil 10 schließlich an der Endbearbeitungsstation 7 von einem weiteren Roboter 12 entnommen wird. Die Fertigteile 13 werden von dem Roboter 12 abgelegt.

[0023] In der Vorformstation 5 der Hydroformstation 6 und der Endbearbeitungsstation 7 erfolgt die eigentliche Bearbeitung des Hohlprofils 10. Hierzu besitzt die Presse 1 einen Pressenstößel 14, an welchem entsprechende Obergesenke für die jeweiligen Bearbeitungsstationen 5, 6 und 7 angeordnet sind. An dem Obergesenk 15 der Hydroformstation 6 ist eine Kolben-Zylinder-Einheit 16 angeordnet, die dazu dient, während der Innenhochdruckumformung Hydraulikfluid in den Innenraum des Hohlprofils 10 zu pressen. Die Presse 1 ist in nicht näher dargestellter Weise mit einem Drucksteuerungssystem und einer Druckregelung verbunden, insbesondere, wie sie in der DE 10 2005 057 863 B3 beschrieben ist. Dem Obergesenk 15 ist in bekannter Weise ein Untergesenk 17 zugeordnet.

[0024] Figur 2 zeigt in vergrößerter Darstellung einen Querschnitt durch die geschlossene Hydroformstation 6. Es ist zu erkennen, dass zwischen dem Obergesenk 15 und dem Untergesenk 17 innerhalb eines im Querschnitt im Wesentlichen rechteckig konfigurierten Formhohlraums 18 ein umzuformendes Hohlprofil 10 angeordnet ist. Das Hohlprofil 10 berührt den Formhohlraum 18 möglichst wenig, d.h. nur punktuell. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Hohlprofil 10 in einer Art und Weise umgeformt worden ist, dass zwischen dem Formhohlraum 18 und dem Hohlprofil 10 ein mit Fluid gefüllter Freiraum verbleibt. In diesem Freiraum bildet sich ein Fluidpolster 19. Darüber besitzt der Formhohlraum 18 Riefen 20, die sich in diesem Ausführungsbeispiel mittig im Obergesenk 15 und im Untergesenk 17 befinden und sich gewissermaßen in Längsrichtung des Formhohlraums 18 erstrecken. Diese Riefen 20 sind nicht dafür vorgesehen, im Rahmen des Innenhochdruckumformverfahrens als Kontur für das Hohlprofil zu dienen, sondern dafür, das Hydraulikfluid aus dem Fluidpolster 19 abzuleiten, wenn der Innendruck p im Inneren des Hohlprofils 10 während der Innenhochdruckumformung steigt und sich das Hohlprofil 10 weitet. Im seitlichen Bereich kann die Ableitung des Hydraulikfluids aus dem Fluidpolster 19 über einen Spalt 21 erfolgen, der sich zwischen Obergesenk 15 und Untergesenk 17 befindet. Der Spalt 21 ist so schmal, dass bei der Innenhochdruckumformung kein Material des Hohlprofils 10 in den Spalt 21 eindringt. Gleiches gilt für die Riefen 20. Selbstverständlich ist es möglich, auch mehrere Riefen 20 im Obergesenk 15 und/oder Untergesenk 17 vorzusehen. Der Querschnitt der Riefen und Spalten ist in besonderer Weise angepasst, und zwar derart, dass das Hydraulikfluid nur mit reduzierter Strömungsgeschwindigkeit aus den Fluidpolstern 19 abströmen kann. Ziel ist es, das Fluidpolster 19 bei kontinuierlich abnehmender Fluidmenge kontrolliert über einen Zeitraum aufrechtzuerhalten, nämlich zumindest so lange, bis das Nachführen eines Abdichtdorns abgeschlossen ist.

[0025] Der in Figur 2 dargestellte Querschnitt bezieht sich auf denjenigen Bereich des Hohlprofils 10, der nur geringfügig durch Innenhochdruckumformung aufgeweitet wird, und zwar insofern, dass er lediglich in dem Formhohlraum 18 zur Anlage gelangt ohne im Sinne einer Wanddickenreduzierung gedehnt zu werden. Die eigentliche Aufweitung durch Innenhochdruck erfolgt in anderen Bereichen, wobei die dargestellte Querschnittskontur lediglich denjenigen Bereich zeigt, der in die besagten, stärker aufzuweitenden Bereiche nachgeschoben werden soll. Der dargestellte Querschnitt liegt also insbesondere in einem Abdichtdorn benachbarten Bereichen. Dort sollen die entsprechenden Riefen 20 und Spalten 21 für die Fluidpolster 19 vorgesehen sein.

[0026] Die Figuren 3a-c zeigen den Ablauf des Hydroformverfahrens. Dargestellt ist ein Längsschnitt durch den Formhohlraum 18 der Figur 2. In Figur 3a ist zu erkennen, dass der Abdichtdorn 22 in den Formhohlraum 8 eingefahren wird. Über einen Kanal 23 wird Hydraulikfluid in den Innenraum des Hohlprofils 10 gepumpt und ein Druck p aufgebaut. In Figur 3b ist der Abdichtdorn 22 in Richtung des Pfeils P1 verschoben worden, um das Hohlprofil 10 nachzuführen. In einem nicht näher dargestellten Bereich des Formhohlraums 18 ist eine Ausbuchtung vorgesehen, in die das Hohlprofil 10 durch Innenhochdruckumformung gepresst werden soll. Um dort Materialwandstärkenreduzierung zu vermeiden, wird Material endseitig nachgeschoben. In diesen nachgeschobenen Bereichen des Hohlprofils 10 wird das Fluidpolster

19 aufrechterhalten. Geringe Mengen des Hydraulikfluids können aus dem Fluidpolster über Riefen 20 im Obergesenk 15 und dem Untergesenk 17 in Richtung des Abdichtdorns 22 aus dem Formhohlraum 18 abfließen. In nicht näher dargestellter Weise gilt das auch für den Spalt 21 zwischen Obergesenk 15 und Untergesenk 17. Das Hohlprofil 10 schwimmt während dieser Phase der Umformung, d.h. während der Abdichtdorn 22 um den Weg W verlagert wird, gewissermaßen in dem Hydraulikfluid und wird von den Fluidpolstern 19 getragen. Erst bei oder nach Abschluss des Nachschiebevorgangs gelangt das Hohlprofil 10 an dem Formhohlraum 18 zur Anlage, wie es in Figur 3c dargestellt ist. Der Innendruck p hat das Hohlprofil 10 so weit aufgeweitet, dass das Fluidpolster 19 abgebaut worden ist. Es ist zu erkennen, dass das Hohlprofil 10 hierbei nicht in die Riefen 20 eingedrungen ist. In der dargestellten Position ist lediglich der Nachschiebevorgang bzw. das Nachführen des Abdichtdorns 22 abgeschlossen. Die Aufweitung nicht näher dargestellter Bereiche des Hohlprofils 10 kann derweil noch fortgeführt werden, weil der Innendruck p auch dann noch anliegt, wenn das Fluidpolster 19 abgebaut worden ist.

[0027] Figur 4 zeigt ein Hohlprofil 10, dessen Ende nicht plan an dem Abdichtdorn 22 anliegt. Der eingekreiste Bereich L zeigt, dass die Stirnfläche des Hohlprofils 10 in der Nähe des Obergesenks 15 im Abstand zum Abdichtdorn 22 verläuft. Dort treten Leckagen auf. Dadurch, dass über den Kanal 23 im Abdichtdorn 22 eine sehr große Fluidmenge befördert wird, kann dennoch der Druck p zur Innenhochdruckumformung aufgebracht werden. Der Bereich L ist übertrieben groß dargestellt. In der Praxis würde in dem Bereich L nicht so viel Hydraulikfluid entweichen, dass der gewünschte Umformdruck P nicht erreicht werden könnte. Das erfindungsgemäße Verfahren ist also auch dann durchführbar, wenn es zu Leckageströmen im Bereich des Abdichtdorns 22 kommt. Daher kann der Abdichtdorn 22 eine senkrecht zur Vorschubrichtung verlaufende Stirnfläche ohne zusätzliche Abdichtmittel aufweisen, die in das umzuformende Hohlprofil 10 einzuführen wären. Dadurch kann auch bei größeren Fluidpolstern bzw. bei größeren Abständen des vorgeformten Hohlprofils 10 von der Wandung des Formhohlraums sichergestellt werden, dass sich das Hohlprofil quer zum Abdichtdorn 22, d.h. in Aufweirichtung, klemmungsfrei bewegen kann.

[0028] Wesentlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist die Geschwindigkeit, mit der das Fluidpolster abgebaut wird. Dies soll anhand des Diagramms der Figur 5 erläutert werden. Die Kurve K1 stellt den Druckverlauf einer Presse 1 über die Zeit mit einem elektronisch oder hydraulisch gesteuerten Drucksystem für das Hydroformen nach dem bekannten Stand der Technik dar. Der Druckaufbau beginnt bei Null und steigt über den Arbeitspunkt A des Innenhochdruckumformvorgangs bis zu dem oberen Totpunkt B1 der Kurve K1. Anschließend fällt der Druck über den Druckabfallspunkt C1 bis zum Punkt D1 wieder ab.

[0029] Die Kurve K2 zeigt den Weg, d.h. den Hub, einer mechanischen Presse. Bei der hier verwendeten Presse, bei welcher das Obergesenk mit einer zusätzlichen Kolben-Zylinder-Einheit 16 zur Druckerzeugung ausgebildet ist, fährt der Pressenhub, nachdem er seinen unteren Totpunkt B1 erreicht hat, weiter in Richtung des in dem Diagramm nicht darstellbaren oberen Totpunktes über die Druckabfallspunkte C1 und D1. Zwischen dem unteren Totpunkt B1 des Pressenhubs, der Kurve K1 und dem Druckabfallspunkt C1 wird die Presse noch zugehalten. Ab dem Druckabfallspunkt C1 fährt die Presse auf, der Druck wird abgebaut und die Presse 1 öffnet das Hydroformwerkzeug in Punkt D1. Der nicht dargestellte obere Totpunkt OT wird ohne Zeitverzögerung durchfahren. Die Kurve K2 zeigt den Druckverlauf einer Presse, wie sie in der DE 10 2005 057 863 B3 beschrieben wird. Bei der dortigen Presse sind ein Drucksteuerungssystem und eine Druckregelung aus mindestens einer Kolben-Zylinder-Feder-Einheit vorgesehen, wobei die Presse mit einer weiteren Vorrichtung für zusätzliche Fertigungsoperationen versehen ist. In dem Zeitfenster des Druckplateaus B1-B2 werden zusätzliche Fertigungsoperationen durchgeführt.

[0030] Die Kurve K3 ist eine Bewegungskurve des Abdichtdorns 22. In der ersten Bewegungsphase im Bereich 0 bis R wird durch das umzuformende Hohlprofil relativ wenig Widerstand geleistet. In dieser Zeitspanne gibt es ein ausreichendes Fluidpolster zwischen dem Hohlprofil und dem Formhohlraum. Das Teilstück R-S ist normalerweise die kritische Strecke der gesamten Bewegungskurve, weil in diesem Bereich das Hydraulikfluid schnell aus dem Fluidpolster abfließt, da sich das Hohlprofil 10 in dieser Phase an den Formhohlraum anlegt. In der Phase S-T hält der Abdichtdorn 22 seine Position, bis er schließlich wieder zurückgefahren wird (T-D₂).

[0031] Die Kurve K4 verdeutlicht die Dicke eines Fluidpolsters. Es ist zu erkennen, dass die Dicke zwischen dem Punkt G und dem Punkt H relativ rasch abnimmt und insbesondere gegen Null geht, bevor der Abdichtdorn den Bereich R-S der Bewegungskurve vollständig durchfahren hat. Das bedeutet, dass die Flüssigkeit schnell abfließt. Es kommt zu erhöhter Reibung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug und zu den diskutierten Nachteilen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass sich die Dicke des Fluidpolsters wesentlich langsamer reduziert, wie durch die Kurve K5 dargestellt ist. Es ist zu erkennen, dass der Abdichtdorn den Bereich R-S bereits durchfahren hat, während das Fluidpolster noch nicht einmal auf 50 % seiner Dicke reduziert worden ist. Erst im Punkt J, der zeitlich nach dem Ende des Nachführvorgangs des Abdichtdorns liegt, geht die Dicke des Fluidpolsters gegen Null. Zu diesem Zeitpunkt findet allerdings keine Reibung mehr zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug statt, so dass das Fluidpolster nicht weiter benötigt wird. Entscheidend ist somit, dass der Punkt J der Kurve K5 auf der Zeitachse auf der rechten Seite des Punktes S liegt, welcher den Endpunkt des Nachführvorgangs des Abdichtdorns kennzeichnet.

[0032] Die dargestellten Kurvenverläufe sind rein schematisch. In der Praxis können sich Kurven anstatt der eingezeichneten Geraden ergeben. Wesentlich ist die Aussage, dass die Geschwindigkeit, mit welcher das Hydraulikfluid aus

dem Fluidpolster abströmt, reduziert werden soll. Daher ist die Kurve K5 flacher als die Kurve K4.

Bezugszeichen:

5 **[0033]**

- 1 - Presse
- 2 - Pressentisch
- 3 - Tauchbecken
- 10 4 - Befüllstation
- 5 - Vorformstation
- 6 - Hydroformstation
- 7 - Endbearbeitungsstation
- 8 - Rohmaterial
- 15 9 - Roboter
- 10 - Hohlprofil
- 11 - Transferbalken
- 12 - Roboter
- 13 - Fertigteil
- 20 14 - Pressenstößel
- 15 - Obergesenk
- 16 - Kolben-Zylinder-Einheit
- 17 - Untergesenk
- 18 - Formhohlraum
- 25 19 - Fluidpolster
- 20 - Riefe
- 21 - Spalt
- 22 - Abdichtdorn
- 23 - Kanal
- 30 K1 - Kurve
- K2 - Kurve
- 35 K3 - Kurve
- K4 - Kurve
- K5 - Kurve
- 40 L - Leckagebereich
- P - Innendruck
- 45 P1 - Pfeil
- W - Weg

50 **Patentansprüche**

1. Verfahren zur hydraulischen Innenhochdruckumformung von Hohlprofilen aus einem metallischen Werkstoff mit folgenden Schritten:

- 55 1.1. ein umzuformendes Hohlprofil (10) wird in ein mit einem Hydraulikfluid gefülltes Tauchbecken (3) eingetaucht;
- 1.2. das mit dem Hydraulikfluid gefüllte Hohlprofil (10) wird in einen Formhohlraum (18) einer Hydroformstation (6) aufweisenden Presse (1) mit einem Obergesenk (15) und einem Untergesenk (17) gelegt;

1.3. die Enden des Hohlprofils (10) werden über Abdichtdorne (22) bei Innendruckbeaufschlagung nachgeführt,
 1.4. ein zwischen dem Formhohlraum (18) und dem Hohlprofil (10) vorhandenes Fluidpolster (19) wird bei
 abnehmender Fluidmenge kontrolliert über einen Zeitraum aufrechterhalten, der gleichzeitig oder später endet
 als der Zeitpunkt, in welchem das Nachführen eines Abdichtdorns (22) abgeschlossen ist.

- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydroformstation (6) Bestandteil einer Transfer-
 presse (1) ist, die wenigstens eine weitere Bearbeitungsstation (5) umfasst und wobei der Transport der Hohlprofile
 (10) von der Bearbeitungsstation (5) zu der Hydroformstation (6) innerhalb des Hydraulikfluids erfolgt.
- 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Innenhochdruckumformung ein größeres
 Flüssigkeitsvolumen in das Hohlprofil (10) gepumpt wird, als zusätzlich zu dem in dem Hohlprofil (10) vorhandenen
 Hydraulikfluid in dem Hohlprofil (10) aufgenommen werden kann.
- 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Bearbeitungsstation (5)
 eine Vorformstation ist, in welcher das Hohlprofil (10) einen Querschnitt erhält, welcher zur Ausbildung eines Fluid-
 polsters (19) zwischen dem Hohlprofil (10) und dem Formhohlraum (18) vorgesehen ist.
- 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Obergesenk (15) beim Schließen
 des Formhohlraums (18) weniger als den 20. Teil der Fluidmenge verdrängt, in welcher sich das Untergesenk (17)
 befindet.
- 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Innenhochdruckum-
 formens aus einem in der Trennungsfuge zwischen Obergesenk (15) und Untergesenk (17) angeordneten Spalt
 (21) definierter Breite gezielt Hydraulikfluid aus dem Fluidpolster (19) abgeleitet wird.
- 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Hydraulikfluid über Riefen (20) im
 Formhohlraum (18) abgeleitet wird, die sich in Richtung eines Abdichtdorns (22) erstrecken.
- 35
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hydraulikfluid auf eine Tem-
 peratur oberhalb der Raumtemperatur erwärmt wird.
- 40
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verwendete metallische Werkstoff
 eine Aluminium-, Stahl- oder Magnesiumlegierung ist.
- 45
50
55

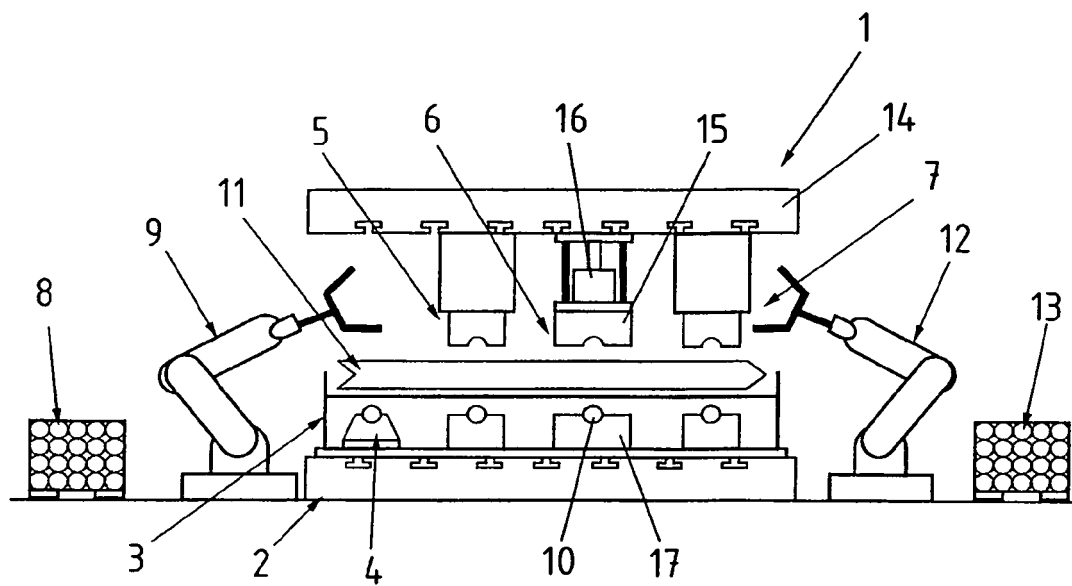


Fig. 1

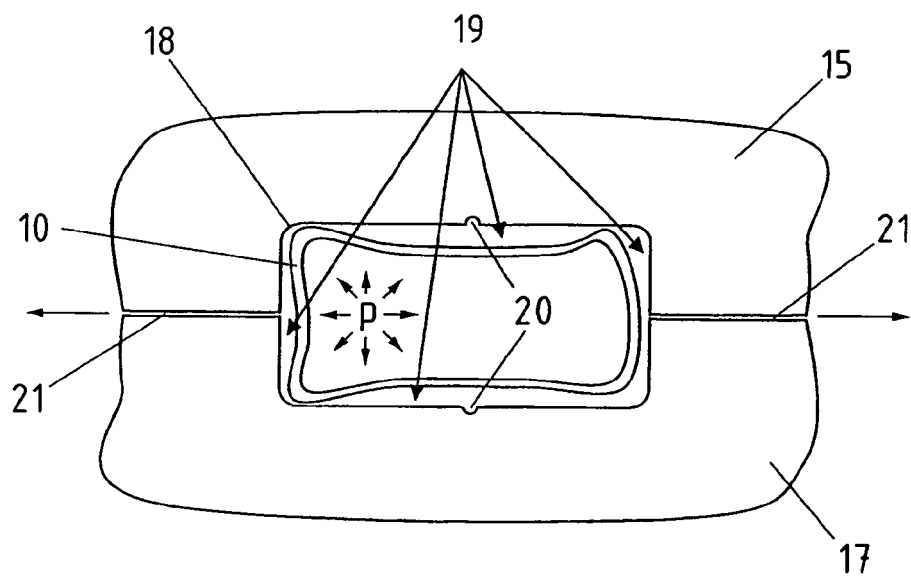


Fig. 2

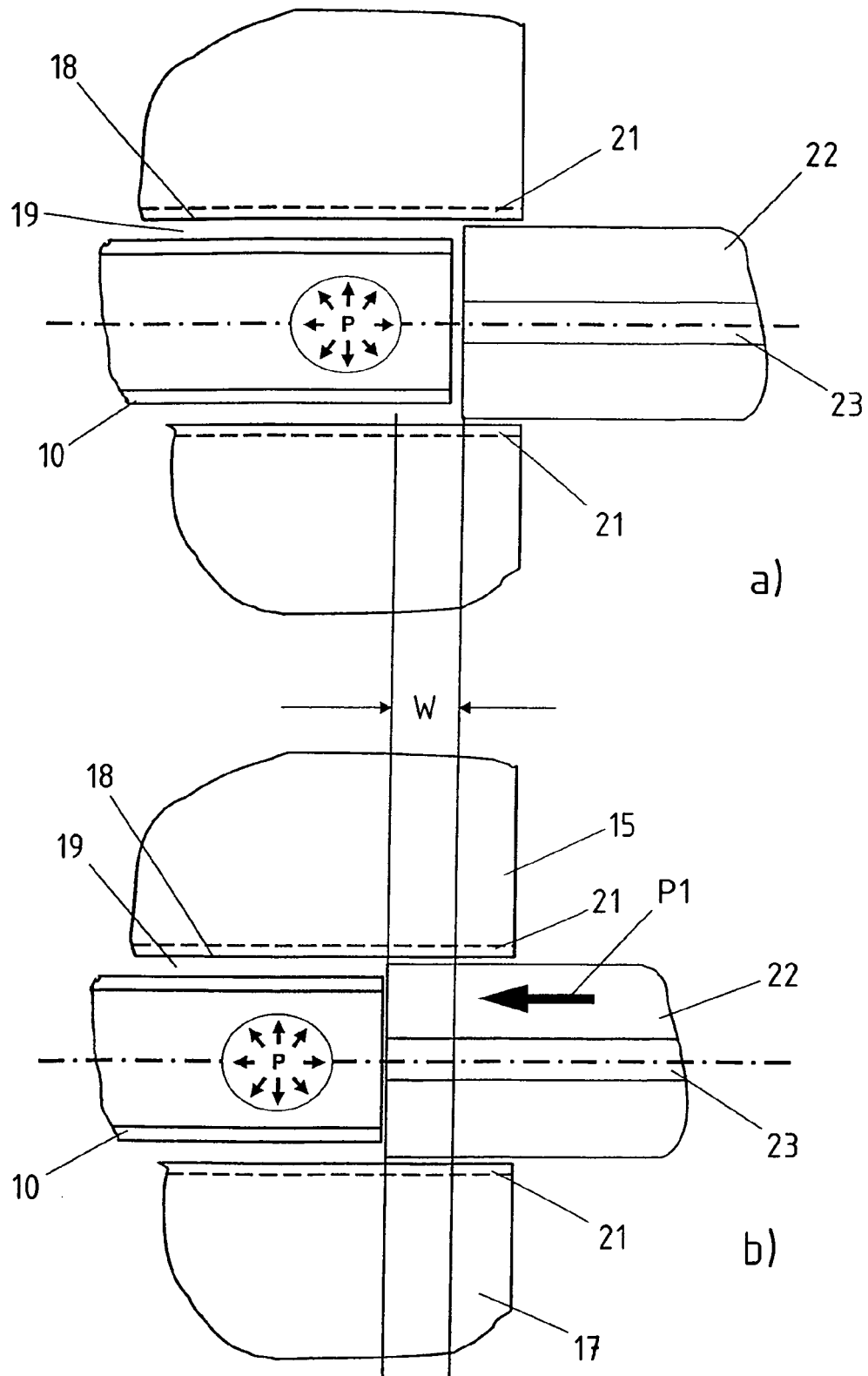


Fig. 3

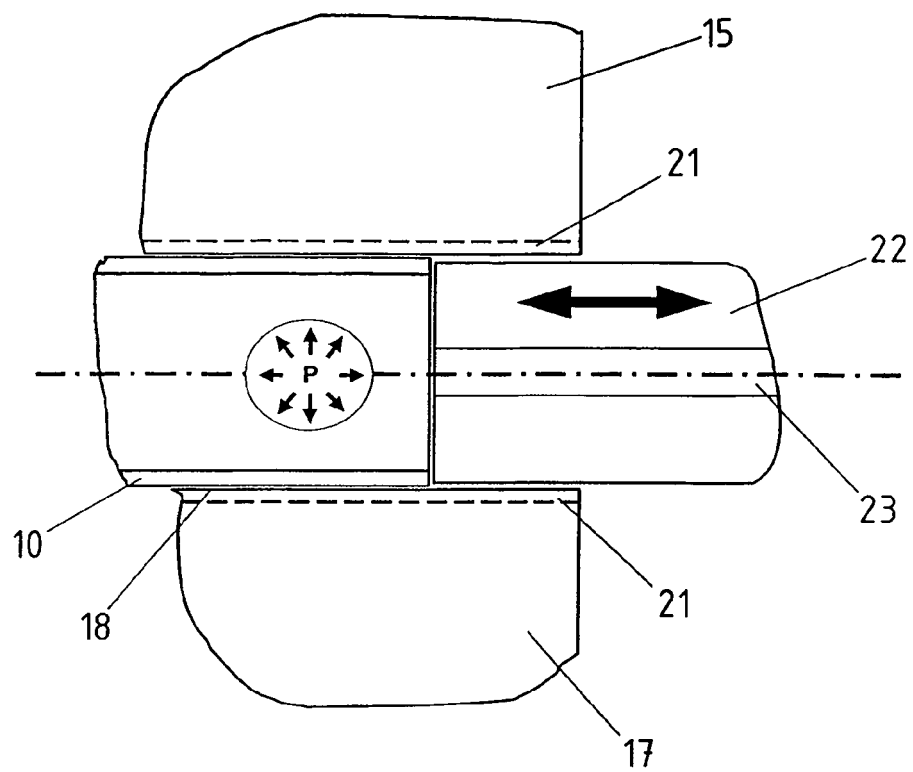


Fig. 3c)

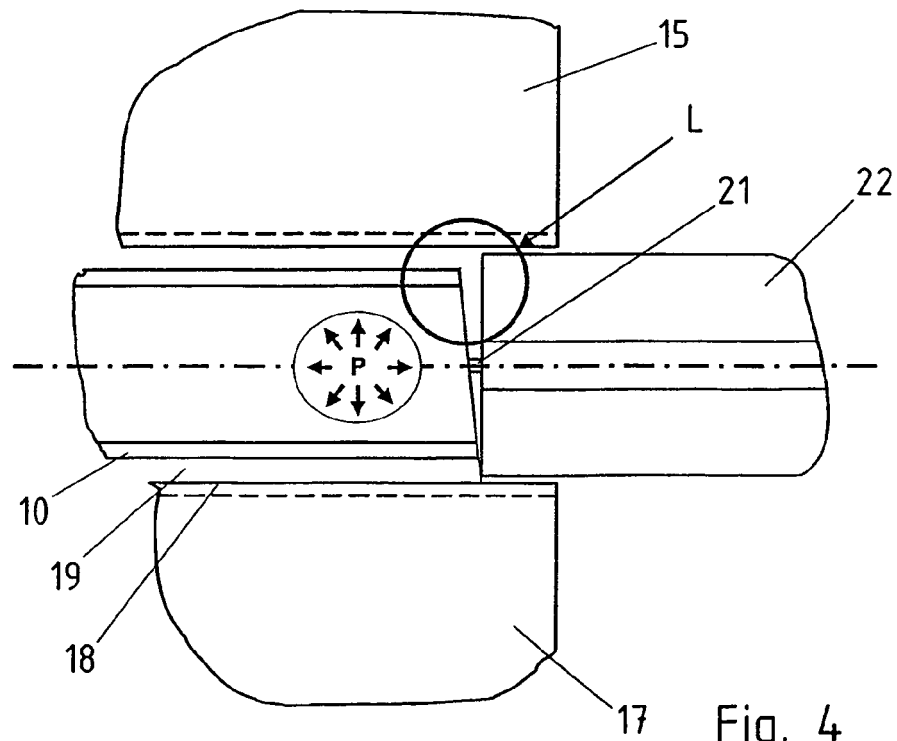


Fig. 4

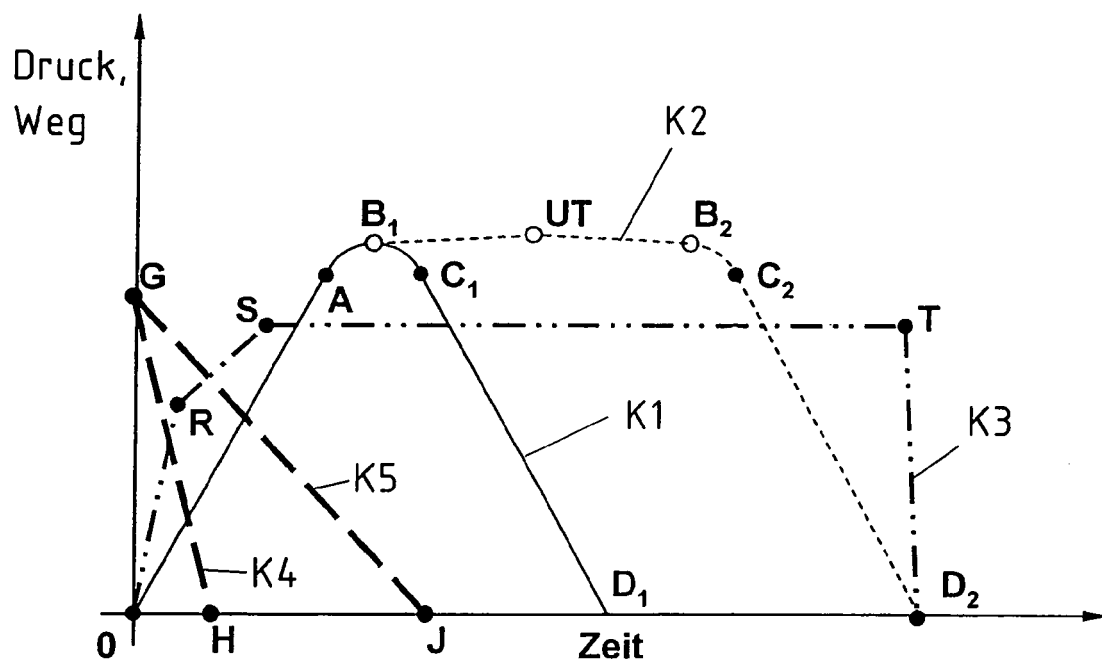


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 00 4775

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 20 2007 004627 U1 (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT UMFORMT [DE]) 30. August 2007 (2007-08-30) * das ganze Dokument *	1-9	INV. B21D26/02
A	FR 2 679 159 A1 (THIBERGE LOUIS [FR]) 22. Januar 1993 (1993-01-22) * das ganze Dokument *	1-9	
A	GB 2 126 510 A (VITKOVICE ZDARSKE STROJIRNY A) 28. März 1984 (1984-03-28) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 2 036 628 A1 (SCHULZE BERND [DE]) 18. März 2009 (2009-03-18) * das ganze Dokument *	1-9	
A	DE 40 17 072 A1 (BENTELER WERKE AG [DE]) 28. November 1991 (1991-11-28) * das ganze Dokument *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. November 2010	Prüfer Vinci, Vincenzo
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 Patentedokument, 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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 10 00 4775

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

26-11-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202007004627 U1	30-08-2007	KEINE	
FR 2679159 A1	22-01-1993	KEINE	
GB 2126510 A	28-03-1984	KEINE	
EP 2036628 A1	18-03-2009	AT 466675 T DE 102007043316 A1 ES 2345853 T3	15-05-2010 19-03-2009 04-10-2010
DE 4017072 A1	28-11-1991	ES 2044742 A1 GB 2244228 A US 5107693 A	01-01-1994 27-11-1991 28-04-1992

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005057863 B3 [0023] [0029]