

(19)



(11)

EP 4 108 355 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21D 22/16 (2006.01) B21C 23/20 (2006.01)
B21K 1/06 (2006.01) B21H 1/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21181146.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21D 22/16; B21C 23/20; B21H 1/20; B21J 1/06;
B21J 5/10; B21K 1/063

(22) Anmeldetag: **23.06.2021**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Nillies, Benedikt**
59227 Ahlen (DE)

(74) Vertreter: **Wunderlich & Heim Patentanwälte**
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Irmgardstraße 3
81479 München (DE)

(71) Anmelder:
• **Leifeld Metal Spinning GmbH**
59229 Ahlen (DE)
• **Winkelmann Powertrain Components GmbH +**
Co. KG
59227 Ahlen (DE)

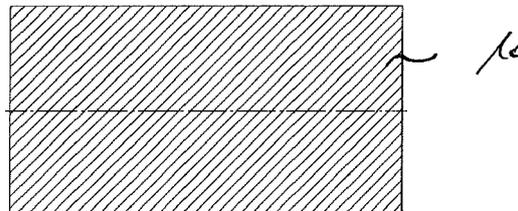
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ.

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES HOHLZYLINDRISCHEN WERKSTÜCKS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines hohlzylindrischen Werkstücks aus einem massiven Ausgangswerkstück, bei dem in das massive Ausgangswerkstück spanlos durch Bohrungsdrücken, bei welchem ein Drückdorn in das Ausgangswerkstück axial eingedrückt wird und gleichzeitig mindestens eine Umformrolle an einer Außenseite des Außenwerkstücks zugestellt wird, eine topfförmige Zwischenform erzeugt wird, welche einen massiven Bodenabschnitt und einen

sich daran anschließenden Hülsenabschnitt mit einer ersten Länge und einer ersten Wanddicke aufweist. Weiter wird die topfförmige Zwischenform anschließend einem Abstreckdrückwalzen unterzogen, bei welchem der Hülsenabschnitt zu einer zweiten Länge, welche größer ist als die erste Länge, und zu einer zweiten Wanddicke abgestreckt wird, welche kleiner ist als die erste Wanddicke.

Fig. 1



EP 4 108 355 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlzylindrischen Werkstücks, insbesondere einer Hohlwelle, aus einem massiven Ausgangswerkstück.

[0002] Für verschiedene Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau werden hohlzylindrische Bauteile benötigt, die einerseits ein geringes Gewicht haben sollen und gleichzeitig von hoher Festigkeit sind. Etwa bei der Herstellung von Getrieben werden Getriebewellen benötigt, welche zur Drehmomentübertragung eine hohe Festigkeit aufweisen und zur Reduzierung des Massenträgheitsmomentes ein möglichst geringes Gewicht haben sollen.

[0003] Aus der DE 10 2005 036 681 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Hohlwelle bekannt, wobei ein Rundknetverfahren eingesetzt wird.

[0004] Aus der DE 10 2012 005 106 B4 geht ein Verfahren zur Herstellung einer Hohlwelle aus einem massiven Halbzeug hervor, wobei zunächst zwei Teile der Welle durch ein Bohrungsdrücken erzeugt werden. Anschließend können die beiden Teile durch Reibschweißen miteinander verbunden werden.

[0005] Das Bohrungsdrücken zählt zu den spanlosen Umformverfahren. Dabei wird ein massives Ausgangswerkstück in einer Drückmaschine in Rotation versetzt, wobei axial ein Drückdorn in das massive Werkstück eingedrückt wird, während gleichzeitig an der Außenseite mindestens eine Umformrolle an das Werkstück angelegt wird. Durch das Anlegen der mindestens einen Umformrolle wird ein komplexer Spannungszustand im Werkstück erzeugt, bei welchem ein spanloses Umformen mit einem axialen Eindringen des Drückdorns ermöglicht wird.

[0006] Ein Verfahren zum Herstellen eines Getriebeteils durch ein Bohrungsdrücken ist beispielsweise aus der DE 103 04 960 A1 bekannt.

[0007] Die durch das Bohrungsdrücken erzeugten Werkstücke werden üblicherweise abschließend einer spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere auf einer Drehmaschine, unterzogen, um eine gewünschte Endkontur zu erhalten.

[0008] Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit welchem hohlzylindrische Werkstücke mit möglichst geringem Gewicht und besonders hoher Festigkeit effizient hergestellt werden können.

[0009] Nach der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Gemäß der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen eines hohlzylindrischen Werkstücks aus einem massiven Ausgangswerkstück vorgesehen, bei dem in das massive Ausgangswerkstück spanlos durch Bohrungsdrücken, bei welchem ein Drückdorn in das Ausgangswerkstück axial eingedrückt wird und gleich-

zeitig mindestens eine Umformrolle an einer Außenseite des Außenwerkstücks zugestellt wird, eine topfförmige Zwischenform erzeugt wird, welche einen massiven Bodenabschnitt und einen sich daran anschließenden Hülsenabschnitt mit einer ersten Länge und einer ersten Wanddicke aufweist, und die topfförmige Zwischenform anschließend einem Abstreckdrückwalzen unterzogen wird, bei welchem der Hülsenabschnitt zu einer zweiten Länge, welche größer ist als eine erste Länge, und zu einer zweiten Wanddicke abgestreckt wird, welche kleiner ist als die erste Wanddicke.

[0011] Eine erste Grundidee der Erfindung liegt darin, aus einem massiven Ausgangswerkstück durch Bohrungsdrücken eine topfförmige Zwischenform zu erzeugen. Durch das Bohrungsdrücken wird die Zwischenform spanlos hergestellt, wobei durch das Eindringen des Drückdorns bei gleichzeitiger radialer Zustellung mindestens einer Umformrolle an einer Umformmaschine eine Materialstruktur mit einem ungebrochenen und ungeschnittenen Faserverlauf erzeugt wird. Der durch das spanlose Umformen hergestellte Faserverlauf in der Werkstückstruktur führt zu einer erhöhten Festigkeit im Materialgefüge.

[0012] Ein zweiter Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dieses vorteilhafte Materialgefüge, welches beim Bohrungsdrücken erzeugt wird, noch dadurch weiter zu verbessern, dass die topfförmige Zwischenform anschließend einem Abstreckdrückwalzen unterzogen wird, wobei ein Hülsenabschnitt der Zwischenform in seiner Wanddicke weiter verdünnt und der Hülsenabschnitt in axialer Richtung gelängt wird. Bei dem Abstreckdrückwalzen bleibt der vorteilhafte ungebrochene Faserverlauf des Bohrungsdrückens grundsätzlich erhalten. Gleichzeitig kann durch das Abstreckdrückwalzen eine weitere Verfestigung des Materialgefüges durch die aufgebrauchten Spannungen bewirkt werden. Dieses Verfahren kann dabei als ein Warmumformverfahren und/oder als ein Kaltumformverfahren durchgeführt werden. Bei diesem Abstreckdrückwalzen erfolgt kein Eindringen des eines Umformdornes mehr.

[0013] Durch eine gezielte Temperaturführung bei den einzelnen Verfahrensschritten kann insbesondere eine gezielte Kaltverfestigung, insbesondere beim Abstreckdrückwalzen, erzielt und eingestellt werden.

[0014] Insgesamt kann so ein hohlzylindrisches Werkstück mit einer relativ geringen Wanddicke bei gleichzeitig hoher Festigkeit hergestellt werden.

[0015] Grundsätzlich kann beim Bohrungsdrücken der Drückdorn nur geringfügig in das Ausgangswerkstück eindringen oder dieses insgesamt durchdringen. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass beim Bohrungsdrücken der Drückdorn in das Ausgangswerkstück bis zu einem Mittenbereich eingebracht wird. Dieser kann sich etwa zwischen 20% bis 80% der axialen Länge des Ausgangswerkstücks erstrecken. Hierdurch kann eine Zwischenform erreicht werden, welche einerseits einen Hülsenabschnitt mit einem verfestigten Werkstückbereich und an-

dererseits einen Werkstückbereich mit einem weitgehend unveränderten Materialgefüge aufweist.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung, dass zum Abstreckdrückwalzen mindestens eine Abstreckdrückwalze an einem Übergangsbereich, welcher zwischen dem massiven Bodenabschnitt und dem Hülsenabschnitt liegt, zugestellt und axial zum Übergangsbereich zum freien Ende des Hülsenabschnitts bewegt wird. Hierdurch kann gezielt der Hülsenabschnitt durch das Abstreckdrückwalzen verdünnt und zusätzlich verfestigt werden.

[0017] Nach einer bevorzugten Verfahrensvariante ist es vorgesehen, dass in dem Übergangsbereich vor dem Abstreckdrückwalzen eine ringförmige Ausnehmung ausgebildet wird, in welche die mindestens eine Abstreckdrückwalze angesetzt wird. Die ringförmige Ausnehmung kann entweder spanlos oder spanabhebend durch einen vorausgehenden spanabhebenden Verfahrensschritt in die Außenseite des Werkstücks eingebracht werden. Das Einbringen der ringförmigen Ausnehmung kann vor, während oder nach dem Bohrungsdrücken erfolgen. Dies erlaubt ein gezieltes Abstreckdrückwalzen.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird ein besonders effizientes Umformen dadurch erzielt, dass beim Bohrungsdrücken durch die Umformrolle ein Werkstückbereich hinter der Umformrolle, welcher zum Drückdorn gerichtet ist, aufgeweitet wird, wobei um den Drückdorn ein Freiraum gebildet wird. Vorzugsweise weist dabei die mindestens eine Umformrolle an ihrer Hinterseite einen konisch abgeschrägten Bereich auf, so dass beim radialen Zustellen der Umformrolle an das Werkstück ein gewisser Materialfluss radial nach außen hinter der Umformrolle eingestellt wird. Dabei erfolgt das Zustellen der Umformrolle etwa auf der gleichen axialen Höhe, auf der ein Vorderbereich des Drückdorns liegt oder die mindestens eine Umformrolle eilt dem Drückdorn axial ein gewisses Stück voraus. Durch die Kombination der Umformrolle und der Zustellung wird ein gewisser Materialfluss radial nach außen unterstützt, so dass bei der gleichzeitigen axialen Zustellung des Bohrungsdorns um diesen ein gewisses Spiel oder ein ringförmigen Freiraum erzeugt wird. Auf diese Weise kann die topfförmige Zwischenform besonders effizient erzeugt werden.

[0019] Weiterhin kann es nach einer Verfahrensvariante der Erfindung vorteilhaft sein, dass an einem Innendurchmesser des Werkstücks eine Führungshülse zum Führen des Materials vorgesehen wird. Die Führungshülse kann dabei an dem Drückdorn, insbesondere in einem vorderen Bereich, gelagert sein. Durch eine solche Führungshülse kann eine gute Führung des Materials beim Bohrungsdrücken bei einer gleichzeitigen Verminderung von Reibungswiderständen erzielt werden.

[0020] Eine besonders vorteilhafte Formgebung kann nach einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch erzielt werden, dass das freie Ende des Hülsenabschnitts zum Bilden mindestens eines Wellenabsatzes

radial eingezogen wird. Dabei kann in dem hohlen Werkstück in einem mittleren Bereich ein größerer Hohlraum gebildet sein als an dem eingezogenen freien Ende. Das Einziehen kann im Extremfall so weit ausgeführt werden, dass das freie Ende weitgehend oder vollständig geschlossen wird.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass das radiale Einziehen durch ein radiales Zustellen mindestens einer Einziehrolle durchgeführt wird. Vorzugsweise sind zwei, drei oder mehrere gleichmäßig über den Umfang verteilte Einziehrollen vorgesehen, so dass sich beim Einziehen eine Kompensation der Querkräfte auf das Gesamtwerkstück ergibt. Durch das Einziehen kann ein ein- oder mehrstufiger Wellenabsatz am freien Ende des Werkstücks ausgeformt werden.

[0022] Grundsätzlich kann das gegenüberliegende Ende mit dem massiven Bodenabschnitt des Werkstücks ebenfalls spanlos umgeformt werden. Besonders vorteilhaft ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung, dass der massive Bodenabschnitt spanabhebend bearbeitet wird, wobei mindestens ein Wellenabsatz ausgebildet wird. In dem massiven Bodenabschnitt befindet sich ein weitgehend unverspanntes Materialgefüge, da dieser Abschnitt keinem oder keinem wesentlichen Umformverfahren unterzogen wurde. Somit kann der massive Bodenabschnitt etwa durch Drehen, Fräsen oder Bohren effizient bearbeitet werden.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass in dem massiven Bodenabschnitt eine Bohrung eingebracht wird. Insbesondere kann die Bohrung koaxial zur Werkstücklängsachse sein. Die Bohrung kann als eine Sacklochbohrung mit einem Zwischenwandabschnitt zum restlichen Hohlraum des Werkstücks oder als eine Durchgangsbohrung ausgeführt sein, wobei ein durchgehender Längshohlraum in dem Werkstück gebildet wird.

[0024] Eine besonders gute Einstellung der Festigkeit des Werkstücks kann nach einer weiteren Verfahrensvariante dadurch erzielt werden, dass das Ausgangswerkstück und/oder die Zwischenform über ihre axiale Länge mit einem definierten Temperaturprofil versehen wird, bei welchem Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen zum Erzielen unterschiedlicher Festigkeiten im Werkstück erzeugt werden. So können zu unterschiedlichen Verfahrensschritten und/oder in unterschiedlichen Bereichen Temperaturen eingestellt werden, welche entweder ein Kaltverformen oder ein Warmverformen ermöglichen. Bei einem Warmverformen liegt die Werkstücktemperatur oberhalb der sogenannten Rekristallisationstemperatur des Werkstückmaterials, so dass sich das Materialgefüge stets neu bildet und sich keine Kaltverfestigung ausbildet. Erfolgt hingegen ein Umformen unterhalb der Rekristallisationstemperatur, werden die Materialkörner und das Materialgefüge gestreckt und es kann sich eine Kaltverfestigung einstellen. Dabei kann in einer Anfangsphase des Verfahrens zunächst eine Warmverformung durchgeführt werden, während in einer abschließenden Phase der Umformung

eine Kaltverformung mit einer gezielten Festigkeitseinstellung durchgeführt wird. Insbesondere kann das Bohrungsdrücken als eine Warmumformung durchgeführt werden, während insbesondere das sich anschließende Abstreckdrückwalzen als eine Kaltverformung durchgeführt wird.

[0025] Besonders zweckmäßig kann es nach einer Weiterbildung der Erfindung sein, dass das Werkstück am Bodenabschnitt eingespannt und im Bereich des Bodenabschnitts aktiv gekühlt wird. Insbesondere beim Durchführen des Bohrungsdrückens bei einer erhöhten Temperatur können so Überhitzungen im Bodenabschnitt mit unerwünschten Ausglüheffekten im Material vermieden werden. Eine Kühlung des Bodenabschnitts kann über das Spannfutter der Maschine erfolgen.

[0026] Eine Temperaturführung kann abhängig von der Art des Verfahrens sowie der gewünschten Festigkeitseigenschaften des Werkstücks ausgewählt werden. Besonders vorteilhaft ist es nach einer Ausführungsform der Erfindung, dass zumindest das Bohrungsdrücken mit einer Warmumformtemperatur durchgeführt wird. Vorzugsweise kann das Abstreckdrückwalzen als eine Kaltumformung erfolgen.

[0027] Grundsätzlich kann das Ausgangswerkstück in beliebiger Weise hergestellt sein, etwa als Schmiedeteil, Gusswerkstück oder spanabhebend vorbehandeltes Werkstück. Besonders wirtschaftlich ist es nach einer Ausführungsform der Erfindung, dass das Ausgangswerkstück durch Ablängen aus einem Stangenmaterial gebildet wird. Stangenmaterial kann zuverlässig und kostengünstig in den unterschiedlichsten Qualitäten bezogen werden, wobei durch Ablängen eine individuelle Werkstücklänge eingestellt werden kann.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen weiter beschrieben, welche schematisch in den Zeichnungen dargestellt sind. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 - 6 Querschnittsansichten eines Werkstücks gemäß unterschiedlichen Stadien bei einem erfindungsgemäßen Verfahren;
- Fig. 7 eine Querschnittsansicht durch ein Werkstück beim Bohrungsdrücken gemäß der Erfindung;
- Fig. 8 eine Querschnittsansicht durch ein Werkstück beim Bohrungsdrücken unter zusätzlichem Einsatz einer Führungshülse;
- Fig. 9 eine Querschnittsansicht durch ein Werkstück nach dem Bohrungsdrücken;
- Fig. 10 eine Querschnittsansicht durch das Werkstück von Fig. 9 nach dem Einformen einer ringförmigen Ausnehmung; und

Fig. 11 - 13 Querschnittsansichten durch alternative Ausgangswerkstücke für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0029] Gemäß Fig. 1 kann als Ausgangswerkstück 10 ein metallischer massiver Zylinder verwendet werden, welcher beispielsweise durch Ablängen von einem Stangenmaterial gebildet ist.

[0030] In einem ersten Verfahrensschritt nach Fig. 2 wird aus dem Ausgangswerkstück 10 gemäß Fig. 1 durch Bohrungsdrücken unter Verwendung eines in Fig. 2 nicht dargestellten Drückdorns und mindestens einer Umformrolle eine Zwischenform 20 gebildet. Bei diesem Bohrungsdrücken wird ein Drückdorn in einen Mittenbereich des Ausgangswerkstücks 10 unter gleichzeitiger Anlage einer oder mehrerer Umformrollen an der Außenseite axial eingedrückt. Hierdurch wird die Zwischenform 20 topfförmig mit einem Hülsenabschnitt 24 mit einem inneren Hohlraum 25 gebildet. Der Hülsenabschnitt 24 geht über einen Übergangsbereich 26, bis zu welchem die mindestens eine Umformrolle entlang gelaufen ist, in einen im Wesentlichen unverformten massiven Bodenabschnitt 22 über. Der Außendurchmesser des massiven Bodenabschnitts 22 entspricht im Wesentlichen dem Durchmesser des Ausgangswerkstücks 10, während demgegenüber ein Außendurchmesser des Hülsenabschnitts 24 durch das Bohrungsdrücken unter gleichzeitigem Einsatz einer oder mehrerer Umformrollen eine erste Reduzierung des Außendurchmessers aufweist.

[0031] Gemäß Fig. 3 wird etwa durch eine nicht dargestellte Umformrolle in den Übergangsbereich 26 eine ringförmige Ausnehmung 28 oder Vertiefung in die Zwischenform 20 eingeformt. Die ringförmige Ausnehmung 28 dient als Ansatzpunkt für eine oder mehrere Abstreckdrückwalzen.

[0032] Gemäß Fig. 4 überlaufen die eine oder mehrere Abstreckdrückwalzen ausgehend von der ringförmigen Ausnehmung 28 die Zwischenform 20 zum freien Ende des Hülsenabschnitts 24 hin. Bei diesem Abstreckdrückwalzvorgang befindet sich ein Drückdorn in dem Innenraum 25, wobei der Drückdorn des vorausgegangenen Bohrungsdrückens oder ein anderer Drückdorn eingesetzt werden kann. Beim Abstreckdrückwalzen ergibt sich eine Reduzierung der Wanddicke des Hülsenabschnitts 24 von einer ersten Wanddicke gemäß Fig. 3 zu einer zweiten kleineren Wanddicke gemäß Fig. 4. Das dabei verdrängte Werkstückmaterial führt zu einer Längung des Hülsenabschnitts 24, wie anschaulich in Fig. 4 dargestellt ist. Bei gleichbleibendem Innendurchmesser ergibt sich eine weitere Reduzierung des Außendurchmessers am Hülsenabschnitt 24.

[0033] Sodann kann ein freier Endbereich des rohrförmigen Hülsenabschnitts 24 durch radiales Zustellen einer oder mehrerer Einziehrollen radial nach innen eingezogen werden, wobei ein gestufter Wellenabsatz 56 eingeformt wird, wie anschaulich in Fig. 5 dargestellt ist. Dabei kann in dem mittigen Hohlzylinderabschnitt 52 ein hinterschnittener Hohlraum für das hohlzylindrische

Werkstück 50 gebildet werden.

[0034] Nach dem spanlosen Umformen kann eine spanabhebende Bearbeitung an dem Werkstück insbesondere durch Bohren, Fräsen und insbesondere eine drehende Bearbeitung auf einer Drehmaschine erfolgen. Hierbei kann der erste Wellenabsatz 56 drehend endbearbeitet werden. Zudem kann in dem massiven Bodenabschnitt 22 durch Bohren und/oder Drehen eine mittige Bohrung 60 eingebracht werden. Zudem kann an dem massiven Bodenabschnitt 22 ein Abdrehen des Außenumfangs erfolgen, so dass ein zweiter Wellenabsatz 58 an dem anderen Ende des hohlzylindrischen Werkstücks 50 ausgebildet wird.

[0035] Die Bohrung 60 kann grundsätzlich durchgehen und sich bis in den Hohlraum des Hohlzylinderabschnitts 52 erstrecken oder, wie anschaulich in der Fig. 6 gezeigt ist, als eine Sacklochbohrung mit einer durchgehenden Wand gegenüber dem Hohlzylinderabschnitt 52 ausgebildet sein.

[0036] Im Zusammenhang mit Fig. 7 wird das Bohrungsdrücken bei dem erfindungsgemäßen Verfahren näher erläutert, wobei zum Bilden einer Zwischenform 20 ein schaffelförmiger zylindrischer Drückdorn 30 axial in das Ausgangswerkstück 10 eingedrückt wird. Das Ausgangswerkstück 10 wird dabei um seine Mittenachse in Rotation versetzt, wobei das Ausgangswerkstück 10 am massiven Bodenabschnitt 22 an einem nicht dargestellten Spannfutter, welches gekühlt werden kann, eingespannt ist. Im Bereich der Stirnseite des Drückdorns 30 werden an den Außenumfang der Zwischenform 20 zum Bohrungsdrücken eine oder mehrere Umformrollen 35 radial zugestellt, wobei sich im Material ein dreidimensionaler Spannungszustand ausbildet, durch welchen das massive Ausgangswerkstück 10 mit einem hohlen Hül- senabschnitt 24 ausgebildet wird, indem der Drückdorn 30 immer weiter in die Zwischenform 20 axial eindringt. Das dabei verdrängte Werkstückmaterial wird unter Einwirkung der mindestens einen Umformrolle 35 axial nach hinten entlang des Drückdorns 30 zum Bilden des Hül- senabschnitts 24 verdrängt.

[0037] Die Umformrolle 35 ist doppelkonusförmig ausgebildet, wobei ein vorderer konischer Einlaufabschnitt 36 und ein hinterer konischer Auslaufabschnitt 37 ausgebildet sind. Durch den hinteren konischen Auslaufabschnitt 37, welcher sich nach hinten verjüngt, wird insbesondere in der eigentlichen Umformzone Werkstückmaterial teilweise radial nach außen verdrängt, so dass sich ein gewisser Freiraum im vorderen Bereich um den Drückdorn 30 ergeben kann, was ein verbessertes axiales Eindringen des Drückdorns 30 ermöglicht.

[0038] Gemäß Fig. 8 ist eine alternative Ausgestaltung für das Bohrungsdrücken dargestellt, wobei in Ergänzung zu der Anordnung nach Fig. 7 am Drückdorn 30 eine axial verschiebbare Führungshülse 32 gelagert ist. Das beim Bohrungsdrücken verdrängte Werkstückmaterial kann dabei teilweise an der Führungshülse 32 aufliegen und durch diese bei einem Verschieben nach hinten zusätzlich geführt werden. Dies führt ebenfalls zu ei-

nem leichteren und verbesserten Bohrungsdrücken nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0039] Fig. 9 zeigt in vergrößerter Darstellung den Zustand der Zwischenform 20 entsprechend Fig. 2, wobei ein Hül- senabschnitt 24 mit einem inneren Hohlraum 25 gebildet ist, während ein im Wesentlichen unverformter massiver Bodenabschnitt 22 verbleibt. Der Hül- senabschnitt 24 geht konisch in den durchmessergrößeren massiven Bodenabschnitt 22 mit einem Übergangsbereich 26 über.

[0040] In diesem Übergangsbereich 26 wird entsprechend Fig. 10 eine ringförmige Ausnehmung 28 oder Vertiefung eingearbeitet. Dies kann vorzugsweise spanlos durch radiales Zustellen einer entsprechenden Umformrolle erfolgen oder gegebenenfalls auch spanabhebend, etwa auf einer Drehmaschine. In diese ringförmige Ausnehmung 28 gemäß Fig. 10 kann dann für den nachfolgenden Abstreckdrückwalzvergang eine oder mehrere Abstreckdrückwalzen positionsgenau eingesetzt werden.

[0041] In den Figuren 11 bis 13 sind alternative Ausgestaltungen für das Ausgangswerkstück 10 dargestellt. Dabei kann das Ausgangswerkstück 10 gemäß Fig. 11 ein spanabhebend vorbearbeitetes oder durch Schmieden oder Gießen hergestelltes Werkstück mit einem vorgeformten Absatz 12 sein, welcher im dargestellten Ausführungsbeispiel massiv und leicht konisch ausgebildet ist.

[0042] Gemäß der Ausführung nach Fig. 12 kann das Ausgangswerkstück 10 zusätzlich zu einem leicht konischen Absatz 12 noch eine Ringschulter 14 aufweisen.

[0043] Weiterhin kann gemäß der alternativen Ausgestaltung gemäß Fig. 13 das Ausgangswerkstück 10 mit einem konischen Absatz 12 ausgebildet sein, in welchem ein Mittenloch 16 angeordnet ist. Dieses kann gegebenenfalls bei einem vorausgehenden Schmiedevorgang eingeformt oder spanabhebend eingearbeitet sein.

40 Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines hohlzylindrischen Werkstücks (50) aus einem massiven Ausgangswerkstück (10), bei dem

- in das massive Ausgangswerkstück (10) spanlos durch Bohrungsdrücken, bei welchem ein Drückdorn (30) in das Ausgangswerkstück (10) axial eingedrückt wird und gleichzeitig mindestens eine Umformrolle (35) an einer Außenseite des Außenwerkstücks (10) zugestellt wird, eine topfförmige Zwischenform (20) erzeugt wird, welche einen massiven Bodenabschnitt (22) und einen sich daran anschließenden Hül- senabschnitt (24) mit einer ersten Länge und einer ersten Wanddicke aufweist, und
- die topfförmige Zwischenform (20) anschließend einem Abstreckdrückwalzen unterzogen

- wird, bei welchem der Hülsenabschnitt (24) zu einer zweiten Länge, welche größer ist als die erste Länge, und zu einer zweiten Wanddicke abgestreckt wird, welche kleiner ist als die erste Wanddicke.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Bohrungsdrücken der Drückdorn (30) in das Ausgangswerkstück (10) bis in einen Mittenbereich eingebracht wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Abstreckdrückwalzen mindestens eine Abstreckdrückwalze an einen Übergangsbereich (26), welcher zwischen dem massiven Bodenabschnitt (22) und dem Hülsenabschnitt (24) liegt, zugestellt und axial vom Übergangsbereich (26) zum freien Ende des Hülsenabschnitts (24) bewegt wird.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Übergangsbereich (26) vor dem Abstreckdrückwalzen eine ringförmige Ausnehmung (28) ausgebildet wird, in welche die mindestens eine Abstreckdrückwalze angesetzt wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Bohrungsdrücken durch die Umformrolle (35) ein Werkstückbereich hinter der Umformrolle (35), welcher zum Drückdorn (30) gerichtet ist, aufgeweitet wird, wobei um den Drückdorn (30) ein Freiraum gebildet wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einem Innendurchmesser der Zwischenform (20) eine Führungshülse (32) zum Führen des Materials vorgesehen wird.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das freie Ende des Hülsenabschnitts (24) zum Bilden mindestens eines ersten Wellenabsatzes (56) radial eingezogen wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das radiale Einziehen durch ein radiales Zustellen mindestens einer Einziehrolle durchgeführt wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der massive Bodenabschnitt (22) spanabhebend bearbeitet wird, wobei mindestens ein zweiter Wellenabsatz (58) ausgebildet wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den massiven Bodenabschnitt (22) eine Bohrung (60) eingebracht wird.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgangswerkstück (10) und/oder die Zwischenform (20) über ihre axiale Länge mit einem definierten Temperaturprofil versehen wird, bei welchem Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen zum Erzielen unterschiedlicher Festigkeiten im Werkstück (50) erzeugt werden.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (50) am Bodenabschnitt (22) eingespannt und im Bereich des Bodenabschnitts (22) aktiv gekühlt wird.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest das Bohrungsdrücken bei einer Warmumformtemperatur durchgeführt wird.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgangswerkstück (10) durch Ablängen aus einem Stangenmaterial gebildet wird.
- Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**
1. Verfahren zum Herstellen eines hohlzylindrischen Werkstücks (50) aus einem massiven Ausgangswerkstück (10), bei dem
 - in das massive Ausgangswerkstück (10) spanlos durch Bohrungsdrücken, bei welchem ein Drückdorn (30) in das Ausgangswerkstück (10) axial eingedrückt wird und gleichzeitig mindestens eine Umformrolle (35) an einer Außenseite des Ausgangswerkstücks (10) zugestellt wird, eine topfförmige Zwischenform (20) erzeugt wird, welche einen massiven Bodenabschnitt (22) und einen sich daran anschließenden Hülsenabschnitt (24) mit einer ersten Länge und einer ersten Wanddicke aufweist, und
 - die topfförmige Zwischenform (20) anschließend einem Abstreckdrückwalzen unterzogen wird, bei welchem der Hülsenabschnitt (24) zu einer zweiten Länge, welche größer ist als die erste Länge, und zu einer zweiten Wanddicke abgestreckt wird, welche kleiner ist als die erste Wanddicke,

- dadurch gekennzeichnet,**
dass das Ausgangswerkstück (10) und/oder die Zwischenform (20) über seine/ihre axiale Länge mit einem definierten Temperaturprofil versehen wird, bei welchem Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen zum Erzielen unterschiedlicher Festigkeiten im Werkstück (50) erzeugt werden. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Bohrungsdrücken der Drückdorn (30) in das Ausgangswerkstück (10) bis in einen Mittenbereich eingebracht wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Abstreckdrückwalzen mindestens eine Abstreckdrückwalze an einen Übergangsbereich (26), welcher zwischen dem massiven Bodenabschnitt (22) und dem Hülsenabschnitt (24) liegt, zugestellt und axial vom Übergangsbereich (26) zum freien Ende des Hülsenabschnitts (24) bewegt wird. 20
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Übergangsbereich (26) vor dem Abstreckdrückwalzen eine ringförmige Ausnehmung (28) ausgebildet wird, in welche die mindestens eine Abstreckdrückwalze angesetzt wird. 25
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Bohrungsdrücken durch die Umformrolle (35) ein Werkstückbereich hinter der Umformrolle (35), welcher zum Drückdorn (30) gerichtet ist, aufgeweitet wird, wobei beim radialen Zustellen der Umformrolle (35) an das Werkstück ein gewisser Materialfluss radial nach außen hinter der Umformrolle (35) eingestellt und um den Drückdorn (30) ein Freiraum gebildet wird. 30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass an einem Innendurchmesser der Zwischenform (20) eine Führungshülse (32) zum Führen des Materials vorgesehen wird. 35
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das freie Ende des Hülsenabschnitts (24) zum Bilden mindestens eines ersten Wellenabsatzes (56) radial eingezogen wird. 40
8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das radiale Einziehen durch ein radiales Zustellen mindestens einer Einziehrolle durchgeführt wird. 45
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der massive Bodenabschnitt (22) spanabhebend bearbeitet wird, wobei mindestens ein zweiter Wellenabsatz (58) ausgebildet wird. 50
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass in den massiven Bodenabschnitt (22) eine Bohrung (60) eingebracht wird. 55
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkstück (50) am Bodenabschnitt (22) eingespannt und im Bereich des Bodenabschnitts (22) aktiv gekühlt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest das Bohrungsdrücken bei einer Warmumformtemperatur durchgeführt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Ausgangswerkstück (10) durch Ablängen aus einem Stangenmaterial gebildet wird.

Fig. 1

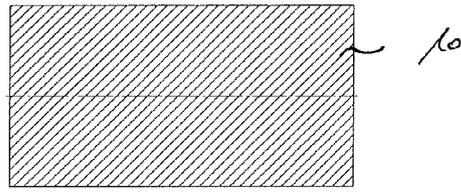


Fig. 2

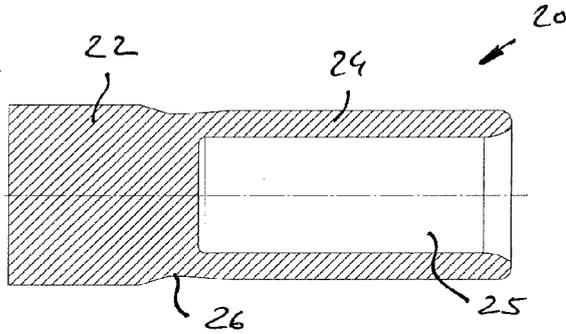


Fig. 3

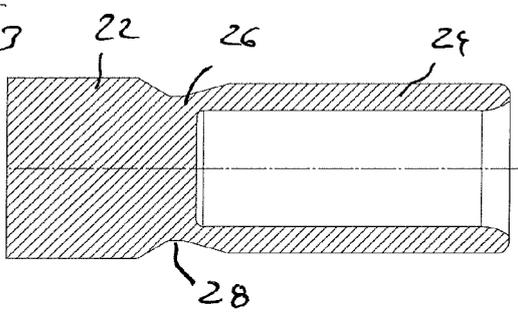


Fig. 4

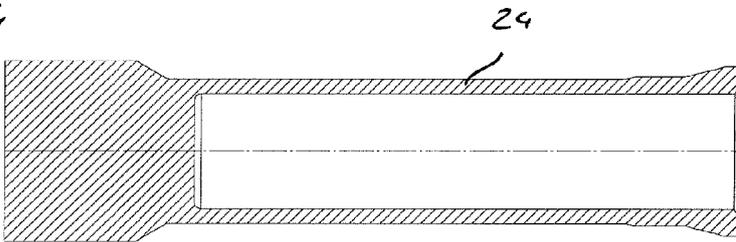


Fig. 5

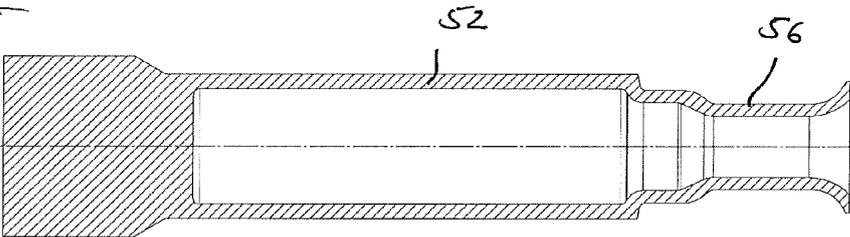
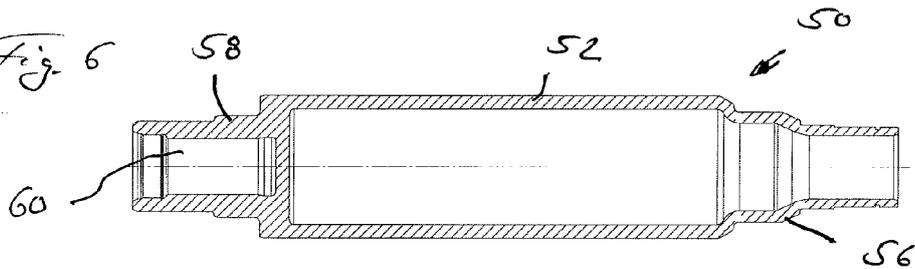


Fig. 6



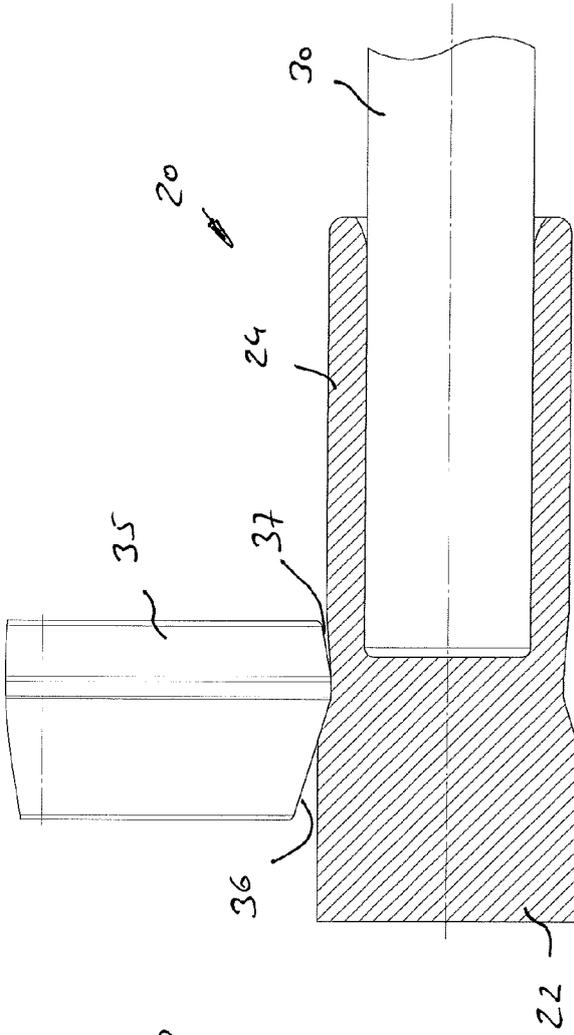


Fig. 7

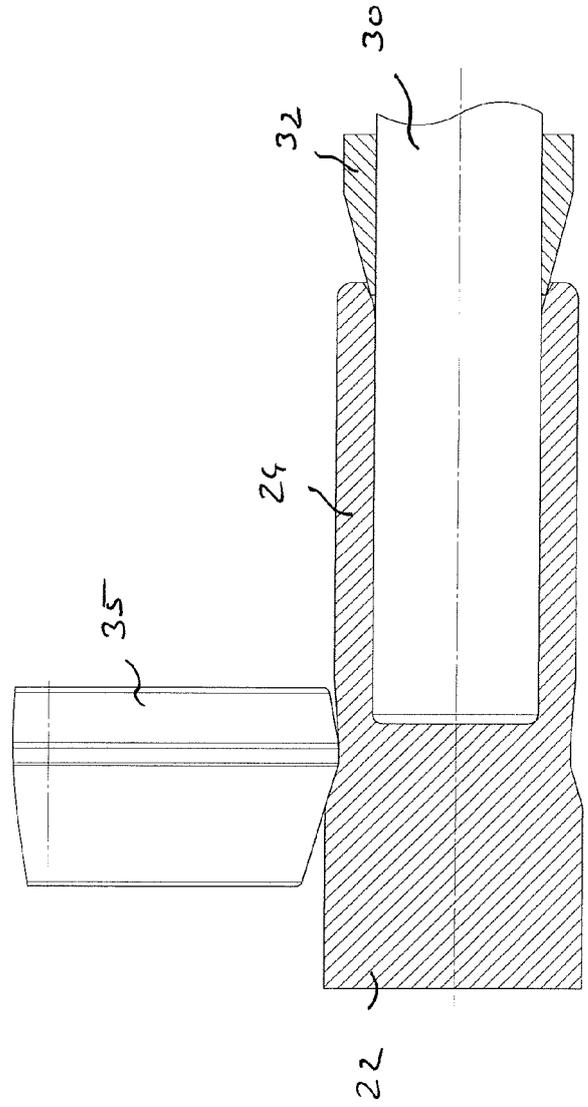


Fig. 8

Fig. 9

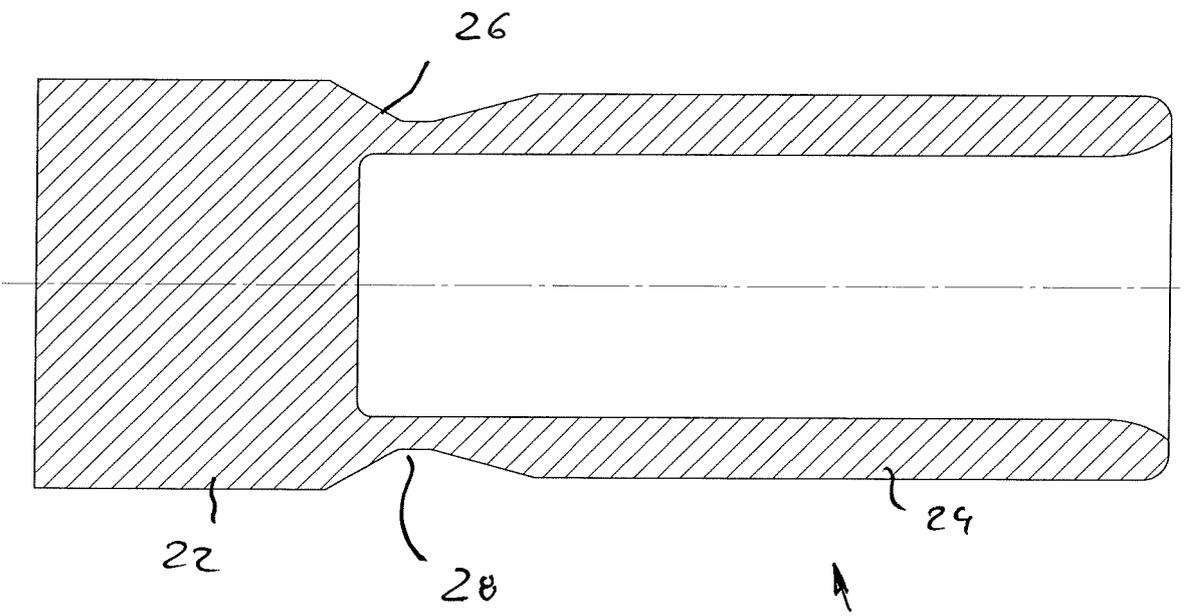
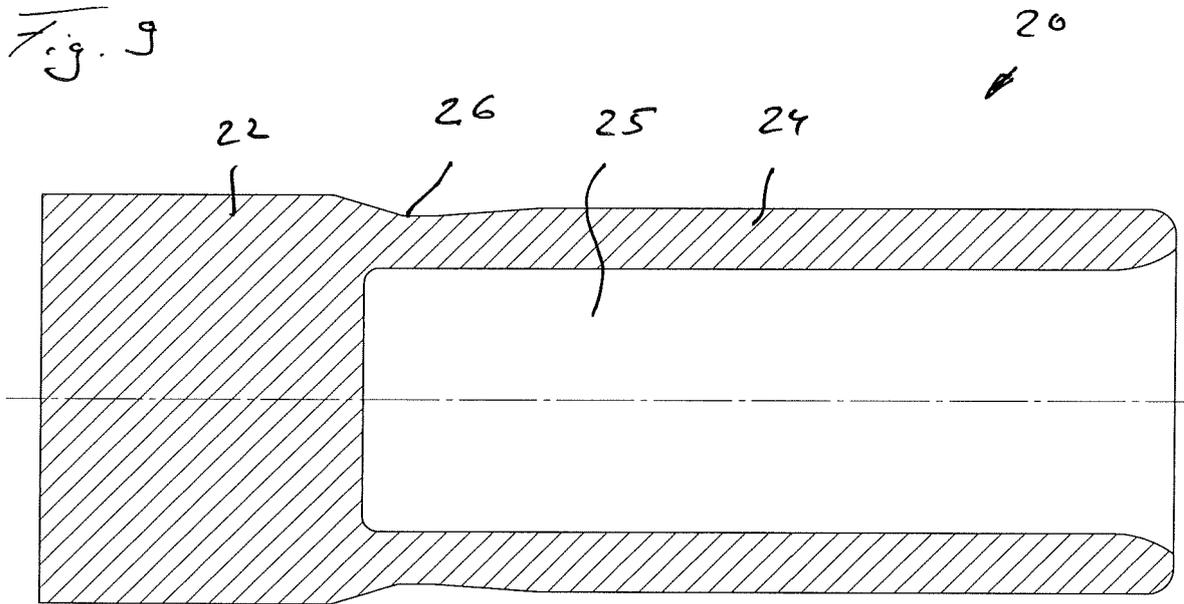


Fig. 10

Fig. 11

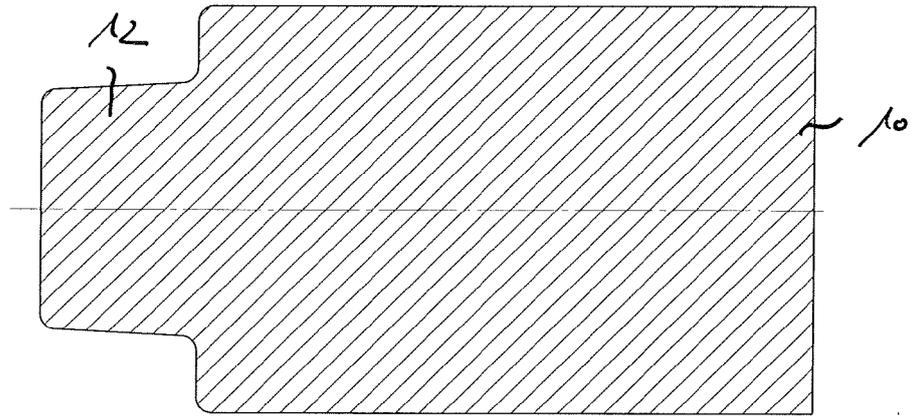


Fig. 12

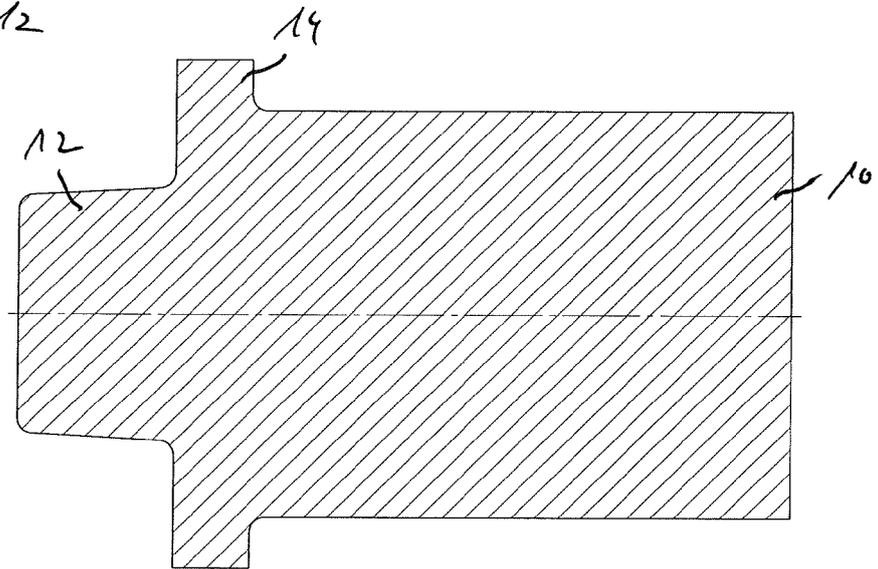
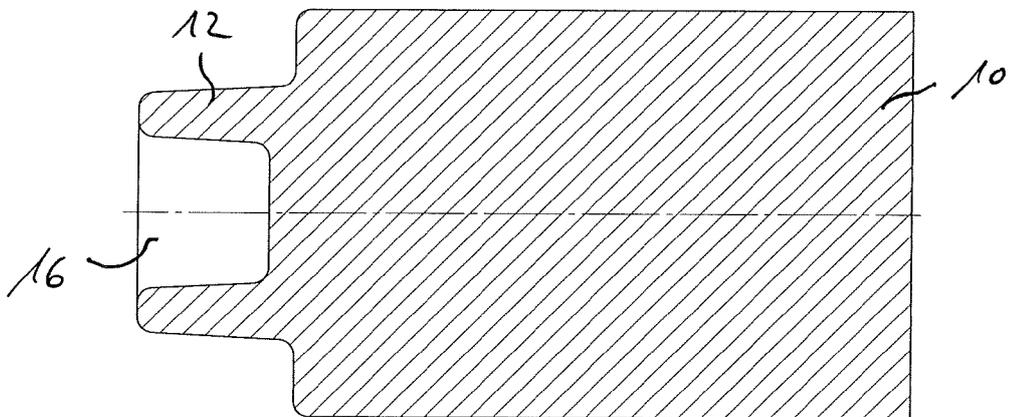


Fig. 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 18 1146

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 42 05 675 A1 (SCHWAGER ARIBERT PROF DR ING H [DE]; WEISSBACH UWE DR ING [DE] ET AL.) 26. August 1993 (1993-08-26)	1-3, 5-10,14	INV. B21D22/16 B21C23/20 B21K1/06 B21H1/20
Y	* Spalte 1, Zeile 54 - Spalte 2, Zeile 11; Anspruch 1; Abbildungen *	4,11-13	
Y	DE 42 05 676 A1 (SCHWAGER ARIBERT PROF DR ING H [DE] ET AL.) 26. August 1993 (1993-08-26) * Ansprüche; Abbildungen *	4	
Y	JP 2012 011432 A (TOYOTA MOTOR CORP) 19. Januar 2012 (2012-01-19) * Zusammenfassung; Abbildungen *	4	
Y	DE 25 17 971 A1 (LEIFELD & CO) 28. Oktober 1976 (1976-10-28) * Seite 4, Absatz 4 - Seite 5, Absatz 3; Ansprüche; Abbildungen *	11-13	
A	EP 3 106 240 A1 (FUNDACIÓN TECNALIA RES & INNOVATION [ES]; IND PUIGJANER S A [ES]) 21. Dezember 2016 (2016-12-21) * Absätze [0026], [0029], [0030]; Abbildung 4 *	1-14	
A	WO 2019/223908 A1 (FEDERAL MOGUL VALVETRAIN GMBH [DE]) 28. November 2019 (2019-11-28) * Ansprüche; Abbildungen *	1-14	B21D B21L B21C B21K B21H
A	DE 36 41 695 A1 (BLECHBEARBEITUNGSMASCHINENWERK [DD]) 30. Juli 1987 (1987-07-30) * Ansprüche; Abbildungen *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2021	Prüfer Knecht, Frank
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 Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 18 1146

5 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.

19-11-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4205675 A1	26-08-1993	KEINE	
DE 4205676 A1	26-08-1993	KEINE	
JP 2012011432 A	19-01-2012	JP 5625550 B2 JP 2012011432 A	19-11-2014 19-01-2012
DE 2517971 A1	28-10-1976	KEINE	
EP 3106240 A1	21-12-2016	EP 3106240 A1 WO 2016202551 A1	21-12-2016 22-12-2016
WO 2019223908 A1	28-11-2019	DE 102018112291 A1 EP 3762589 A1 WO 2019223908 A1	28-11-2019 13-01-2021 28-11-2019
DE 3641695 A1	30-07-1987	DD 245827 A1 DE 3641695 A1 GB 2187406 A JP S62234632 A	20-05-1987 30-07-1987 09-09-1987 14-10-1987

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005036681 A1 **[0003]**
- DE 102012005106 B4 **[0004]**
- DE 10304960 A1 **[0006]**