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

(11) **EP 2 640 535 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
18.03.2015 Patentblatt 2015/12

(21) Anmeldenummer: **11782645.3**

(22) Anmeldetag: **17.11.2011**

(51) Int Cl.:
B21D 53/84 *(2006.01)* ***B21D 26/045*** *(2011.01)*
B21D 39/06 *(2006.01)* ***F01L 1/047*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/070397

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/066099 (24.05.2012 Gazette 2012/21)

(54) VERFAHREN UND KOMPONENTENSATZ ZUR HERSTELLUNG EINES ROHRFÖRMIGEN BAUTEILS, INSBESONDERE EINER GEBAUTEN NOCKENWELLE

METHOD AND SET OF COMPONENTS FOR PRODUCING A TUBULAR STRUCTURAL PART, IN PARTICULAR A BUILT-UP CAMSHAFT

PROCÉDÉ ET GROUPE D'ÉLÉMENTS DESTINÉS À LA FABRICATION D'UN ÉLÉMENT TUBULAIRE, EN PARTICULIER D'UN ARBRE À CAMES ASSEMBLÉ

(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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **19.11.2010 DE 102010060686**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.09.2013 Patentblatt 2013/39

(73) Patentinhaber:
- **Thyssenkrupp Presta Teccenter Ag**
  9492 Eschen (LI)
- **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
  80636 Munich (DE)

(72) Erfinder:
- **DEMUTH, Rico**
  09488 Wiesa (DE)
- **GENTZEN, Jens**
  09244 Lichtenau (DE)
- **MEUSEL, Jürgen**
  09573 Dittmannsdorf (DE)
- **PAUL, Alexander**
  08468 Reichenbach (DE)
- **PAUL, Daniel**
  09235 Burkhardtsdorf (DE)
- **REICHELT, Robert**
  09669 Frankenberg/Sachsen (DE)
- **SCHIECK, Frank**
  08312 Lauter (DE)

(74) Vertreter: **Lorenz, Bernd Ingo Thaddeus**
Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 440 745
WO-A1-2004/105977
DE-A1- 3 616 901
US-A- 5 201 247
US-B1- 6 192 582

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 2 640 535 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils, insbesondere einer gebauten Nockenwelle, mittels Innenhochdruckumformung, wobei ein Trägerrohr und ein Endstück zugeführt werden, wobei in eine Öffnung des Endstücks ein zugeordnetes Ende des Trägerrohres eingesetzt und nachfolgend durch die Beaufschlagung mit einem Druckfluid aufgeweitet und mit dem Endstück in einem Presssitz verbunden wird, und wobei die Öffnung vor der Beaufschlagung mit dem Druckfluid einen ersten Abschnitt mit einem Innenquerschnitt aufweist, der größer ist als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres. Gegenstand der Erfindung ist auch ein Komponentensatz zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils, der ein Trägerrohr, ein Endstück mit einer Öffnung für das Trägerrohr sowie zur Anordnung auf dem Trägerrohr vorgesehene Funktionselemente, beispielsweise Nocken, aufweist.

[0002] Unter einer gebauten Nockenwelle wird eine Nockenwelle verstanden, die nicht einstückig in einem Ur- oder Umformprozess gefertigt, sondern durch die Verbindung mehrerer vorgefertigter Teile zusammengesetzt wird. Moderne gebaute Nockenwellen besitzen neben Nocken noch zusätzliche Funktionselemente, wie Endstücke, Kettenrad, Riemenscheiben, Geberräder, Pumpenantriebe, Wälzlager, Gleitlager oder dergleichen, die auf einem Trägerrohr mit einer geeigneten Fügetechnologie befestigt werden müssen, wobei auch sehr hohe Winkelgenauigkeiten einzuhalten sind.

[0003] In der Praxis hat sich für die Herstellung von gebauten Nockenwellen die Innenhochdruckumformung bewährt, bei der in einem Prozessschritt mehrere Nocken und/oder andere Funktionselemente gleichzeitig in einem Presssitz auf einem Trägerrohr befestigt werden. Bei der Innenhochdruckumformung werden die Nocken und die gegebenenfalls vorgesehenen weiteren Funktionselemente zunächst an ihren Naben mit einem Spiel auf das Trägerrohr aufgeschoben und positioniert, wobei dann das Trägerrohr mit einem Innenhochdruck beaufschlagt wird, wodurch das Trägerrohr mit einem elastischen und einem plastischen Anteil aufgeweitet und an die Innenfläche der Naben angelegt wird. Auch die Nocken und gegebenenfalls vorgesehenen weiteren Funktionselemente werden in einem gewissen Maße aufgeweitet, wobei diese Aufweitung bevorzugt jedoch nur elastisch erfolgt. Nach dem Wegfall der Druckbeaufschlagung federn sowohl das Trägerrohr als auch die darauf angeordneten Elemente elastisch zurück, wobei die Materialien der Fügepartner so ausgewählt werden, dass die Nocken und weiteren Funktionselemente mit einer elastischen Restspannung in einem Presssitz auf dem Trägerrohr gehalten sind.

[0004] Die Innenhochdruckumformung erfolgt üblicherweise in einer Werkzeugform, welche die radiale Ausdehnung durch die Druckbeaufschlagung begrenzt. Wenn gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Innenhochdruckverfahrens das Trägerrohr über seine gesamte Länge mit einem Druckfluid beaufschlagt wird, ist eine ausreichende Abdichtung zu gewährleisten. Des Weiteren soll bei der Innenhochdruckumformung bei einem möglichst geringen Materialeinsatz und mit einer leichten Bauweise die zuverlässige Übertragung großer Drehmomente ermöglicht werden.

[0005] Wenn die Innenhochdruckumformung in einer Werkzeugform erfolgt, wird üblicherweise eine Druckquelle an das eine Ende des Trägerrohres angeschlossen, während das der Druckquelle gegenüberliegende Ende des Trägerrohres druckdicht verschlossen werden muss, wozu Endstücke verwendet werden können, die kappenartig aufgesetzt werden. Eine weitere Variante ist die Möglichkeit der Druckmediumbefüllung durch eine axiale Bohrung im Endstück. Dabei wird das Rohr auf der gegenüberliegenden Seite druckdicht verschlossen. Eine zuverlässige Abdichtung ist notwendig, um den unkontrollierten Austritt von Druckfluid und damit eine Beeinträchtigung des Fügeprozesses zu vermeiden.

[0006] Ein Verfahren zur Herstellung einer gebauten Nockenwelle mit den eingangs beschriebenen Merkmalen ist aus der DE 36 16 901 A bekannt. Die Herstellung des rohrförmigen Bauteils in Form einer gebauten Nockenwelle erfolgt in einer geschlossenen Werkzeugform, wobei eine Quelle für das Druckfluid an der einen Seite des Trägerrohres angeschlossen wird und wobei an der anderen Seite ein Endstück während des Innenhochdruckumformprozesses auf das dortige Ende des Trägerrohres gedrückt wird. Um dabei eine Abdichtung zu erreichen, werden verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen. Die Anordnung eines Dichtringes in einer radialen Nut oder am Boden der Öffnung des Endstücks ist aufwendig, wobei aufgrund der sehr hohen wirkenden Drücke beim Innenhochdruckumformen von typischerweise 2000 bis 5000 bar Leckagen an dem polymeren Dichtungsmaterial nicht ausgeschlossen werden können. Alternativ wird auch vorgeschlagen, die Öffnung in Form einer Sackbohrung an ihrem Boden mit einer kegelstumpfförmigen Anschrägung zu versehen, gegen die das Trägerrohr gedrückt wird. Dabei wird um den Umfang ein lediglich linienförmiger Kontakt erreicht, der bei Maßabweichungen, Unrundheiten sowie lokalen Beschädigungen eine zuverlässige Abdichtung nicht gewährleisten kann. Des Weiteren ist die Erzeugung solcher kegelförmigen Flächen am Boden der Öffnung aufwendig.

[0007] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils anzugeben, bei dem mittels Innenhochdruckumformung ein Endstück auf einfache Weise mit einer hohen Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit befestigt werden kann. Des Weiteren soll ein Komponentensatz angegeben werden, der zur Durchführung des Herstellungsverfahrens geeignet ist.

[0008] Ausgehend von einem Verfahren mit den eingangs beschriebenen Merkmalen wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ausgehend von

dem vorderen Rand der Öffnung an den ersten Abschnitt ein zweiter Abschnitt mit einem zweiten Innenquerschnitt, der kleiner ist als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres, unter Ausbildung einer umlaufenden Kante stufenförmig anschließt, wobei das Trägerrohr mit seinem entsprechenden Ende zunächst in den ersten Abschnitt eingesetzt wird und wobei bei einer weiteren Einschubbewegung die Kante sich in das Material des Trägerrohres schneidet. Die üblicherweise in etwa rechtwinklige Stufe definiert eine vergleichsweise scharfe Schneidkante, welche beim Einschieben des zugeordneten Endes des Trägerrohres im Bereich der Stirnfläche des Trägerrohres angreift und dort in das Material einschneidet. Bei diesem Einschneiden können sowohl eine Materialumformung als auch eine gewisse Materialabscherung erfolgen. Durch die beschriebene Verfahrensführung wird erreicht, dass um den Umfang ein breiterer Dichtbereich erzeugt wird, wodurch eine besonders zuverlässige Abdichtung gewährleistet wird. Zusätzlich ist das Endstück nach dem Einschieben des Trägerrohres durch das Einschneiden der Kante in einem gewissen Maße vorfixiert, so dass das Trägerrohr mit dem daran befestigten Endstück ohne weiteres gehandhabt werden kann, bevor letztendlich das Fügen mittels Innenhochdruck erfolgt.

[0009] Während bei den aus dem Stand der Technik bekannten kegelförmigen Anlageflächen bei einer großen Krafteinwirkung durch die schräge Krafteinleitung im Wesentlichen nur eine Verbiegung des vergleichsweise dünnwandigen Rohres erfolgt, schneidet gemäß der vorliegenden Erfindung die vergleichsweise scharfe, üblicherweise in etwa durch einen rechten Winkel gebildete Kante an der Stirnfläche des Trägerrohres ein, wobei die Krafteinleitung zunächst einen erheblichen axialen Anteil aufweist, wodurch verstärkt eine Materialumformung bzw. Abscherung und weniger eine Verbiegung des Trägerrohres erfolgt.

[0010] Die Höhe der Stufe ist so gewählt, dass der ausgehend von der Stufe vorgesehene zweite Innenquerschnitt größer ist als der Innenquerschnitt des zugeordneten Endes des Rohres. Diese Differenz der Durchmesser ergibt das Fügespiel für die Vormontage. Des Weiteren sind die Maße bevorzugt auch so gewählt, dass trotz der Ausbildung der Stufe das Trägerrohr bis zu einem Boden der Öffnung oder zumindest bis kurz vor dem Boden der Öffnung auch in den Bereich des zweiten Abschnittes unter Verformung und/oder Abscherung eines Teils des Rohrmaterials eingeschoben werden kann. Dabei wird dann im Wesentlichen über die gesamte Länge des zweiten Abschnittes, die bevorzugt zwischen 1 mm und 8 mm, vorzugsweise etwa 4 mm beträgt, ein abdichtender Materialkontakt erreicht, so dass lokale Unebenheiten, Fehlstellen oder dergleichen auch bei einer Druckeinwirkung von mehreren 1000 bar nicht zu einer merklichen Reduzierung der Abdichtung führen. Eine Verlängerung des zweiten Abschnitts kann zweckmäßig sein, um ungleichmäßige Verkürzung des Rohres in Folge von Umformvorgängen zu kompensieren. Dadurch, dass das Trägerrohr mit seinem Ende bevorzugt bis zu dem Boden der Öffnung eingeschoben werden kann, ergibt sich auch in Bezug auf die Maßhaltigkeit eine besonders hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, da der Boden der Öffnung gleichsam als Anschlag für das zugeordnete Ende des Trägerrohres dient.

[0011] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils, wobei die Querschnittsform des Trägerrohres zunächst nicht festgelegt ist. Grundsätzlich sind quadratische, rechteckige, elliptische oder andere Querschnittsformen denkbar, wobei stets an dem Übergang des ersten Abschnitts zu dem zweiten Abschnitt innerhalb der Öffnung des Endstücks eine umlaufende Kante vorzusehen ist, wobei die Innenkontur der Öffnung an die Außenkontur des Trägerrohrs angepasst ist.

[0012] Insbesondere im Hinblick auf gebaute Nockenwellen ist aber üblicherweise ein kreisrunder Querschnitt vorgesehen, so dass die Abschnitte der Öffnung bevorzugt kreiszylindrisch oder im Wesentlichen kreiszylindrisch ausgebildet sind. Die Angaben der Maße bezüglich der Innen- und Außenquerschnitte beziehen sich bei einer kreisförmigen Ausgestaltung entsprechend auf die Innen- und Außendurchmesser.

[0013] Die Güte der Abdichtung einerseits sowie die zum Einschieben des Trägerrohrs in das zugeordnete Endstück erforderliche Kraft andererseits sind von der Festlegung der Maße, des zweiten Innenquerschnittes, der Länge dieses Abschnittes sowie des Außenquerschnittes des Rohres abhängig. In diesem Zusammenhang ist es bevorzugt, wenn der erste Innenquerschnitt gegenüber dem zweiten Innenquerschnitt in radialer Richtung ein Übermaß zwischen 0,1 mm und 1 mm, besonders bevorzugt zwischen 0,2 mm und 0,4 mm, aufweist, wobei dieses Maß der Höhe der im Wesentlichen rechtwinkligen Stufe zwischen dem ersten Abschnitt und dem zweiten Abschnitt entspricht. Das Spiel zwischen dem ersten Innenquerschnitt und dem Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres ist bevorzugt klein und üblicherweise gerade so gewählt, dass ein klemmfreies Aufschieben erfolgen kann. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist der erste Innenquerschnitt gegenüber dem Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Rohres in radialer Richtung ein Übermaß von weniger als 0,2 mm, besonders bevorzugt zwischen 0,05 mm und 0,1 mm auf.

[0014] Um an dem Endstück eine sichere Verbindung mit dem Trägerrohr zu gewährleisten und bevorzugt auch die Übertragung erheblicher Drehmomente zu ermöglichen, sind verschiedene Maßnahmen in Kombination oder alternativ zueinander vorzusehen.

[0015] Zunächst ist die Festigkeit der Verbindung und damit das zu übertragende Drehmoment von der Überdeckung zwischen dem Trägerrohr und dem rohrförmigen Bauteil abhängig. Bei einer Ausgestaltung mit kreisförmigen Querschnitten ist deshalb gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die Öffnung eine sich in Längsrichtung erstreckende Ge-

samtlänge aufweist, die zumindest 60 %, vorzugsweise zumindest 80 % des Innendurchmessers des ersten Abschnittes beträgt. Bezogen auf das fertige Bauteil ist die Länge entlang der Längsrichtung des Trägerrohres zu bestimmen.

[0016] Um bei dem Innenhochdruckumformen eine hohe Fügefestigkeit zu erreichen, ist ausschlaggebend, dass der äußere Fügepartner eine größere elastische Rückstellung aufweist als das innenliegende Trägerrohr. Entsprechend muss zuvor auch eine ausreichende Aufweitung des außenliegenden Fügepartners erfolgen, wozu dieser eine nicht zu große Wandstärke aufweisen darf. So ist gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, dass das Endstück im Bereich des ersten Abschnittes der Öffnung eine Wandstärke zwischen 2 mm und 4 mm aufweist und so bei dem Innenhochdruckumformen im ausreichenden Maße elastisch aufgeweitet werden kann.

[0017] Um die kraftschlüssige Verbindung des Endstücks auf dem Trägerrohr im Presssitz zu verbessern, kann die Öffnung des Endstücks vor dem Einsetzen des zugeordneten Endes des Trägerrohres mit einem Partikelstrahl, beispielsweise einem Korundstrahl, einem Kugelstrahl, einem Sandstrahl oder dergleichen vorbehandelt werden. Dadurch erhöht sich der Reibwert zwischen den Fügeparametern. Um dabei eine Beschädigung der erfindungsgemäß möglichst scharfen Kante an dem Übergang von dem ersten Abschnitt zu dem zweiten Abschnitt der Öffnung zu vermeiden, kann diese während der Vorbehandlung durch den Partikelstrahl abgedeckt werden.

[0018] Auch ein gewisser Stoffschluss kann zu einer erhöhten Festigkeit der Verbindung beitragen. So ist es möglich vor dem Einsetzen des zugeordneten Endes des Trägerrohres in das Endstück Klebstoff auf die Außenfläche des Endes und/oder die Innenfläche der Öffnung aufzubringen oder auch die Oberfläche der Öffnung und/oder die Außenfläche des zugeordneten Endes des Rohres mit einer Verzinkung zu versehen, wobei durch die Beaufschlagung mit dem Druckfluid während des Innenhochdruckumformens die Zinkschicht zwischen beide Fügepartner verdichtet wird und ein Kraft-Stoffschluss mit Presslöten im Querpressverband erzeugt wird. Durch ein dynamisches Trainieren kann die Verbindungsfestigkeit noch weiter erhöht werden. Unter Trainieren versteht man die Erzeugung einer zusätzlichen Relativbewegung zwischen den Fügepartnern, beispielsweise ein Verdrehen oder Verschieben in wechselnde Richtungen.

[0019] Um die Verbindung zwischen Endstück und dem zugeordneten Ende des Trägerrohres noch weiter zu verbessern, kann neben dem zuvor beschriebenen Kraftschluss durch einen Presssitz auch ein gewisser Formschluss durch eine zumindest abschnittsweise Konturierung der Öffnung des Endstücks erreicht werden. Die Konturierung kann beispielsweise die Form einer Spirale, einer Tasche, einer Innenrändelung, einer gestoßenen Innenkontur oder dergleichen aufweisen. Besonders vorteilhaft sind dabei Konturen, bei denen die Ausformungen quer zur Richtung der Drehmomentübertragung verlaufen. Durch die Beaufschlagung mit Innenhochdruck wird das Rohrmaterial in die entsprechende Konturierung eingeformt, wodurch sich zusätzlich zu dem Kraftschluss auch ein Formschluss ausbildet. Die Ausbildung einer Konturierung erfordert allerdings eine entsprechend hohe Wandstärke des Endstücks, was im gewissen Maße einer elastischen Dehnbarkeit entgegensteht.

[0020] Die Innenhochdruckumformung erfolgt im Rahmen der Erfindung zweckmäßigerweise innerhalb einer Werkzeugform. Bevorzugt werden Funktionselemente wie Nocken, Sensorräder, Lagerringe oder dergleichen in der gewünschten Reihenfolge auf das Trägerrohr aufgefädelt, wobei auch an einem Ende des Trägerrohres das Endstück wie zuvor beschrieben aufgesteckt wird. Das Trägerrohr und die darauf aufgefädelten Funktionselemente werden dann in eine Werkzeugform eingelegt und dadurch hinsichtlich ihrer axialen Position und Drehwinkelausrichtung zueinander ausgerichtet. Nach dem Schließen der Werkzeugform wird eine Druckquelle an dem noch offenen Ende des Trägerrohres unter Anwendung einer axialen Kraft, die auch die Dichtfunktion gewährleistet, angeordnet, bevor durch die Druckquelle, beispielsweise einem Druckstempel die Beaufschlagung mit einem Druckfluid zur Durchführung des Innenhochdruckumformprozesses erfolgt. Dabei wird das Trägerrohr bei einem vorgegebenen Druck so weit ausgedehnt wie zur Ausformung und Befestigung erforderlich.

[0021] Während des Innenhochdruckumformens kann die Druckquelle gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung axial verfahren werden, um das Rohr dicht zu halten und eine Verkürzung des Rohres infolge der Ausbauchung auszugleichen. Neben der Fixierung der Funktionselemente in einem Presssitz kann das Innenhochdruckumformen auch dazu genutzt werden aus dem Trägerrohr selbst Funktionsflächen wie Lagerstellen zu bilden. Dabei ergibt sich der Vorteil, dass durch die plastische Verformung bis an die Werkzeugform heran gewisse Maßabweichungen des ursprünglich eingesetzten Trägerrohres ausgeglichen werden. Für die Maßhaltigkeit ist nämlich im Wesentlichen nur die Rückstellung des Trägerrohres nach dem Wegfall des Innenhochdrucks ausschlaggebend. Um an Abschnitten des Trägerrohres Lagerstellen zu bilden, können diese beispielsweise auch vor dem Innenhochdruckumformen einer Finish-Bearbeitung und/oder einer Beschichtung unterzogen werden.

[0022] Wenn das Trägerrohr oder das Endstück nicht vollständig gereinigt sind, wenn trotz der erfindungsgemäß guten Abdichtung im Bereich des Endstücks zumindest zu Beginn der Innenhochdruckumformung noch gewisse Mengen an Druckfluid in den Fügespalt gelangen oder auch im Unterwerkzeug Emulsionsrückständen von vorherigen Umformvorgängen vorliegen, besteht die Gefahr, dass in dem Fügespalt ein Flüssigkeitsfilm entsteht, der als eine Art Gegenpolster und Abstandhalter den durch den Innenhochdruck ausgeübten Kräften entge-

genwirkt. Es kann dann nicht ausgeschlossen werden, dass der Presssitz zwischen den Fügepartnern beeinträchtigt wird und/oder dass gewisse Produktionsschwankungen auftreten. Um eine solche Beeinträchtigung zu vermeiden, ist gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass zu Beginn des Innenhochdruckumformens Flüssigkeit aus dem Fügespalt zwischen Trägerrohr und Endstück abgeführt werden kann. Hierzu kann das Endstück im Bereich des ersten Abschnittes der Öffnung zumindest einen radialen Abführkanal, beispielsweise in Form einer Bohrung und/oder zumindest eine in Längsrichtung verlaufende Nut aufweisen.

[0023] Um bei dem Innenhochdruckumformen zu vermeiden, dass das sich aufweitende Trägerrohr an dem Rand der Öffnung beschädigt wird, kann dort zwischen dem ersten Abschnitt und dem Rand der Öffnung ein Radius und/oder eine konische Aufweitung vorgesehen sein. Ein Einschneiden in das sich aufweitende Trägerrohr kann so vermieden werden. Die Ausbildung eines Radius oder einer konischen Erweiterung an dem Rand der Öffnung trägt auch dazu bei, dass das Endstück noch leichter auf das zugeordnete Ende des Trägerrohres aufgesetzt bzw. vormontiert werden kann.

[0024] Gegenstand der Erfindung ist auch ein Komponentensatz zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils mittels Innenhochdruckumformung, wobei der Komponentensatz zumindest das zuvor beschriebene Trägerrohr und Endstück aufweist.

[0025] Die Erfindung wird im Folgenden anhand lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnungen erläutert.

[0026] Es zeigen:

Fig. 1 den Längsschnitt einer gebauten Nockenwelle, die durch Innenhochdruckumformung aus einem Trägerrohr, Funktionselementen und einem Endstück gebildet ist,

Fig. 2 eine Detailansicht des in der Fig. 1 dargestellten Endstücks mit dem zugeordneten Ende des Trägerrohres vor der Innenhochdruckumformung.

[0027] Fig. 1 zeigt den allgemeinen Aufbau einer durch Innenhochdruckumformung gebildeten Nockenwelle, die ein Trägerrohr 1, an einem Ende des Trägerrohres 1 ein Endstück 2 sowie eine Vielzahl von Funktionselementen in Form von Nocken 3 und einem Axiallager 4 aufweist. Das Endstück 2 und die Funktionselemente sind durch Innenhochdruckumformung in einem Presssitz auf dem Trägerrohr 1 befestigt. Durch die Innenhochdruckumformung sind des Weiteren Außenkonturen des Trägerrohres 1 ausgeformt, die als Lagerstellen 6 dienen. Schrauberfreigänge 7 in der Nockenwelle ermöglichen den Zugang zu Zylinderkopfschrauben. Um eine einfache Montage der aus Nockenwelle und Zylinderkopf gebildeten Baueinheit zu ermöglichen, sind über die Länge des Trägerrohres 1 mehrere Schrauberfreigänge 7 in das Trägerrohr 1 eingebracht.

[0028] Bei der Herstellung der Nockenwelle werden zunächst die Funktionselemente auf das Trägerrohr 1 aufgeschoben und das Endstück 2 an einem Ende des Trägerrohres 1 vormontiert wird. Wie nachfolgend im Detail beschrieben, bewirkt das Aufpressen des Endstücks 2 auf das zugeordnete Ende des Trägerrohres 1 eine fluiddichte Verbindung, so dass der Austritt von Druckfluid bei der nachfolgenden Innenhochdruckumformung vermieden oder zumindest weitgehend vermieden werden kann. Zur Innenhochdruckumformung wird gegenüberliegend des Endstücks 2 eine Druckquelle an das Trägerrohr 1 angeschlossen, wobei sich das Trägerrohr 1 mit den Funktionselementen in einer Werkzeugform befindet, welche die Funktionselemente in der gewünschten axialen Position und der winkligen Ausrichtung zueinander hält sowie die Ausdehnung begrenzt. Dort, wo die Druckquelle angeschlossen wird, kann nach Wegfall des Innenhochdruckes nachträglich ein Endelement 8 eingesetzt werden.

[0029] Das erfindungsgemäß zum druckdichten Verschluss vorgesehene Endstück 2 sowie das zugeordnete Ende des Trägerrohres 1 sind im Detail in der Fig. 2 dargestellt, wobei die Fig. 2 die beiden Komponenten vor ihrer Verbindung und entsprechend vor dem Umformen mittels Innenhochdruck zeigt. In der Fig. 2 ist zu erkennen, dass das Endstück 2 eine Öffnung 9 aufweist, wobei die Öffnung einen ersten kreiszylindrischen Abschnitt 10a mit einem Innendurchmesser I_a und einen daran unmittelbar anschließenden zweiten Abschnitt 10b mit einem geringeren Innendurchmesser I_b umfasst. Der Übergang zwischen dem ersten Abschnitt 10a und dem zweiten Abschnitt 10b ist stufenförmig ausgebildet, wobei die Abwinklung um etwa 90° eine Kante 11 definiert. Der Außendurchmesser A des Trägerrohres 1 liegt zwischen dem ersten Innendurchmesser I_a und dem zweiten Innendurchmesser I_b, so dass das Trägerrohr 1 zunächst leicht in den ersten Abschnitt 10a eingeschoben werden kann und sodann mit seiner Stirnfläche 12 an der Kante 11 anschlägt. Bei einer weiteren Einschubbewegung schneidet die Kante 11 in das Material des Trägerrohres 1 ein. Hierzu ist es wichtig, dass der Werkstoff des Endstücks 2 entsprechend fester bzw. härter ist, als der des Trägerrohres 1.

[0030] Die Höhe der Stufe zwischen dem ersten Abschnitt 10a und dem zweiten Abschnitt 10b ist dabei so gewählt, dass das Trägerrohr 1 unter teilweiser Umformung und/oder Abscherung des Materials bis an den Boden 13 der Öffnung 9 unter erhöhter Krafteinwirkung geschoben werden kann. Über im Wesentlichen die gesamte in axialer Richtung gemessene Länge x_b des zweiten Abschnittes wird damit ein direkter Materialkontakt und entsprechend eine dichte Verbindung erreicht. Zusätzlich ist durch das Einschneiden der Kante 11 in das Material des Trägerrohres 1 das Endstück 2 auch bereits vorfixiert, so dass das Trägerrohr 1 und das Endstück 2 gemeinsam gehandhabt werden können. Die Länge x_b

des zweiten Abschnittes 10b beträgt typischerweise zwischen 1 mm und 8 mm, vorzugsweise etwa 4 mm.

[0031] Um wie beschrieben einerseits eine gute Dichtwirkung zu erreichen und andererseits das Trägerrohr 1 mit seiner Stirnfläche 12 bis zu dem Boden 13 der Öffnung 9 schieben zu können, sind geeignete Maße für die Innendurchmesser l_a, l_b und den Außendurchmesser A des zugeordneten Endes des Trägerrohres 1 festzulegen. So kann beispielsweise der erste Innendurchmesser l_a um 0,2 mm bis 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,4 mm bis 0,8 mm größer sein als der zweite Innendurchmesser l_b des zweiten Abschnittes 10b.

[0032] Zwischen dem Trägerrohr 1 und dem ersten Abschnitt 10a ist bevorzugt nur ein kleiner radialer Spalt vorgesehen. So kann beispielsweise der Innendurchmesser l_a des ersten Abschnittes 10a gegenüber dem Außendurchmesser A des Trägerrohres 1 ein Übermaß von möglichst weniger als 0,2 mm, beispielsweise ein Übermaß zwischen 0,05 mm und 0,1 mm aufweisen.

[0033] In dem Fügespalt zwischen dem Trägerrohr 1 und dem Endstück 2 kann die Ansammlung von Flüssigkeit, beispielsweise aus Restflüssigkeit im Werkzeug oder einem geringen Anteil an austretendem Druckfluid, nicht in allen Fällen völlig ausgeschlossen werden. Um solche Flüssigkeit zu Beginn der Innenhochdruckumformung abführen zu können, ist in dem Ausführungsbeispiel ein Abführkanal 14 in Form einer Bohrung vorgesehen. Zusätzlich oder alternativ kann zur Abfuhr von Flüssigkeit auch eine in Längsrichtung verlaufende Nut in den ersten Abschnitt 10a eingebracht sein.

[0034] Um bei dem Aufweiten des Trägerrohres 1 ein Einschneiden an dem vorderen Rand der Öffnung 9 zu vermeiden, ist dort an den Übergang zum ersten Abschnitt 10a eine konische Aufweitung 15 vorgesehen.

[0035] Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der das Endstück 2 nicht nur zum druckdichten Verschluss dient, sondern auch funktionelle Merkmale aufweist. So ist in dem Ausführungsbeispiel ein mittlerer Abschnitt des geschlossenen Endstücks 2 mit einem Gewinde 16 für eine Zentralschraube versehen.

[0036] Um zwischen dem Trägerrohr 1 und dem Endstück 2 eine ausreichende Fügespannung zu erzeugen, beträgt die Gesamtlänge x_g der gesamten Öffnung 9 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zumindest 80 % des ersten Innendurchmessers l_a.

[0037] Eine noch weitere Erhöhung der Festigkeit der Verbindung kann beispielsweise durch Klebstoff, eine Verzinkung oder eine zumindest abschnittsweise Konturierung erreicht werden. Zum Zwecke der Übersichtlichkeit sind diese optionalen Maßnahmen in den Figuren nicht dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils, insbesondere einer gebauten Nockenwelle, mittels Innenhochdruckumformung, wobei ein Trägerrohr (1) und ein Endstück (2) zugeführt werden, wobei in eine Öffnung (9) des Endstücks (2) ein zugeordnetes Ende des Trägerrohres (1) eingesetzt und nachfolgend durch die Beaufschlagung mit einem Druckfluid aufgeweitet und mit dem Endstück (2) in einem Presssitz verbunden wird und wobei die Öffnung (9) vor der Beaufschlagung mit dem Druckfluid einen ersten Abschnitt (10a) mit einem Innenquerschnitt aufweist, der größer ist als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** ausgehend von dem vorderen Rand der Öffnung (9) an den ersten Abschnitt (10a) ein zweiter Abschnitt (10b) mit einem zweiten Innenquerschnitt, der kleiner ist als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1), unter Ausbildung einer umlaufenden Kante (11) stufenförmig anschließt, wobei das Trägerrohr (1) mit seinem entsprechenden Ende zunächst in den ersten Abschnitt (10a) eingesetzt wird und wobei bei einer weiteren Einschubbewegung die Kante (11) sich in das Material des Trägerrohres (1) schneidet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnung (9) des Endstücks (2) vor dem Einsetzen des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1) mit einem Partikelstrahl vorbehandelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kante (11) bei der Vorbehandlung durch den Partikelstrahl abgedeckt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Einsatzen des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1) in das Endstück (2) Klebstoff auf die Außenfläche des Endes und/oder die Innenfläche der Öffnung (9) aufgebracht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägerrohr (1), das Endstück (2) und weitere jeweils eine Nabe aufweisende Funktionselemente in eine Werkzeugform eingelegt werden, wobei nach dem Schließen der Werkzeugform die Beaufschlagung mit dem Druckfluid erfolgt.

6. Komponentensatz zur Herstellung eines rohrförmigen Bauteils mittels Innenhochdruckumformung, insbesondere nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, umfassend ein Trägerrohr (1), Funktionselemente, die zur Anordnung auf dem Trägerrohr (1) vorgesehen sind, sowie ein Endstück (2) mit einer Öffnung (9) für das Trägerrohr (1), wobei die Öffnung (9) einen ersten Abschnitt (10a) mit einem ersten Innenquerschnitt, der größer als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des

Trägerrohres (1) ist, und einen zweiten Abschnitt (10b) mit einem zweiten Innenquerschnitt, der kleiner als der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1) ist, aufweist,
wobei der zweite Abschnitt (10b) ausgehend von dem vorderen Rand der Öffnung (9) unter Ausbildung einer umlaufenden Kante (11) stufenförmig an den ersten Abschnitt (10a) anschließt und
wobei der zweite Innenquerschnitt größer ist als der Innenquerschnitt des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1).

7. Komponentensatz nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Innenquerschnitt sowie der Außenquerschnitt des zugeordneten Endes des Rohres kreisförmig sind.

8. Komponentensatz nach Anspruch 7, wobei die Öffnung (9) eine Gesamtlänge (x_g) aufweist, die zumindest 40 %, vorzugsweise zumindest 80 % des Innendurchmessers (l_a) des ersten Abschnittes (10a) beträgt.

9. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der zweite Abschnitt (10b) sich über eine Länge (x_b) zwischen 1 mm und 8 mm, vorzugsweise von etwa 4 mm erstreckt.

10. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei der erste Innenquerschnitt gegenüber dem zweiten Innenquerschnitt in radialer Richtung ein Übermaß zwischen 0,2 mm und 1 mm, vorzugsweise zwischen 0,4 mm und 0,8 mm aufweist.

11. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei der erste Innenquerschnitt gegenüber dem Außenquerschnitt des zugeordneten Ende des Trägerrohres (1) in radialer Richtung ein Übermaß von weniger als 0,2 mm, vorzugsweise zwischen 0,05 mm und 0,1 mm aufweist.

12. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem ersten Abschnitt (10a) und dem Rand der Öffnung (9) ein Radius und/oder eine konische Aufweitung vorgesehen ist, um dort bei der Erzeugung eines Presssitzes durch die Beaufschlagung mit dem Druckfluid ein Einschneiden in das sich aufweitende Trägerrohr (1) zu vermeiden.

13. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche der Öffnung (9) und/oder die Außenfläche des zugeordneten Endes des Trägerrohres (1) eine Verzinkung aufweist.

14. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei das Endstück (2) im Bereich des ersten Abschnittes (10a) der Öffnung (9) zumindest einen radialen Abführkanal (14) und/oder eine in Längsrichtung verlaufende Nut aufweist.

15. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 14, wobei das Endstück (2) im Bereich des ersten Abschnittes (10a) der Öffnung (9) eine Wandstärke zwischen 2 mm und 4 mm aufweist.

16. Komponentensatz nach einem der Ansprüche 6 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Endstück (2) funktionelle Merkmale aufweist.

Claims

1. A method for manufacturing a pipe-shaped component, in particular an assembled camshaft, by means of internal high-pressure forming, wherein a carrier pipe (1) and an end piece (2) are supplied, wherein an associated end of the carrier pipe (1) is inserted into an opening (9) of the end piece (2) and is then widened through the application of a hydraulic fluid and connected with the end piece (2) by means of a press fit, and wherein the opening (9), prior to the application of the hydraulic fluid, comprises a first portion (10a) with an inner cross-section which is larger than the outer cross-section of the associated end of the carrier pipe (1), **characterised in that**, starting from the front rim of the opening (9), a second portion (10b) with a second inner cross-section smaller than that of the outer cross-section of the associated end of the carrier pipe (1) adjoins the first portion (10a) in a stepped manner, wherein the carrier pipe (1) with its corresponding end is initially inserted into the first portion (10a) and wherein, when a further insertion movement takes place, the edge (11) cuts into the material of the carrier pipe (1).

2. The method according to claim 1, **characterised in that** the opening (9) of the end piece (2), prior to inserting the associated end of the carrier pipe (1), is pre-treated with a particle jet.

3. The method according to claim 2, **characterised in that** the edge (11) is masked by the particle jet during the pre-treatment.

4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** prior to inserting the associated end of the carrier pipe (1) into the end piece (2), adhesive is applied to the external surface of the end and/or the internal surface of the opening (9).

5. The method according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the carrier pipe (1), the end piece (2) and further functional elements comprising a hub, respectively, are placed into a tool mould, wherein

the hydraulic fluid is applied once the tool mould has been closed.

6. A component set for manufacturing a pipe-shaped component by means of internal high-pressure forming, in particular according to a method as specified in claims 1 to 5, comprising a carrier pipe (1), functional elements provided for arrangement on the carrier pipe (1), as well as an end piece (2) with an opening (9) for the carrier pipe (1),
wherein the opening (9) comprises a first portion (10a) with a first inner cross-section larger than the outer cross-section of the associated end of the carrier pipe (1) and a second portion (10b) with a second inner cross-section smaller than the outer cross-section of the associated end of the carrier pipe (1),
wherein, starting from the front rim of the opening (9), the second portion (10b) adjoins the first portion (10a) in a stepped manner, by forming a circumferential edge (11), and
wherein the second inner cross-section is larger the inner cross-section of the associated end of the carrier pipe (1).

7. The component set according to claim 6, **characterised in that** the first and the second inner cross-sections as well as the outer cross-section of the associated end of the pipe are circular in shape.

8. The component set according to claim 7, **characterised in that** the opening (9) comprises an overall length (x_g), which is at least 40%, preferably at least 80% of the inner diameter (l_a) of the first portion (10a).

9. The component set according to one of claims 6 to 8, wherein the second portion (10b) extends over a length (x_b) of between 1mm and 8mm, preferably of approx. 4mm.

10. The component set according to one of claims 6 to 9, wherein the first inner cross-section compared to the second inner cross-section, in radial direction, is oversized by between 0.2 and 1mm, preferably by between 0.4mm and 0.8mm.

11. The component set according to one of claims 6 to 10, wherein the first inner cross-section compared to the outer cross-section of the associated end of the carrier pipe (1), in radial direction, is oversized by less than 0.2mm, preferably by between 0.05mm and 0.1 mm.

12. The component set according to one of claims 6 to 11, wherein provision is made for a radius and/or conical widening between the first portion (10a) and the rim of the opening (9), in order to avoid cutting into the widening carrier pipe (1), while the press fit is being formed through the application of a hydraulic fluid.

13. The component set according to one of claims 6 to 12, **characterised in that** the surface of the opening (9) and/or the outer surface of the associated end of the carrier pipe (1) is zinc-plated.

14. The component set according to one of claims 6 to 13, wherein the end piece (2), in the area of the first portion (10a) of the opening (9), comprises at least one radial discharge channel (14) and/or a groove extending in longitudinal direction.

15. The component set according to one of claims 6 to 14, wherein the end piece (2), in the area of the first portion (10a) of the opening (9), comprises a wall thickness between 2mm and 4mm.

16. The component set according to one of claims 6 to 15, wherein the end piece (2) comprises functional features.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce tubulaire, en particulier d'un arbre à cames monté, par formage à haute pression interne, dans lequel un tube porteur (1) et une pièce d'extrémité (2) sont approchés, sachant qu'une extrémité correspondante du tube porteur (1) est insérée dans une ouverture (9) de la pièce d'extrémité (2) et élargie ensuite par alimentation avec un fluide sous pression et reliée à la pièce d'extrémité (2) dans un ajustage serré, et sachant que l'ouverture (9), avant l'alimentation du fluide sous pression, présente un premier tronçon (10a) avec une section transversale intérieure qui est supérieure à la section transversale extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1), **caractérisé en ce qu'**en partant du bord avant de l'ouverture (9), un second tronçon (10b) avec une seconde section transversale intérieure inférieure à la section transversale extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1) se raccorde de façon étagée sur le premier tronçon (10a) en formant une arête (11) périphérique, sachant que le tube porteur (1) est d'abord inséré dans le premier tronçon (10a) par son extrémité correspondante, et sachant qu'au cours d'un mouvement de rentrée supplémentaire, l'arête (11) s'intersecte dans le matériau du tube porteur (1).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'ouverture (9) de la pièce d'extrémité (2) est prétraitée avec un jet de particules avant l'insertion de l'extrémité correspondante du tube porteur (1).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce**

que l'arête (11) est couverte par le jet de particules lors du pré-traitement.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**avant l'insertion de l'extrémité correspondante du tube porteur (1) dans la pièce d'extrémité (2), de la colle est appliquée sur la face extérieure de l'extrémité et/ou la face intérieure de l'ouverture (9).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le tube porteur (1), la pièce d'extrémité (2) et d'autres éléments fonctionnels présentant chacun un moyeu sont placés dans un moule d'outil, sachant que l'alimentation en fluide sous pression a lieu après fermeture du moule d'outil.

6. Jeu de composantes destiné à la fabrication d'une pièce tubulaire, par formage à haute pression interne, en particulier selon un procédé selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant un tube porteur (1), des éléments fonctionnels qui sont prévus pour être agencés sur le tube porteur (1), ainsi qu'une pièce d'extrémité (2) comprenant une ouverture (9) pour le tube porteur (1),
dans lequel l'ouverture (9) présente un premier tronçon (10a) avec une première section transversale intérieure qui est supérieure à la section transversale extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1) et un second tronçon (10b) avec une seconde section transversale intérieure inférieure à la section transversale extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1),
le second tronçon (10b), partant du bord avant de l'ouverture (9), se raccorde de façon étagée sur le premier tronçon (10a) par la formation d'une arête (11) périphérique, et
dans lequel la seconde section transversale intérieure est supérieure à la section transversale intérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1).

7. Jeu de composantes selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les première et seconde sections transversales intérieures ainsi que la section transversale extérieure de de l'extrémité correspondante du tube porteur sont circulaires.

8. Jeu de composantes selon la revendication 7, dans lequel l'ouverture (9) présente une longueur totale (X_g) faisant au moins 40 %, de préférence au moins 80 % du diamètre interne (I_a) du premier tronçon (10a).

9. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel le second tronçon (10b) s'étend sur une longueur (X_b) entre 1 mm et 8 mm, de préférence d'environ 4 mm.

10. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 9, dans lequel la première section transversale intérieure présente, par rapport à la seconde section transversale intérieure dans le sens radial, une surmesure entre 0,2 mm et 1 mm, de préférence entre 0,4 mm et 0,8 mm.

11. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 10, dans lequel la première section transversale intérieure présente, par rapport à la section transversale extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1), dans le sens radial, une surmesure inférieure à 0,2 mm, de préférence entre 0,05 mm et 0,1 mm.

12. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce qu'**un rayon et/ou un élargissement conique est/sont prévu(s) entre le premier tronçon (10a) et le bord de l'ouverture (9) pour y éviter une entaille dans le tube porteur (1) s'élargissant lors de la production d'un ajustage serré par l'alimentation en fluide sous pression.

13. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 12, **caractérisé en ce que** la surface de l'ouverture (9) et/ou la surface extérieure de l'extrémité correspondante du tube porteur (1) est/sont zinguée(e).

14. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 13, dans lequel la pièce d'extrémité (2) présente au moins un canal de purge (14) radial et/ou une rainure passant dans le sens longitudinal, au niveau du premier tronçon (10a) de l'ouverture (9).

15. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 14, dans lequel la pièce d'extrémité (2) présente une épaisseur de paroi entre 2 mm et 4 mm au niveau du premier tronçon (10a) de l'ouverture (9).

16. Jeu de composantes selon l'une des revendications 6 à 15, **caractérisé en ce que** la pièce d'extrémité (2) présente des attributs fonctionnels.

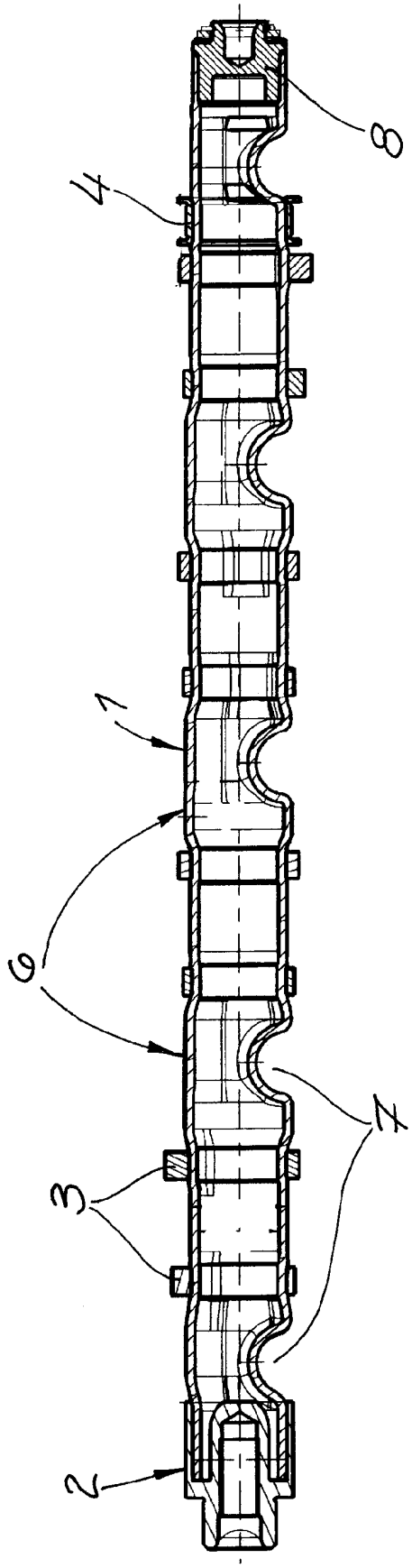
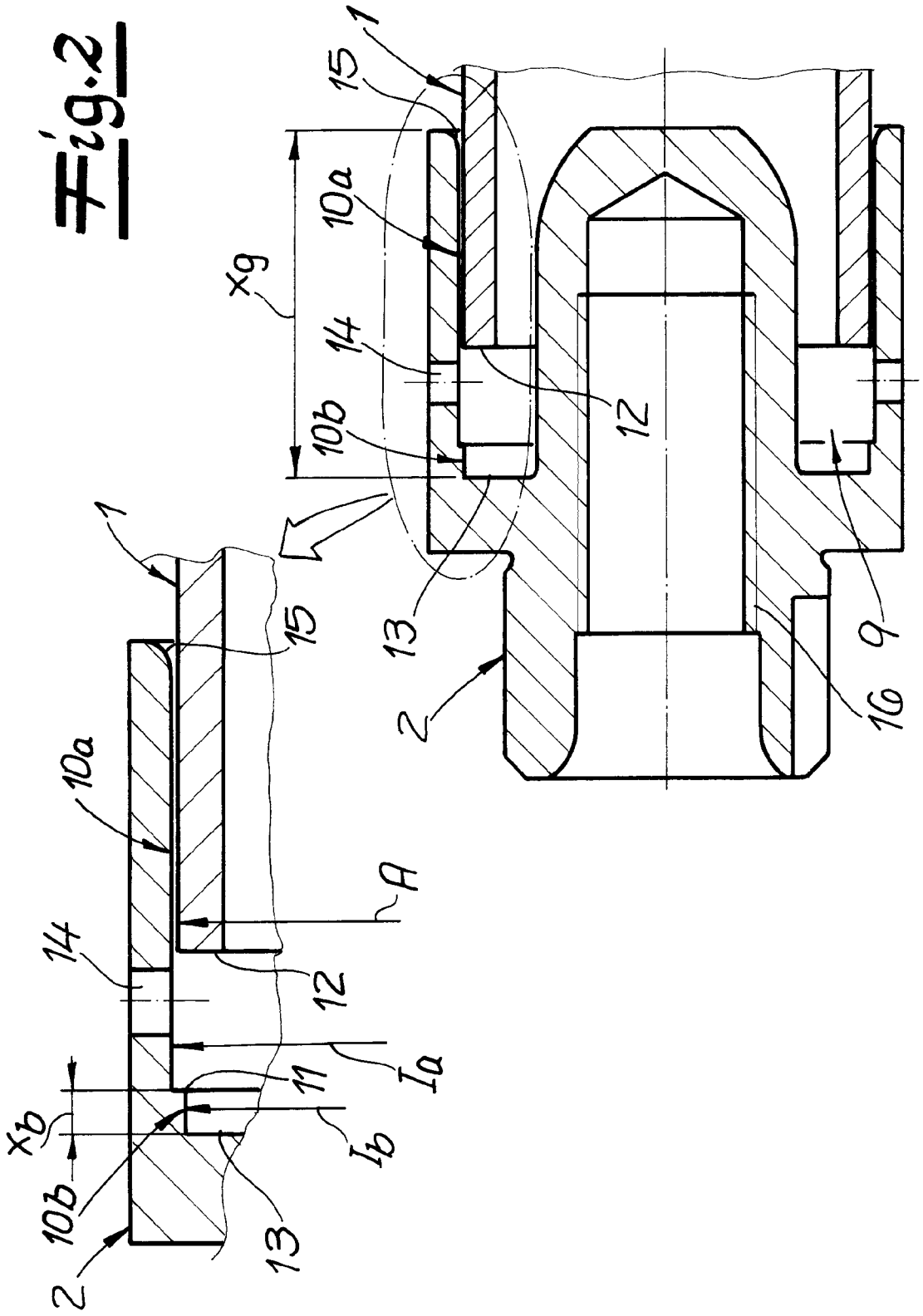


Fig.1

Fig.2



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 3616901 A **[0006]**