



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 063 029 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.12.2000 Patentblatt 2000/52

(51) Int. Cl.⁷: **B21D 26/02**

(21) Anmeldenummer: **00109465.5**

(22) Anmeldetag: **04.05.2000**

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

(30) Priorität: **24.06.1999 DE 19928873**

(71) Anmelder: **BENTELER AG
D-33104 Paderborn (DE)**

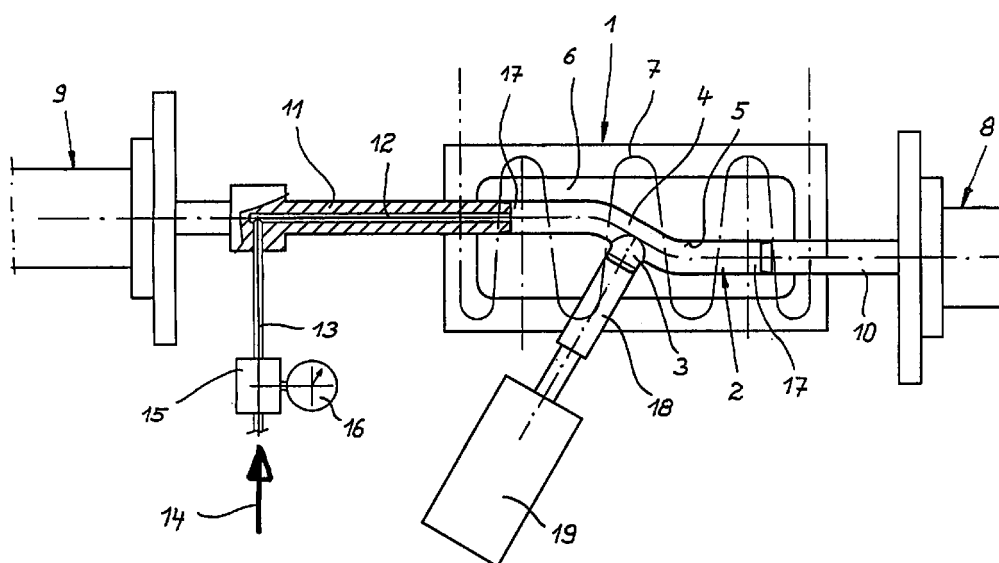
(72) Erfinder:
• **Dipl.-Ing. Jürgen Kleinschmidt,
37688 Beverungen (DE)**
• **Dr.-Ing. Töpker Dieter,
33100 Paderborn (DE)**
• **Dipl.-Ing. Grussmann Elmar,
33184 Altenbeken (DE)**

(74) Vertreter:
**Ksoll, Peter, Dr.-Ing.
Bergstrasse 159
44791 Bochum (DE)**

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Innendruckformen eines hohlen metallischen Werkstücks

(57) Bei diesem Verfahren und der dabei eingesetzten Vorrichtung gelangt ein mehrteiliges Werkzeug (1) mit einem Formnest (5) zum Einsatz, das über eine Heizung (7) aufwärmbar ist. Ferner ist das im Werkzeug (1) umformbare Werkstück (2) vorab erwärmbar. Das vorgewärmte Werkstück (2) wird dann in das aufgeheizte offene Werkzeug (1) gelegt und danach werden in die Enden (17) des Werkstücks (2) Bestandteile von

Schließzylindern (8, 9) bildende Schließdorne (10, 11) eingeführt. Nach dem Schließen des Werkzeugs (1) wird über den Schließdorn (11) ein erwärmtes Druckfluid (14) in das warmgehaltene Werkstück (2) eingeleitet und dadurch bei vergleichsweise geringem Innendruck, geringen Zuhalte- und Umformkräften das Werkstück (2) an das Formnest (5) angepasst.



EP 1 063 029 A1

Beschreibung

[0001] Die Methode des Innendruckumformens von hohlen, insbesondere rohrförmigen, Werkstücken innerhalb eines geschlossenen Werkzeugs ist sowohl bei dem Werkstoff Stahl als auch bei Nichteisenmetallen bekannt. Das in die Werkstücke eingebrachte Druckfluid besteht hierbei aus Wasser oder einer Wasseremulsion. Die Umformung des Werkstücks erfolgt bei Raumtemperatur.

[0002] Im bekannten Fall ist es nachteilig, dass eine Formänderung der metallischen Werkstoffe bei komplexen Umformschritten nur mit einem hohen technischen Aufwand möglich ist. Insbesondere bei Werkstoffen mit einer geringen plastischen Dehnung, wie z.B. Aluminium, ist dann ein mehrfaches Zwischenglühen unabdingbar. Jede Zwischenglühung beeinflusst indessen ein metallisches Gefüge. Darüberhinaus besteht bei metallischen Werkstoffen wie Aluminium, die keine Gefügeumwandlung vollziehen, bei Zwischenglühungen die Gefahr der Versprödung. Ihre Funktion im späteren praktischen Einsatz kann daher erheblich beeinträchtigt sein.

[0003] Im Umfang der EP 0 785 036 A1 ist es bekannt, heißen Sand in ein Werkstück einzubringen und dieses umzuformen. Hierbei werden vor dem Umformen sowohl das Werkstück als auch das Werkzeug erwärmt. Während der Umformung wird die Temperatur des Werkzeugs und des Werkstücks aufrecht erhalten.

[0004] Das Innendruckumformen mittels Sand verlangt jedoch ein spezielles Handling. Geringe Radien sind, wenn überhaupt, nur mit einem erheblichen Aufwand erzielbar. Auch ist ein einseitiges Ausformen, z.B. einen Dom, nur schwer durchführbar. Ferner gibt es erhebliche Probleme beim Abdichten sowie in Bezug auf die Standzeit des Werkzeugs. Eine hochwertige Qualität der inneren Oberfläche kann im Prinzip mit Sand nicht erzielt werden. Auch dieser Sachverhalt bedingt einen außerordentlich hohen kostenträchtigen Aufwand, der die Wirtschaftlichkeit des bekannten Verfahrens in Frage stellt.

[0005] Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Innendruckumformen eines hohlen metallischen Werkstücks zu schaffen, bei denen mit geringen Innendrücken und Umformungskräften bei deutlich verringertem konstruktiven Aufwand eine hohe innere und äußere Oberflächenqualität erzielt werden kann.

[0006] Was die Lösung des verfahrensmäßigen Teils dieser Aufgabe betrifft, so wird diese in den Merkmalen des Anspruchs 1 gesehen.

[0007] Die Erfindung hat erkannt, dass durch eine Erwärmung des umzuformenden Werkstücks sowie eine Beheizung des Werkzeugs eine deutliche Steigerung der Formänderung des Werkstücks bei gleichzeitiger merklicher Reduzierung der Umformkräfte zu

verzeichnen ist. Hierbei werden die Temperaturen zweckmäßig so eingestellt, dass über das gesamte Formnest im Werkzeug gesehen ein gleichmäßiges Temperaturprofil sichergestellt wird. Ein weiterer Vorteil der Erfindung wird darin erblickt, dass sowohl die Zuhaltkräfte für das Werkzeug als auch die Schließkräfte an den Enden des Werkstücks deutlich reduziert werden. Auch kann das Werkzeug insgesamt wesentlich einfacher gestaltet werden.

[0008] Die Erwärmung des Druckfluids kann außerhalb des Werkzeugs erfolgen. In der Regel genügt jedoch die Werkzeugbeheizung, um das Druckfluid auf die notwendige Betriebstemperatur zu bringen, wenn das Druckfluid über entsprechende Kanäle im Werkzeug in das Werkstück geleitet wird.

[0009] Auch die zum leichteren Umformen des Werkstücks erforderliche Temperatur kann über die Beheizung des Werkzeugs erzielt werden. Eine vorteilhafte Ausführungsform, insbesondere in der Serienfertigung, besteht gemäß Anspruch 2 aber darin, dass das Werkstück vor dem Einbringen in das Werkzeug auf die zweckmäßige Temperatur gebracht wird.

[0010] Die Erwärmung des Werkstücks kann in verschiedener Weise durchgeführt werden. Vorteilhaft ist jedoch gemäß Anspruch 3, dass das Werkstück in einem Ofen extern auf die notwendige Temperatur gebracht wird.

[0011] Der Umformprozess kann nach der Erfindung in einem reinen Aufweiten eines Werkstücks im geschlossenen Werkzeug bestehen oder gemäß Anspruch 4 mit einem zusätzlichen Verlagern zumindest eines Schließdorns gekoppelt sein. Diese Methode wird insbesondere bei komplexen Konfigurationen angewandt, z.B. dann, wenn im Verlauf des Werkstücks eine seitliche Ausformung in Form eines sogenannten Doms erzeugt werden soll und Material nachgeschoben werden muss. Hier wird außerdem im Bereich des Doms meistens eine weitere axial verlagerbare Gegenkraft in Form eines hydraulisch beeinflussbaren Gegenhalterstößels im Werkzeug vorgesehen.

[0012] Obwohl als Druckfluid beispielsweise ein schwach reaktives Öl eingesetzt werden kann, dürfte nach der Erfindung ein gasförmiges Druckfluid zweckmäßiger sein, dessen chemische Zusammensetzung so abgestimmt ist, dass keine Oxidation an der inneren Oberfläche des Werkstücks stattfindet. In diesem Zusammenhang wird gemäß den Merkmalen des Anspruchs 5 Stickstoff als Druckfluid als besonders wirtschaftliche Variante angesehen. Stickstoff führt keine chemischen Veränderungen des Werkstoffs des Werkstücks herbei und haftet auch nicht an der inneren Oberfläche des Werkstücks. Außerdem erlaubt das Druckfluid Stickstoff, und zwar in Form eines reinen Stickstoffs, der sich bei der in Rede stehenden Temperatur reaktionsträge verhält, eine besonders vorteilhafte Anwendung.

[0013] Gegebenenfalls kann auch ein Mischgas aus Stickstoff und Argon oder Helium zur Anwendung

gelangen.

[0014] Eine weitere Verfahrensvariante wird in den Merkmalen des Anspruchs 6 gesehen. Danach besteht das Druckfluid aus reiner Luft.

[0015] Die angestrebte Plastizität des Werkstücks zur Verringerung sowohl des Innendrucks im Werkstück als auch der Umformkräfte wird nach Anspruch 7 in einem Temperaturbereich zwischen 200 °C und 400 °C erreicht. In diesem Temperaturbereich genügen Innendruck in einer Größenordnung von 150 bar bis 500 bar. Höhere Innendrucke kommen in diesem Bereich dann zur Anwendung, wenn die umzuformenden Werkstücke z.B. größere Wanddicken aufweisen.

[0016] Bevorzugt wird die Umformung des Werkstücks jedoch in einem Temperaturbereich zwischen 250 °C und 350 °C vorgenommen (Anspruch 8). Die dann bevorzugten Innendrucke bewegen sich zwischen 180 bar und 250 bar.

[0017] Von ganz besonderem Vorteil ist es im Rahmen der Erfindung, wenn nach Anspruch 9 ein Werkstück aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung umgeformt wird. Bei Aluminium nimmt nämlich das Formänderungsvermögen mit wachsender Temperatur bis zu einem bestimmten Grad zu, bevor eine Rekristallisation einsetzt. Gleichzeitig sinkt die Plastizitätsgrenze auf einen kleineren Spannungswert ab. In diesem Zusammenhang erweist es sich als wirtschaftlich sehr interessant, dass ein Zwischenglühen bei einem Werkstück aus Aluminium, insbesondere dann, wenn ein bereits mindestens teilweise umgeformtes Werkstück weiter umgeformt werden soll, komplett entfallen kann. Es ist nach einer Vorabumformung kein mehrstündiges Verhalten auf Glüh Temperatur erforderlich, um das Material wieder in einen plastifizierbaren Zustand zurückzubringen.

[0018] Was den vorrichtungsmäßigen Teil der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe anlangt, so wird dessen Lösung in den Merkmalen des Anspruchs 10 gesehen.

[0019] Aufgrund dieser Merkmale können die erforderlichen Umformkräfte so weit gesenkt werden, dass nicht nur einfache Verschlussmechanismen für das Werkzeug und zum Verschließen der Enden des Werkstücks ausreichen, auch insgesamt kann das Werkzeug deutlich einfacher gestaltet werden. Interne Versuche haben ergeben, dass die Zuhaltekräfte des Werkzeugs im Vergleich zu den bislang bei hohen Drücken und Raumtemperaturen notwendigen Kräften um mehr als die Hälfte reduziert werden können. Grund ist der vergleichsweise geringe Innendruck, um den sich quasi im plastischen Zustand befindlichen Werkstoff des Werkstücks entsprechend dem vorgegebenen Formnest umzuformen. Darüberhinaus können auch bei der Realisierung komplexer Konturen an einem vorgeformten hohlen metallischen Werkstück, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, die dann erforderlichen axialen Nachschiebekräfte über die Schließdorne an den Enden des Werkstücks deutlich

gesenkt werden. Hierbei ist es selbstverständlich, dass die Abstimmung der Parameter Umformtemperatur, axiale Nachschiebekraft und Komplexizität des Werkstücks aufeinander abgestimmt werden, und zwar unter zusätzlicher Berücksichtigung der Wanddicken und der offenen Durchmesser des Werkstücks sowie des jeweiligen Werkstoffs. Insgesamt kann das Werkzeug kostengünstiger bereit gestellt werden.

[0020] Das Druckfluid kann reiner Stickstoff sein. Denkbar ist auch ein Mischgas aus Stickstoff und Argon oder Helium. Des Weiteren ist es denkbar, dass das Druckfluid aus Luft gebildet wird.

[0021] Die Beheizung des Werkzeugs kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen. Von Vorteil dürfte eine elektrische Beheizung sein. Bevorzugt ist nach Anspruch 11 das Werkzeug mit einer kapazitiven oder induktiven elektrischen Heizung versehen.

[0022] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0023] Mit 1 ist ein schematisch veranschaulichtes Werkzeug zum Innendruckumformen eines hohlen metallischen Werkstücks 2, insbesondere eines Aluminiumrohrs aus AlMg3, bezeichnet. Das S-förmig vorgeformte Werkstück 2 soll im Werkzeug 1 seine endgültige S-förmige Kontur mit einem seitlichen Dom 3 im mittleren Übergangsabschnitt 4 erhalten. Dazu ist im Werkzeug 1 ein entsprechend gestaltetes Formnest 5 vorgesehen.

[0024] Das Werkzeug 1 ist sowohl im dargestellten Untergesenk 6 als auch im nicht näher dargestellten Obergesenk mit einer Heizung 7 versehen, die beim Ausführungsbeispiel als elektrische Heizspirale veranschaulicht ist.

[0025] Dem Werkzeug 1 sind zu beiden Stirnseiten des Werkstücks 2 hydraulisch beaufschlagbare Schließzylinder 8, 9 mit axial verlagerbaren Schließdornen 10, 11 zugeordnet. Von diesen Schließdornen 10, 11 ist der Schließdorn 11 mit einem Längskanal 12 versehen, an den eine Zuleitung 13 zur Zuführung eines aus reinem Stickstoff bestehenden Druckfluids 14 angeschlossen ist. Die Zuleitung 13 ist über ein Regelventil 15 mit Druckanzeige 16 geführt.

[0026] Beide Schließdorne 10, 11 dienen der Abdichtung der Enden 17 des Werkstücks 2 sowie der Einleitung axialer Nachschiebekräfte, falls diese zur Ausbildung des Doms 3 erforderlich sind.

[0027] Zwecks Fertigung des Dorns 3 ist dem Werkzeug 1 noch ein Gegenhaltestößel 18 als Bestandteil eines hydraulisch beaufschlagbaren Zylinders 19 zugeordnet.

[0028] Bei der Innendruckumformung des Werkstücks 2 wird parallel zu der Aufheizung des Formnests 5 im Werkzeug 1 das Werkstück 2 in einem nicht näher dargestellten Ofen extern auf eine Temperatur zwischen 250 °C und 350 °C gebracht. Dieselbe Temperatur hat auch das Werkzeug 1.

[0029] Das derart vorab erwärmte Werkstück 2 wird

dann in das Formnest 5 gelegt und anschließend werden die Schließdorne 10, 11 in die Enden 17 des Werkstücks 2 dichtend eingefahren. Das Werkzeug 1 kann gleichzeitig mit dem Einfahren der Schließdorne 10, 11 in die Enden 17 geschlossen werden oder es kann vorher verschlossen werden.

[0030] Im Anschluss daran wird über die Zuleitung 13 das Druckfluid 14 druckgeregelt in das Werkstück 2 eingeführt und dadurch sein plastifizierter Werkstoff in das Formnest 5 gepresst.

[0031] Der hierbei notwendige Innendruck kann über das Regelventil 15 einwandfrei in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufwärmtemperatur des Werkstücks 2 und der Heiztemperatur des Werkzeugs 1 gesteuert werden.

[0032] Das Druckfluid 14 kann vor dem Zuführen zum Schließdorn 11 erwärmt werden. Da jedoch auch der Schließdorn 11 über das Werkzeug 1 mit erwärmt wird, genügt die dann vom Werkzeug 1 auf den Schließdorn 11 und vom Schließdorn 11 auf das Druckfluid 14 im Längskanal 12 übertragene Wärme, um sich dem Temperaturniveau von Werkstück 2 und Werkzeug 1 anzupassen.

Bezugszeichenaufstellung

[0033]

- 1 - Werkzeug
- 2 - Werkstück
- 3 - Dorn an 2
- 4 - Übergangsabschnitt v. 2
- 5 - Formnest in 1
- 6 - Untergesenk v. 1
- 7 - Heizung
- 8 - Schließzylinder
- 9 - Schließzylinder
- 10 - Schließdorn v. 8
- 11 - Schließdorn v. 9
- 12 - Längskanal in 11
- 13 - Zuleitung zu 12
- 14 - Druckfluid
- 15 - Regelventil
- 16 - Druckanzeige
- 17 - Enden v. 2
- 18 - Gegenhaltestößel
- 19 - hydr. Zylinder

Patentansprüche

1. Verfahren zum Innendruckumformen eines offene Enden (17) aufweisenden hohlen metallischen Werkstücks (2) in einem Formnest (5) eines mehrteiligen Werkzeugs (1), bei welchem das Werkstück (2) in das vorab aufgeheizte offene Werkzeug (1) gelegt und danach in seine Enden (17) Bestandteile von Schließzylindern (8, 9) bildende Schließdorne (10, 11) dichtend eingeführt werden sowie

das Werkzeug (1) geschlossen wird, worauf über mindestens einen Schließdorn (11) ein erwärmtes Druckfluid (14) in das nun warme plastifizierte Werkstück (2) eingeleitet und unter dem Einfluss des Druckfluids (14) der Werkstoff des Werkstücks (2) in das Formnest (5) im Werkzeug (1) gepresst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Werkstück (2) vor dem Einbringen in das Werkzeug (1) erwärmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das Werkstück (2) extern in einem Ofen erwärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem beim Einleiten des Druckfluids (14) mindestens ein Schließdorn (11) in das Werkstück (2) verlagert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem als Druckfluid (14) Stickstoff verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem als Druckfluid (14) Luft verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welchem die Umformung des Werkstücks (2) in einem Temperaturbereich zwischen 200 °C und 400 °C bei einem Druck zwischen 150 bar und 500 bar durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welchem die Umformung des Werkstücks (2) in einem Temperaturbereich zwischen 250 °C und 350 °C bei einem Druck zwischen 180 bar und 250 bar durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei welchem ein Werkstück (2) aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung umgeformt wird.
10. Vorrichtung zum Innendruckumformen eines offene Enden (17) aufweisenden hohlen metallischen Werkstücks (2), welche ein mehrteiliges Werkzeug (1) mit einem Formnest (5) für das Werkstück (2) und mit in die Enden (17) verfahrbaren Schließdornen (10, 11) als Bestandteile von hydraulisch beaufschlagbaren Schließzylindern (8, 9) umfasst, wobei das Werkzeug (1) mindestens hinsichtlich des Formnests (5) beheizbar ist, und bei welcher über mindestens einen Schließdorn (11) ein erwärmtes Druckfluid (14) in das gegebenenfalls vorab erwärmte Werkstück (2) einführbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei welcher das

Werkzeug (1) mit einer kapazitiven oder induktiven elektrischen Heizung (7) versehen ist.

5

10

15

20

25

30

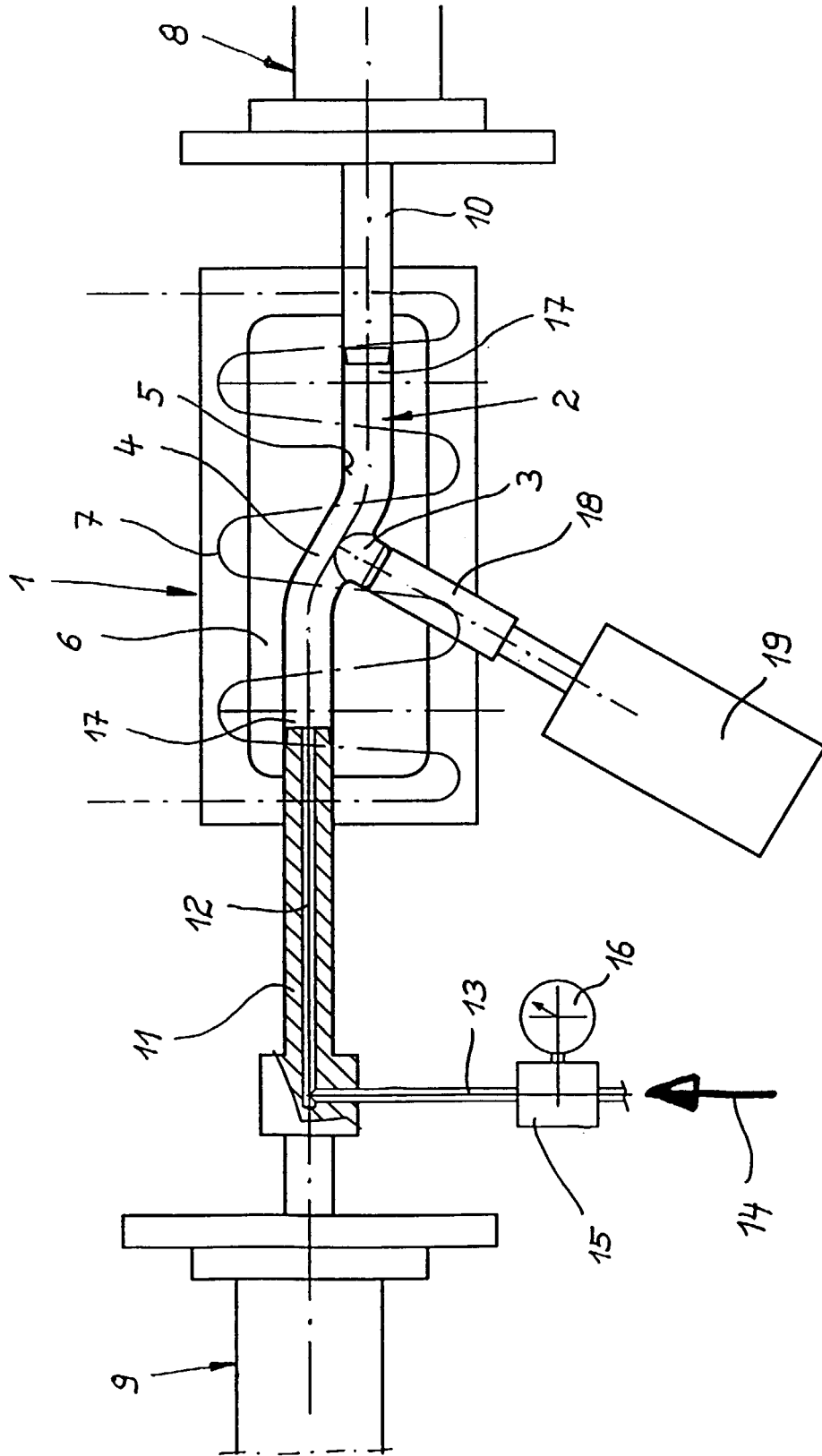
35

40

45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 10 9465

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	WO 98 54370 A (ACCRA TEKNIK AB) 3. Dezember 1998 (1998-12-03) * Seite 3, Zeile 24 - Seite 5, Zeile 25; Abbildungen 1,2 *	1-11	B21D26/02
X	DE 196 42 824 A (BARTELS, HERMANN) 23. April 1998 (1998-04-23) * Spalte 2, Zeile 37 - Spalte 3, Zeile 41; Abbildungen 1,2 *	1-11	
X	US 4 437 326 A (ARNE H. CARLSON) 20. März 1984 (1984-03-20) * Seite 5, Zeile 7 - Seite 6, Zeile 30; Abbildungen 1,2 *	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 29. Mai 2000	Prüfer Vinci, V
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 : nichtschriftliche 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 03/02 (P040203)

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

EP 00 10 9465

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.

29-05-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9854370 A	03-12-1998	SE 508902 C	16-11-1998
		AU 7242698 A	30-12-1998
		SE 9702058 A	16-11-1998
DE 19642824 A	23-04-1998	AU 5221498 A	15-05-1998
		WO 9817415 A	30-04-1998
		DE 19781143 D	14-10-1999
US 4437326 A	20-03-1984	KEINE	

EPO FORM P0461

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