(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 272 601 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.08.2011 Patentblatt 2011/35

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

(21) Anmeldenummer: **10004775.2**

(22) Anmeldetag: **06.05.2010**

(54) **Verfahren zur Innenhochdruckumformung**

Hydroforming method

Procédé d'hydroformage

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ 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

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.01.2011 Patentblatt 2011/02

(73) Patentinhaber: **Benteler Automobiltechnik GmbH**
33102 Paderborn (DE)

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

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 036 628
DE-A1- 4 017 072
DE-U1-202007 004 627
FR-A1- 2 679 159
GB-A- 2 126 510

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 272 601 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur hydraulischen Innenhochdruckumformung von Hohlprofilen aus einem metallischen Werkstoff, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 (siehe z.B.DE-U-20 2007 004 627). 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.

[0002] Nachteilig bei der Innenhochdruckumformung von weicheren 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.

[0003] 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.

[0004] Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0005] Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] 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.

[0007] 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 Innendrücke 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren zeigt seine Vorteile insbesondere bei im Verhältnis zu Stahl weicheren Werkstoffen, wie z.B. Aluminium. Das Verfahren ist jedoch ebenso für andere metallische Werkstoffe, wie z. B. Stahl oder auch Magnesium, geeignet.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] Die Hydraulikflüssigkeit kann temperiert sein, so dass die aus einem metallischen Werkstoff bestehenden Hohlprofile gewissermaßen warm mittels eines Highspeed-Hydroformverfahrens umgeformt werden. Das Halbwarmoder 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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 Aufweitrichtung, klemmungsfrei bewegen kann.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 ($T\text{-}D_2$).

[0030] 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.

[0031] 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:

[0032]

1 - Presse
2 - Pressentisch
3 - Tauchbecken
4 - Befüllstation
5 - Vorformstation
6 - Hydroformstation
7 - Endbearbeitungsstation
8 - Rohmaterial
9 - Roboter
10 - Hohlprofil
11 - Transferbalken
12 - Roboter
13 - Fertigteil
14 - Pressenstößel
15 - Obergesenk
16 - Kolben-Zylinder-Einheit
17 - Untergesenk
18 - Formhohlraum
19 - Fluidpolster
20 - Riefe
21 - Spalt
22 - Abdichtdorn
23 - Kanal

K1- Kurve
K2 - Kurve
K3 - Kurve
K4 - Kurve
K5 - Kurve
L - Leckagebereich
P - Innendruck
P1 - Pfeil
W - Weg

Patentansprüche

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

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydroformstation (6) Bestandteil einer Transferpresse (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.

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.

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 Fluidpolsters (19) zwischen dem Hohlprofil (10) und dem Formhohlraum (18) vorgesehen ist.

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.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Innenhochdruckumformens aus einem in der Trennungsfuge zwischen Obergesenk (15) und Untergesenk (17) angeordneten Spalt (21) definierter Breite gezielt Hydraulikfluid aus dem Fluidpolster (19) abgeleitet wird.

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.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hydraulikfluid auf eine Temperatur oberhalb der Raumtemperatur erwärmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verwendete metallische Werkstoff eine Aluminium-, Stahl- oder Magnesiumlegierung ist.

Claims

1. Method for hydroforming hollow profiles made from a metal material, comprising the following steps:

   1.1. a hollow profile (10) to be hydroformed is immersed in an immersion container (3) filled with a hydraulic fluid;
   1.2. the hollow profile (10) filled with the hydraulic fluid is placed into a cavity (18) of a press (1) comprising a hydroforming station (6), said press having an upper die (15) and a lower die (17);
   1.3. the ends of the hollow profile (10) are fed in via sealing mandrels (22) during application of the internal pressure, **characterised in that**
   1.4. a fluid cushion (19) which exists between the cavity (18) and the hollow profile (10) is maintained in a controlled manner as the quantity of fluid decreases, for a period of time ending at the same time as or later than the time at which the feeding-in of a sealing mandrel (22) is completed.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the hydroforming station (6) is part of a transfer press (1) which comprises at least one further processing station (5), and wherein the transporting of the hollow profiles (10) from the processing station (5) to the hydroforming station (6) takes place within the hydraulic fluid.

3. Method according to claim 1, **characterised in that**, during the hydroforming, a larger volume of fluid is pumped into the hollow profile (10) than can be accommodated in the hollow profile (10) in addition to the hydraulic fluid present in the hollow profile (10).

4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the further processing station (5) is a pre-forming station in which the hollow profile (10) is given a cross-section intended to create a fluid cushion (19) between the hollow profile (10) and the cavity (18).

5. Method according to one of claims 1 to 4, **characterised in that**, during the closing of the cavity (18), the upper die (15) displaces less than one-twentieth of the quantity of fluid in which the lower die (17) is located.

6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that**, during the hydroforming, hydraulic fluid from the fluid cushion (19) is drained off in a targeted manner out of a gap (21) of defined width which is arranged in the

separating join between the upper die (15) and the lower die (17).

7. Method according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** hydraulic fluid is drained off via grooves (20) in the cavity (18) which extend in the direction of a sealing mandrel (22).

8. Method according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the hydraulic fluid is heated to a temperature above room temperature.

9. Method according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the metal material used is an aluminium, steel or magnesium alloy.

Revendications

1. Procédé pour l'hydroformage sous haute pression intérieure de profilés creux en matériau métallique, comprenant les opérations suivantes :

   1.1 on plonge un profilé creux (10) à mettre en forme dans un bassin d'immersion (3) rempli d'un fluide hydraulique ;
   1.2 le profilé creux (10) rempli du fluide hydraulique est déposé dans une cavité de mise en forme (18) d'une presse (1) comportant une station d'hydroformage (8) laquelle comprend une matrice supérieure (15) et une matrice inférieure (17) ;
   1.3 les extrémités du profilé creux (10) sont guidées en approche via des mandrins d'étanchéité (22) lors de l'application d'une pression intérieure,
   caractérisé en ce que
   1.4 un tampon de fluide (19) présent entre la cavité de mise en forme (18) et le profilé creux (10) est maintenu, tandis que la quantité de fluide diminue, de façon contrôlée sur une période qui se termine simultanément ou ultérieurement à l'instant auquel le guidage en approche d'un mandrin d'étanchéité (22) est achevé.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la station d'hydroformage (6) est un élément constitutif d'une presse de transfert (1) qui comprend au moins une autre station de travail (5), et dans lequel le transport des profilés creux (10) de la station de travail (5) à la station d'hydroformage (6) a lieu à l'intérieur du fluide hydraulique.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lors de l'hydroformage sous haute pression intérieure, on pompe un volume de liquide dans le profilé creux (10) plus important que celui qui, additionnellement au fluide hydraulique présent dans le profilé creux (10), est susceptible d'être reçu dans le profilé creux (10).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'autre station de travail (5) est une station d'ébauchage, dans laquelle le profilé creux (10) obtient une section qui est prévue pour la réalisation d'un tampon de fluide (19) entre le profilé creux (10) et la cavité de mise en forme (18).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la matrice supérieure (15) refoule, lors de la fermeture de la cavité de mise en forme (18) une quantité inférieure au 20e de la quantité de fluide qui se trouve dans la matrice inférieure (17).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, pendant l'hydroformage sous haute pression intérieure, le fluide hydraulique est enlevé du tampon de fluide (19) de façon ciblée hors d'une fente (21) de largeur définie agencée dans le joint de séparation entre la matrice supérieure (15) et la matrice inférieure (17).

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le fluide hydraulique est enlevé via des rainures (20) dans la cavité de mise en forme (18) qui s'étendent dans la direction d'un mandrin d'étanchement (22).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le fluide hydraulique est réchauffé à une température au-dessus de la température ambiante.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le matériau métallique utilisé est un alliage d'aluminium, d'acier ou de magnésium.

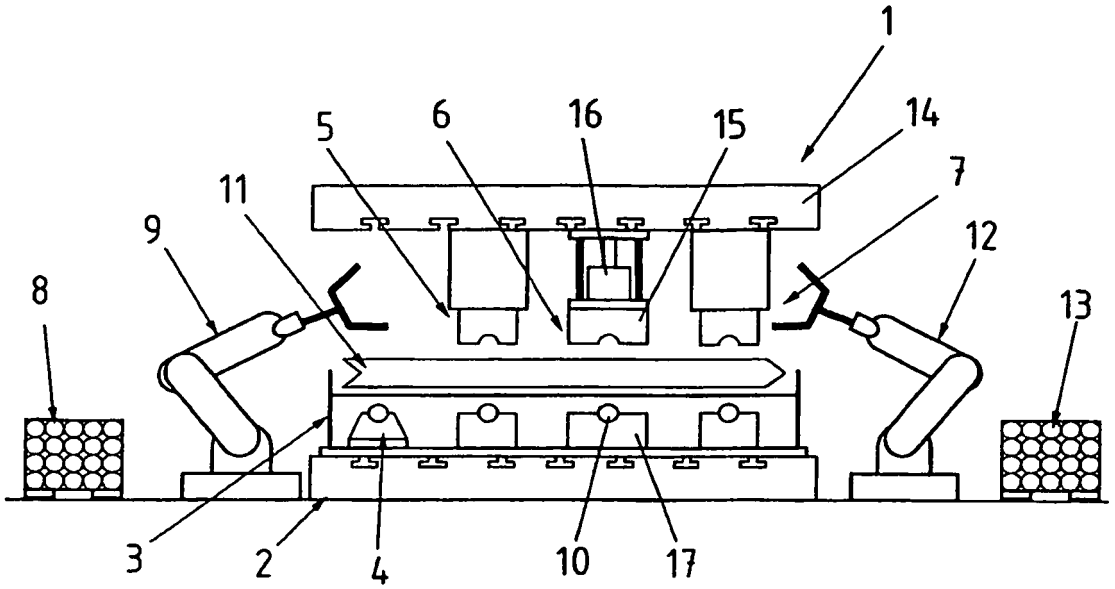


Fig. 1

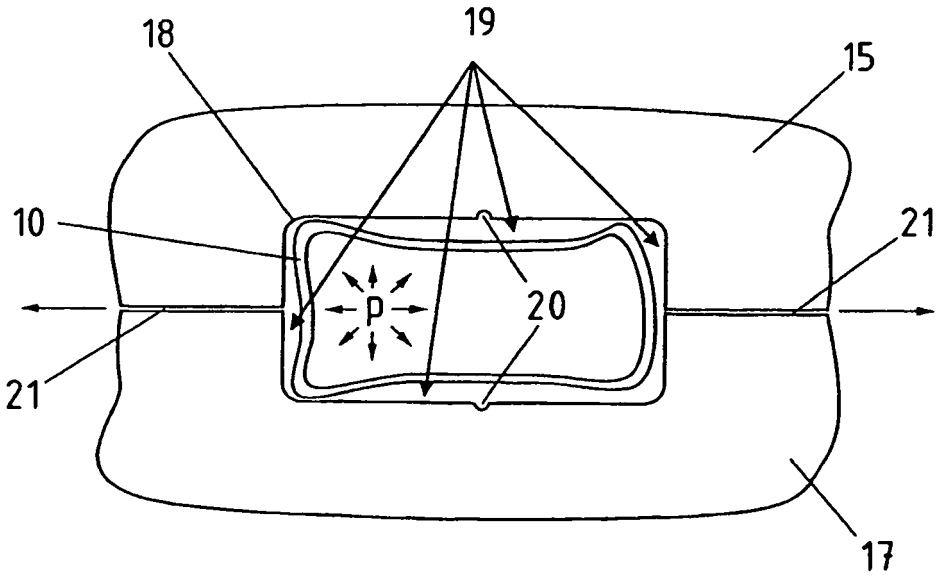


Fig. 2

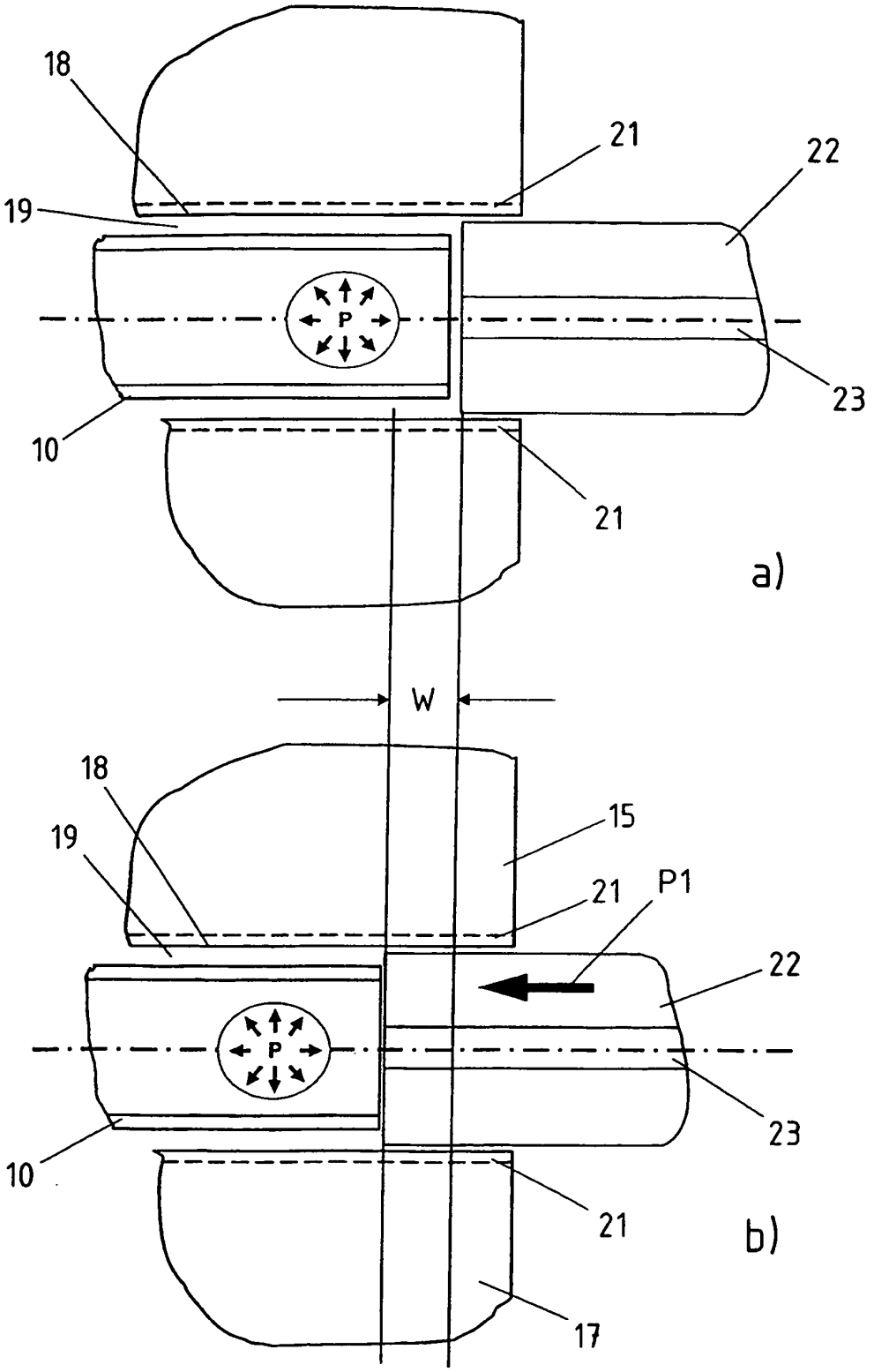


Fig. 3

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 202007004627 U **[0001]**
- DE 102005057863 B3 **[0022] [0028]**