



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.03.2017 Patentblatt 2017/12**

(51) Int Cl.:  
**C22C 14/00 (2006.01) B21J 5/12 (2006.01)**  
**C22F 1/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **16185613.3**

(22) Anmeldetag: **25.08.2016**

(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:  
**MA MD**

(72) Erfinder:  
• **Janschek, Peter**  
**40593 Düsseldorf (DE)**  
• **Naumann, Tobias**  
**53115 Bonn (DE)**

(74) Vertreter: **Lindner Blaumeier**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Dr. Kurt-Schumacher-Str. 23**  
**90402 Nürnberg (DE)**

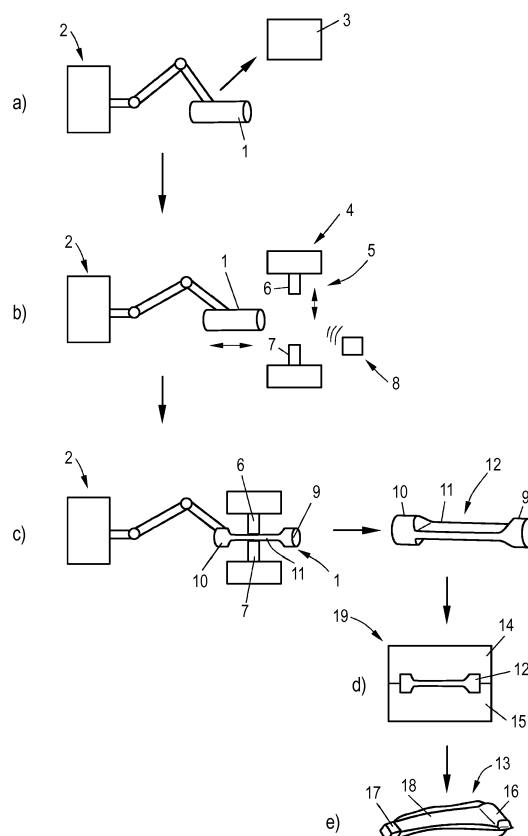
(30) Priorität: **17.09.2015 DE 102015115683**

(71) Anmelder: **LEISTRITZ Turbinentechnik GmbH**  
**42859 Remscheid (DE)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VORFORM AUS EINER ALPHA+GAMMA-TITANALUMINID-LEGIERUNG ZUR HERSTELLUNG EINES HOCHBELASTBAREN BAUTEILS FÜR KOLBENMASCHINEN UND GASTURBINEN, INSBESONDERE FLUGTRIEBWERKE**

(57) Verfahren zur Herstellung einer Vorform aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung zur Herstellung eines hochbelastbaren Bauteils für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, durch Schmieden eines Rohlings, wobei der in einem Manipulator (2) gehaltene und über den Manipulator (2) bewegte Rohling (1) durch Reckschmieden mittels eines Reckschmiedewerkzeugs (5) lediglich partiell umgeformt wird.

FIG. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vorform aus einer  $\alpha$ - $\gamma$ -Titanaluminid-Legierung zur Herstellung eines hochbelastbaren Bauteils für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, durch Schmieden eines Rohlings.

**[0002]** Legierungen auf TiAl-Basis gehören zur Gruppe der intermetallischen Werkstoffe, die für Anwendungen im Bereich der Einsatztemperaturen der Superlegierungen entwickelt wurden. Aufgrund ihrer geringen Dichte von etwa  $4\text{g/cm}^3$  bietet dieser Werkstoff ein erhebliches Potential zur Gewichtseinsparung sowie zur Reduzierung der Belastungen bewegter Bauteile, z. B. Schaufeln und Scheiben von Gasturbinen oder Bauteile von Kolbenmotoren, bei Temperaturen bis ca.  $700^\circ\text{C}$ . Stand der Technik ist das Feingießen von z. B. Turbinenschaufeln für Flugtriebwerke. Für Anwendungen mit größerer Belastung wie z. B. in schnelllaufenden Turbinen für neuartige Getriebefan-Flugtriebwerke sind die Eigenschaften des Gussgefüges nicht mehr ausreichend. Durch thermomechanische Behandlung mittels plastischer Umformung mit definiertem Umformgrad und nachfolgender Wärmebehandlung lassen sich die statischen und dynamischen Eigenschaften von TiAl-Legierungen auf die geforderten Werte steigern. Allerdings sind TiAl-Legierungen wegen ihres hohen Umformwiderstands nicht konventionell schmiedbar. Daher müssen die Umformprozesse bei hohen Temperaturen im Bereich des  $\alpha$ - $\gamma$ - oder  $\alpha$ -Phasengebiets in schützender Atmosphäre unter Verwendung von aus Molybdän gefertigten Werkzeugen bei sehr niedrigen Umformgeschwindigkeiten durchgeführt werden. Zum Erreichen der gewünschten Endgeometrie des Schmiedeteils sind dabei in der Regel mehrere aufeinanderfolgende Schmiedeschritte erforderlich.

**[0003]** Ein solches Verfahren zur Herstellung hochbelastbarer Bauteile aus  $\alpha$ - $\gamma$ -TiAl-Legierungen ist beispielsweise aus DE 101 50 674 B4 bekannt. Die Bauteile, insbesondere für Flugtriebwerke oder stationäre Gasturbinen, werden hier in einem zweistufigen Verfahren hergestellt. In einem ersten Verfahrensschritt wird eine Vorform aus einem aus  $\alpha$ - $\gamma$ -TiAl-Legierung bestehenden Rohling hergestellt. Hierzu wird ein gekapselter TiAl-Rohling globularen Gefüges durch isotherme Umformung im  $\alpha$ - $\gamma$ -Phasengebiet im Temperaturbereich von  $1000 - 1340^\circ\text{C}$  oder im  $\alpha$ -Phasengebiet im Temperaturbereich von  $1340 - 1360^\circ\text{C}$  durch Schmieden oder Strangpressen verformt. In einem zweiten, ebenfalls isothermen Sekundärumformprozess unter gleichzeitiger dynamischer Rekristallisation im  $\alpha$ - $\gamma$ - oder  $\alpha$ -Phasengebiet in einem Temperaturbereich von  $1000 - 1340^\circ\text{C}$  wird das Bauteil zur vorgegebenen Form durch Schmieden ausgeformt, wonach das Bauteil zur Einstellung des Mikrogefüges im  $\alpha$ -Phasengebiet lösungsgeglüht und anschließend schnell abgekühlt wird. Dieses Verfahren sieht also das isotherme Vorschmieden zur Herstellung der Vorform sowie das isotherme Fertigsmieden im

zweiten Verfahrensschritt vor. Das Ausbilden einer Vorform ist bei den dort beschriebenen Bauteilen, die über die Längsrichtung stark unterschiedliche Querschnitte aufweisen, wie z. B. Turbinenschaufeln oder Pleuel, im Hinblick auf die geforderte Volumenverteilung erforderlich.

**[0004]** Das Bilden der Vorform in dem isothermen Primärumformprozess ist jedoch sehr aufwändig. Die Umformung erfolgt mit extrem langsamer Umformgeschwindigkeit, es findet quasi ein Fließpressen statt. Dies bedingt, dass eine sehr große Presse, die eine Presskraft von  $400 - 500\text{ t}$  auf den Rohling ausüben kann, verwendet werden muss. Weiterhin findet die Umformung unter Verwendung von Molybdänwerkzeugen statt, was bedingt, die Umformung in inerter Atmosphäre, also unter Schutzgas, bzw. im Vakuum vorzunehmen. Schließlich sind relativ große Rohlinge, sogenannte Billets, zu verwenden, um ein hinreichendes Volumen zu haben, was jedoch dazu führt, dass sich an den Seiten der Vorform Grate oder Abschnitte ergeben, die anschließend abzutrennen und zu verwerfen sind.

**[0005]** Der Erfindung liegt damit das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Vorform anzugeben, das demgegenüber verbessert ist.

**[0006]** Zur Lösung dieses Problem ist bei einem Verfahren zur Herstellung einer Vorform der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass der in einem Manipulator gehaltene und über den Manipulator bewegte Rohling durch Reckschmieden mittels eines Reckschmiedewerkzeugs lediglich partiell umgeformt wird.

**[0007]** Die Erfindung sieht vor, die Vorform durch Reckschmieden eines Rohlings herzustellen. Beim Reckschmieden wird unter Verwendung generischer Werkzeuge durch mehrfaches Einwirken auf das Werkstück inkrementell die gewünschte Form erzeugt. Dieses Umformen findet partiell statt, das heißt, dass mittels des Reckschmiedewerkzeugs der Rohling nur lokal bearbeitet wird. Während dieses Mehrfachschiemdevorgangs wird ein Teil des Rohlingmaterials, das im Querschnitt die größte im späteren Fertigteil zu findende Fläche aufweist, partiell auf die im fertigen Bauteil an der entsprechenden Stelle zu findende Querschnittsfläche reduziert. Die Umformung findet derart statt, dass ein angetriebenes Werkzeug, ein sogenannter Sattel, eine Vielzahl von Hieben mit einem definierten Weg senkrecht zur Längsachse des Ausgangsmaterials ausübt, wobei der Rohling mittels des programmgesteuerten Manipulators zwischen zwei Hieben um einen definierten Weg in Längsrichtung des Werkstücks bewegt wird. Das Werkstück wird mittels des Manipulators zumindest einmal in eine Richtung durch das Reckschmiedewerkzeug bewegt und hierbei mit einer entsprechenden Hubanzahl bearbeitet. Sofern erforderlich kann auch eine Rückbewegung respektive eine mehrfache Wiederholung dieser Zyklen mit einer entsprechenden Anzahl von Hieben, gegebenenfalls auch mit unterschiedlicher Hubgröße, erfolgen.

**[0008]** Das Reckschmieden hat im Vergleich zur eingangs genannten, bisher durchgeführten Art und Weise der Vorformherstellung eine Reihe von Vorteilen. Zum einen kann eine deutlich kleinere Reckschmiede verwendet werden, verglichen mit den für die isotherme Umformung zu nutzenden Schmiedepressen. Denn beim Reckschmieden wird pro Schmiedevorgang, also pro Hub, aufgrund des kleineren umzuformenden Volumens weit weniger Kraft benötigt. Von daher ist eine Reckschmiede mit einer Schmiedekraft von z.B. 10 t völlig ausreichend, um die Umformung vorzunehmen. Verglichen mit bisher verwendeten, das isotherme Fließpressen ermöglichenden Vorrichtungen, die eine Presskraft von mehreren 100 t, z.B. von 400 - 500 t aufbringen müssen, ist folglich eine Reckschmiede mit einer Schmiedekraft von ca. 10 t wesentlich kleiner und einfacher konzipiert.

**[0009]** Auch kann der Schmiedevorgang mit besonderem Vorteil an Luft erfolgen, er muss nicht unter Schutzgas vorgenommen werden. Denn es besteht grundsätzlich die Möglichkeit, eine Reckschmiedewerkzeug z.B. aus einem keramischen Werkstoff zu verwenden, bevorzugt aus einem faserverstärkten keramischen Werkstoff, resultierend aus der deutlich geringeren Schmiedekraft.

**[0010]** Schließlich können auch kleinere Rohlinge respektive Billets verwendet werden, da eine partielle, gezielte und lokale Umformung durch das Reckschmieden möglich ist, ohne dass seitliche Grate oder sonstige abzutrennende Abschnitte an der Vorform gebildet werden.

**[0011]** Das Reckschmieden selbst erfolgt bevorzugt im  $\beta$ -Phasengebiet. Zweckmäßigerweise wird der Rohling während des Reckschmiedens auf einer Temperatur im Bereich von 1070 - 1300 °C gehalten.

**[0012]** Wie beschrieben wird bevorzugt ein Reckschmiedewerkzeug aus einem, vorzugsweise faserverstärkten, keramischen Werkstoff verwendet, das ohne Weiteres an Luft verwendet werden kann. Alternativ besteht natürlich grundsätzlich die Möglichkeit, auch ein Schmiedewerkzeug aus Molybdän zu verwenden, wobei dann jedoch das Schmieden unter Schutzgasatmosphäre erfolgen muss.

**[0013]** Der Rohling und das Reckschmiedewerkzeug selbst werden während des Reckschmiedens bevorzugt mittels einer Strahlungsheizeinrichtung erwärmt, wobei bevorzugt ein Infrarotstrahler verwendet wird. Alternativ kann der Rohling auch mittels über ihn fließenden elektrischen Stroms erwärmt werden. Hierüber kann eine gezielte Temperierung während des Schmiedevorgangs erfolgen.

**[0014]** Zweckmäßig ist es ferner, wenn der Rohling vor dem Einbringen in das Reckschmiedewerkzeug mittels eines Strahlungsheizers, induktiver Erwärmung oder mittels über den Rohling fließenden elektrischen Stroms erwärmt wird. Demgemäß wird also der Rohling schmiedeeextern bereits vorgewärmt. Dies kann ebenfalls unter Verwendung des Manipulators, der den Rohling bereits gegriffen hat, erfolgen. Beispielsweise befindet sich unmittelbar neben der Reckschmiede eine entsprechende

Beheizungseinrichtung, in die der Manipulator den Rohling bewegt, wo er erwärmt wird. Erreicht er seine Schmiedetemperatur, wird der Rohling über den Manipulator der Reckschmiede zugeführt und zwischen das Reckschmiedewerkzeug zum Schmieden bewegt.

**[0015]** Im Hinblick auf übliche Geometrien der aus dieser TiAl-Legierung herzustellenden Bauteile für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, die zumeist schaufelartig sind, wird der Rohling durch das Reckschmieden bevorzugt derart bearbeitet, dass die Längung größer als die Breitung ist. Über das Reckschmieden wird wie beschrieben der Rohling nur partiell umgeformt. Der zwischen den Sätteln geschmiedete Rohling wird während jedes Hubes umgeformt. Das Verhältnis der Länge des Werkzeugs respektive der Sättel in Längsrichtung des Rohlings, die sogenannte "Sattelbreite", zur aktuellen Breite des Rohlings bestimmt, ob die bevorzugte Umformung eher in die Länge (Längung) oder eher in die Breite (Breitung) des Rohlings erfolgt. Zur Bildung beispielsweise einer Schaufelvorform wird ein relativ kurzer, beispielsweise zylindrischer Rohling verwendet, der durch das Reckschmieden beispielsweise im mittleren Bereich zwar einerseits geringfügig verbreitert wird, bis die Mindestbreite, die die Schaufel in ihrer Endform aufweisen soll, zumindest näherungsweise erreicht ist. Insbesondere erfährt der Rohling aber eine Längung, damit der reckgeschmiedete Formabschnitt der Länge des Schaufelblattes entspricht. Während des Schmiedens wird das Material entsprechend umgeformt, also verdrängt, so dass ohne Weiteres die entsprechenden Breitungen und Längungen erreicht werden können. Die durch das Reckschmieden erzielte Längung sollte zwischen 50 - 100 % betragen, sie sollte wenigstens 70 % betragen.

**[0016]** Der Rohling wird gemäß einer Weiterbildung der Erfindung nur in einem mittleren Bereich durch Reckschmieden bearbeitet, so dass ein erster freier Endabschnitt und ein zweiter, im Manipulator gehaltener Endabschnitt anderer Geometrie oder anderen Durchmessers als der reckgeschmiedete Bereich verbleiben. Diese beiden Endabschnitte, aus denen am Fertigteil das Deckband und der Fuß geschmiedet werden, werden erst nach dem Reckschmieden, also im zweiten Fertigschmiedevorgang, in die Endform umgeformt. Denkbar ist es jedoch, während des Reckschmiedevorgangs auch den ersten freien Endabschnitt, der nicht im Manipulator aufgenommen ist, in einem geringeren Maß als den mittleren Bereich umzuformen, mithin also beispielsweise abzuflachen oder Ähnliches.

**[0017]** Besonders zweckmäßig ist es, wenn der Rohling mittels des Manipulators derart durch das Reckschmiedewerkzeug bewegt wird, dass die Werkzeugsättel einen in einem vorherigen Hub geschmiedeten Abschnitt z. B. zur Hälfte überschmieden. Das heißt, dass der Rohling mittels des Manipulators nach jedem Hub um die halbe Sattelbreite bewegt wird, so dass im nächsten Hub die Hälfte des zuvor geschmiedeten Bereichs ein zweites Mal überschmiedet wird. Über diesen sogenannten "Bißversatz" lässt sich der Umformgrad über

den Querschnitt des Bauteils einstellen und eine gleichmäßige Verteilung desselben erreichen.

**[0018]** Dabei kann der Rohling bei Bedarf mittels des Manipulators auch um seine Längsachse gedreht werden, um einen runden Querschnitt zu erzeugen respektive eine Torsion einzubringen und Ähnliches.

**[0019]** Es können Reckschmiedewerkzeuge unterschiedlicher Geometrie verwendet werden. Denkbar ist es, ein Reckschmiedewerkzeug mit Schmiedesätteln mit einer ebenen Schmiedefläche zu verwenden. Alternativ können auch Schmiedesättel mit einer konkav ausgerundeten Schmiedefläche verwendet werden. Über solche Schmiedesättel ist es möglich, dem geschmiedeten Bereich eine dem Schaufelblattquerschnitt genäherte gewölbte Form zu verleihen.

**[0020]** Schließlich ist es möglich, ein Reckschmiedewerkzeug zu verwenden, dessen Schmiedesättel eine dreidimensional tordierte Schmiedefläche aufweisen. Mit solchen Schmiedesätteln ist es möglich, eine definierte Torsion um die Vorformlängsachse einzuschmieden. Soll sich beispielsweise die fertiggeschmiedete Schaufel vom Fuß zum Deckband um 30° tordieren, so kann die dreidimensional tordierte Schmiedefläche eine Torsion um beispielsweise 3° aufweisen. Werden zehn in Längsrichtung aufeinanderfolgende Schmiedehübe durchgeführt, so addieren sich die jeweils über das Schmiedewerkzeug eingebrachten 3°-Umformungen, so dass sich im Endeffekt das Deckband relativ zum Fuß um 30° verdreht. Es kann also ein definierter Drall in dem überschmiedeten Bereich des Rohlings oder Werkstücks entstehen, resultierend aus dem Stofffluss in der Wirkfuge.

**[0021]** Als Legierung wird bevorzugt eine TiAl-Legierung folgender Zusammensetzung (in Atom%) verwendet:

40 - 48% Al,  
2 - 8% Nb,  
0,1 - 9% wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
0 - 0,5% B,

sowie einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

**[0022]** Über das oder die eingebrachten, die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elemente wird sichergestellt, dass der  $\beta$ -Phasenbereich im Schmiedetemperaturfenster stabilisiert ist.

**[0023]** Besonders bevorzugt werden als die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elemente Mo, V oder Ta oder eine Mischung davon verwendet.

**[0024]** Der Gehalt des die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements sollte 0,1 - 2 %, insbesondere 0,8 - 1,2 % betragen. Dies insbesondere, wenn Mo, V und/oder Ta verwendet werden, da diese eine besonders hohe stabilisierende Eigenschaft besitzen und daher deren Gehalt relativ niedrig gehalten werden kann.

**[0025]** Bevorzugt wird eine Legierung folgender Zusammensetzung verwendet:

41 - 47 % Al,  
1,5-7 % Nb,  
0,2 - 8 % wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
0 - 0,3 % B,

und einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

**[0026]** In weiterer Konkretisierung wird bevorzugt eine Legierung folgender Zusammensetzung verwendet:

42 - 46 % Al,  
2 - 6,5 % Nb,  
0,4 - 5 % wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
0 - 0,2 % B,

und einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

**[0027]** Besonders bevorzugt wird eine Legierung folgender Zusammensetzung verwendet:

42,8 - 44,2% Al,  
3,7 - 4,3% Nb,  
0,8 - 1,2% Mo,  
0,07 - 0,13% B,

sowie einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

**[0028]** Neben dem Verfahren betrifft die Erfindung eine Vorform, herstellt nach dem beschriebenen Verfahren.

**[0029]** Des Weiteren betrifft die Erfindung neben dem Verfahren zur Herstellung der Vorform ein Verfahren zur Herstellung eines hochbelastbaren Bauteils aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, das sich dadurch auszeichnet, dass eine nach dem Verfahren der zuvor beschriebenen Art hergestellte Vorform in einem einstufigen Umformschritt in eine vorgegebene Kontur umgeformt wird, wobei die Vorform im  $\beta$ -Phasenbereich isotherm mit einer logarithmischen Umformgeschwindigkeit von 0,01 - 0,5 1/s umgeformt wird.

**[0030]** Die erfindungsgemäß zuvor hergestellte Vorform wird in einem langsamen, isothermen Umformvorgang mit sehr niedriger Umformgeschwindigkeit umgeformt. Die Umformung erfolgt ebenfalls bei entsprechender Temperatur im  $\beta$ -Phasenbereich. Bei der Umformung werden die in der kubisch-raumzentrierten  $\beta$ -Phase existierenden zwölf Gleitebenen aktiviert und eine dynamische Rekristallisation angestoßen. Durch stetig weiter zugeführte Umformenergie wird diese über den gesamten Umformweg aufrechterhalten. Hierbei entsteht bei niedrigerer Fließspannung ein feinkörniges Mikroge-

füge. Da die Vorform durch das Reckschmieden bereits relativ endkonturnah ausgeschmiedet wurde, kann dieser zweite Schmiedevorgang trotz der geringen Umformgeschwindigkeit von  $10^{-3} \text{ s}^{-1}$  bis  $10^{-1} \text{ s}^{-1}$  hinreichend zügig erfolgen.

**[0031]** Die Umformtemperatur im  $\beta$ -Phasenbereich beträgt bevorzugt  $1070 - 1250^\circ \text{C}$ . Bei diesem isothermen Umformvorgang wird ein Werkzeug aus einem höchstwarmfesten Werkstoff verwendet, vorzugsweise aus einer Mo-Legierung, wobei die Werkzeuge in diesem Fall während des Umformvorgangs durch eine inerte Atmosphäre geschützt sind, es wird also unter Schutzgas gearbeitet. Alternativ kann auch die Oxidation durch Arbeiten im Vakuum vermieden werden.

**[0032]** Weiterhin ist es zweckmäßig, die zur Umformung verwendeten Werkzeuge aktiv zu beheizen, wobei diese Beheizung bevorzugt induktiv erfolgt.

**[0033]** Auch die Vorform wird zweckmäßigerweise bereits vor der Umformung erwärmt, was in einem Ofen, induktiv oder durch Widerstandsbeheizung, erfolgen kann.

**[0034]** Nach Durchführung dieses zweiten, isothermen Schmiedevorgangs wird zweckmäßigerweise eine Wärmebehandlung des umgeformten Bauteils durchgeführt, um die geforderten Gebrauchseigenschaften einzustellen und hierfür die für die Umformung günstige  $\beta$ -Phase durch eine geeignete Wärmebehandlung in ein feinlamellares  $\alpha+\gamma$ -Gefüge umzuwandeln. Hierzu kann die Wärmebehandlung eine Rekristallisationsglühung bei einer Temperatur von  $1230 - 1270^\circ \text{C}$  umfassen. Die Haltezeit während der Rekristallisationsglühung beträgt bevorzugt  $50 - 100 \text{ min}$ . Die Rekristallisationsglühung erfolgt im Bereich der  $\gamma$ - $\alpha$ -Umwandlungstemperatur. Wird, wie erfindungsgemäß ferner vorgesehen ist, nach der Rekristallisationsglühung das Bauteil auf eine Temperatur von  $900 - 950^\circ \text{C}$  in  $120 \text{ s}$  oder schneller abgekühlt, so kommt es zur Bildung kleinerer Lamellenabstände der  $\alpha+\gamma$ -Phase.

**[0035]** Bevorzugt schließt sich ein zweiter Wärmebehandlungsschritt an, in dem das Bauteil zunächst auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend auf eine Stabilisierungs- oder Entspannungstemperatur von  $850 - 950^\circ$  erwärmt wird. Alternativ kann auch direkt von der nach der Rekristallisationsglühung schnell erreichten Temperatur von  $900 - 950^\circ \text{C}$  (wie zuvor beschrieben) auf die Stabilisierungs- und Entspannungstemperatur von  $850 - 950^\circ \text{C}$  gegangen werden. Die bevorzugte Haltezeit auf der Stabilisierungs- und Entspannungstemperatur, unabhängig, wie diese erreicht wurde, beträgt bevorzugt  $300 - 360 \text{ min}$ .

**[0036]** Nach Ablauf der Haltezeit wird bevorzugt mit einer definierten Abkühlrate die Bauteiltemperatur auf eine Temperatur unterhalb  $300^\circ \text{C}$  reduziert. Die Abkühlrate beträgt bevorzugt  $0,5 - 2 \text{ K/min}$ , das heißt, die Abkühlung erfolgt relativ langsam, was zur Stabilisierung und Entspannung des Gefüges dient. Bevorzugt beträgt die Abkühlrate  $1,5 \text{ K/min}$ .

**[0037]** Die jeweilige Abkühlung kann in einer Flüssig-

keit, z. B. in Öl, oder in Luft oder einem Inertgas erfolgen.

**[0038]** Neben dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung des Bauteils betrifft die Erfindung ferner ein Bauteil aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung, insbesondere für eine Kolbenmaschine, ein Flugtriebwerk oder eine Gasturbine, das in einem Verfahren der beschriebenen Art hergestellt ist. Ein solches Bauteil kann beispielsweise eine Schaufel oder eine Scheibe einer Gasturbine oder Ähnliches sein.

**[0039]** Weitere Vorteile und Merkmale der Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Vorform sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Fertigbauteils, und

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung des Rohlings vor und beim Reckschmieden, der Vorform und des fertiggeschmiedeten Bauteils.

Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vorform- und zur Fertigteilherstellung. Gezeigt ist ein Rohling 1 in zylindrischer Form. Dieser besteht aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung einer Zusammensetzung, wie sie vorstehend angegeben ist. Insbesondere enthält die TiAl-Legierung ein die  $\beta$ -Phase stabilisierendes Element, vorzugsweise Mo, V oder Ta, da die nachfolgenden Umformvorgänge im  $\beta$ -Phasenbereich der TiAl-Legierung erfolgen.

Der Rohling 1 ist, siehe den Schritt a), in einem programmgesteuerten Manipulator 2 respektive Roboter fixiert. Im Schritt a) wird er zunächst einer ersten Heizeinrichtung 3 zugeführt, bei der es sich um einen Infrarot-Heizstrahler, einen Ofen oder eine elektrische Heizeinrichtung handeln kann. In dieser Heizeinrichtung 3 wird der Rohling 1 auf eine Temperatur im Bereich von  $1070 - 1330^\circ \text{C}$  aufgeheizt, mithin also eine Temperatur, in der sich eine  $\beta$ -Phase im Legierungsgefüge ausbildet.

Nach Erreichen dieser Temperatur, siehe Schritt b), wird der Rohling 1 mittels des Manipulators 2 in eine benachbart zur Heizeinrichtung 3 angeordnete Reckschmiede 4 bewegt. Diese Reckschmiede 4 weist ein Schmiedewerkzeug 5 umfassend einen beweglichen Schmiedesattel 6 sowie einen feststehenden Schmiedesattel 7 auf. Die Schmiedesättel 6, 7 sind bevorzugt aus einem keramischen, insbesondere faserverstärkten, Werkstoff, so dass ein Reckschmieden an Luft möglich ist. Die Reckschmiede 4 ist beispielsweise für eine Schmiedekraft von  $10 \text{ t}$  ausgelegt.

Der Reckschmiede 4 ist eine Heizeinrichtung 8 zugeordnet, vorzugsweise ein Infrarotstrahler, mittels dem es möglich ist, den zwischen den Schmiedesätteln 6, 7 befindlichen Rohling 1 wie auch die Schmiedesättel

6, 7 selbst während des Schmiedevorgangs zu erwärmen, so dass insbesondere der Rohling auf der entsprechenden Schmiedetemperatur gehalten wird.

**[0044]** Während des Schmiedevorgangs wird der Rohling 1, wie durch den horizontalen Doppelpfeil dargestellt ist, in intermittierenden Schritten durch das Schmiedewerkzeug 5 bewegt. Hierbei wird der Schmiedesattel 6 in einzelnen Hieben angehoben und zum Schmieden auf den Rohling 1 abgesenkt, der Rohling wird zwischen den Schmiedesätteln 6, 7 umgeformt. Zwischen jeweils zwei Hieben wird der Rohling 1 über den Manipulator 2 um ein inkrementelles Stück verschoben. Die Verschiebung erfolgt beispielsweise um die halbe Breite der gleichbreit ausgelegten Schmiedesättel 6, 7, so dass mit jedem Hub der Rohling 1 in dem halben, zuvor geschmiedeten Bereich nochmals überschmiedet wird.

**[0045]** Mittels des Manipulators 2 wird der Rohling 1 zumindest einmal in einer Richtung durch die Reckschmiede 4 bewegt. Sofern erforderlich wird er in die entgegengesetzte Richtung zur Durchführung eines weiteren Schmiedezyklus bewegt. Während dieser Bewegung kann der Rohling 1 auch, sofern erforderlich, um seine Längsachse gedreht werden, um eine Torsion oder Rundungen einzuschmieden etc.

**[0046]** Die verwendeten Schmiedesättel 6, 7 können eine ebene Schmiedefläche oder eine dreidimensional verformte Schmiedefläche, beispielsweise konkav ausgebildete Schmiedeflächen oder dreidimensional tordierte Schmiedeflächen aufweisen, um gezielte Geometrien einzuschmieden.

**[0047]** Der Schritt c) zeigt exemplarisch die Situation während des Schmiedevorgangs. Der Rohling 1 ist zwischen den beiden Schmiedesätteln 6, 7 aufgenommen, wobei die Schmiedesättel exemplarisch zugefahren sind. Ersichtlich wird der Rohling 1 nur partiell umgeformt, das heißt, dass ein erster freier Endabschnitt 9 und ein zweiter, im Manipulator 2 bzw. der Manipulatorzange gehaltener zweiter Endabschnitt 10 stehenbleibt, zwischen denen sich der reckgeschmiedete Bereich 11 erstreckt. Diese Endabschnitte 9, 10 dienen zur Bildung des Deckbandes und des Fußes einer später herzustellenden Schaufel, worauf nachfolgend noch eingegangen wird.

**[0048]** Dem Schritt c) folgend ist exemplarisch vergrößert der fertiggeschmiedete Rohling, also die reckgeschmiedete Vorform 12 gezeigt. Dargestellt sind die beiden Endabschnitte 9, 10 sowie der flachgeschmiedete mittlere Bereich 11, aus dem im nachfolgenden zweiten Umformschritt der Schaufelbereich geformt wird. Dieser Bereich 11 ist durch das Reckschmieden bereits in seinen mechanischen Eigenschaften umformbedingt verändert, er weist aufgrund der Mehrfachschmiedung eine sehr feine Gefügestruktur auf, etwaige Poren sind zwangsläufig geschlossen. Dies ist für die mechanischen Eigenschaften respektive auch den Umformvorgang zur Herstellung des Fertigbauteils zweckmäßig.

**[0049]** Diese Vorform 12 wird nun zur Herstellung eines Fertigbauteils 13 in Form einer Turbinenschaufel in

einem zweiten isothermen Umformschritt weiterbearbeitet. Dies ist im Schritt d) gezeigt, wo die - gegebenenfalls vorher nochmals auf die Schmiedetemperatur in einer nicht gezeigten Heizeinrichtung erwärmte - Vorform 12 in eine formgebende zweite Schmiede 19 mit einem Oberteil 14 und einem Unterteil 15 eingebracht ist. Hier findet ein isothermer Schmiedevorgang statt, bei dem das Ober- und Unterteil 14, 15 erwärmt werden. Die Schmiedetemperatur beträgt auch hier zwischen 1070 - 1250°, die Umformung erfolgt im  $\beta$ -Phasenbereich.

**[0050]** Die Umformung erfolgt hier jedoch isotherm mit einer sehr langsamen Umformgeschwindigkeit, die logarithmische Umformgeschwindigkeit liegt im Bereich von 0,01 - 0,5 1/s. Es findet also quasi ein Fließpressen statt. Die hier verwendeten Werkzeuge respektive Formteile 14, 15 sind aus einer Mo-Legierung, weshalb die Umformung in einer Schutzgasatmosphäre erfolgt. Die Umformwerkzeuge werden aktiv beheizt, bevorzugt induktiv.

**[0051]** Das fertige Bauteil ist im Schritt e) gezeigt, wobei dies eine reine Prinzipdarstellung ist. Das Bauteil 13 ist eine Turbinenschaufel mit einem Deckband 16 und einem Fuß 17, wie hinlänglich bekannt. Der mittlere Bereich 18, also der eigentliche Schaufelbereich ist in an sich bekannter Weise entsprechend gewölbt respektive tordiert.

**[0052]** An den im Schritt d) gezeigten sekundären Umformvorgang schließt sich nun eine Wärmebehandlung des umgeformten Bauteils 13 an, beispielsweise eine Rekristallisationsglühung bei einer Temperatur von 1230 - 1270°, mit einer Haltezeit zwischen 50 - 100 min, wonach das Bauteil auf eine Temperatur im Bereich von 900 - 950° relativ schnell abgekühlt wird. Hieran schließt sich eine Stabilisierungs- und Entspannungsglühung bei einer Temperatur im Bereich von 850 - 950° an, wozu das Bauteil entweder nochmals erwärmt werden kann, oder die vorherige Abkühlung findet bereits auf diesem Temperaturbereich statt. Die Haltezeit hier beträgt ca. 300 - 360 min, wonach das Bauteil endgültig auf eine Temperatur unter 300 °C mit einer Abkühlrate im Bereich von 0,5 - 2 K/min abgekühlt wird.

**[0053]** Fig. 2 zeigt in einer vergrößerten Prinzipdarstellung den Rohling, die Vorform und das fertiggeschmiedete Bauteil. Im Figurenteil a) ist der zylindrische Rohling direkt nach dem Einbringen in die Reckschmiede gezeigt, die beiden Schmiedesättel beginnen die Umformarbeit.

**[0054]** Im Figurenteil b) ist der bereits teilumgeformte Rohling gezeigt. Wie dargestellt ist das Verhältnis von Satteltbreite (gesehen in Längsrichtung des Rohlings) zur Rohlingbreite so gewählt, dass es primär zu einer Längung und nur zu einer unwesentlichen Breitung kommt.

**[0055]** Der Figurenteil c) zeigt die fertig reckgeschmiedete Vorform 12 mit den Endabschnitten 9, 10 und dem umgeformten Bereich 11. Ersichtlich ist die Vorform deutlich länger als der Rohling in Ausgangszustand.

**[0056]** Diese Vorform wird sodann in der zweiten Schmiede 19 endkonturnah isotherm durch Fließpressen geschmiedet. Es zeigt sich die aus dem Bereich 11

ausgeschmiedete Turbinenschaufel 18 mit dem Schaufelblatt und dem Deckband 16 und dem Fuß 17, die beide aus den Endabschnitten 9, 10 geschmiedet wurden. Lediglich randseitig sind noch abzutrennende Grate gegeben.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vorform aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung zur Herstellung eines hochbelastbaren Bauteils für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, durch Schmieden eines Rohlings, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in einem Manipulator (2) gehaltene und über den Manipulator (2) bewegte Rohling (1) durch Reckschmieden mittels eines Reckschmiedewerkzeugs (5) lediglich partiell umgeformt wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Reckschmieden im  $\beta$ -Phasengebiet erfolgt. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) während des Reckschmiedens eine Temperatur im Bereich von 1070 - 1300 °C aufweist. 25
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Reckschmiedewerkzeug (5) aus einem keramischen Werkstoff, insbesondere aus einem faserverstärkten keramischen Werkstoff, verwendet werden. 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Reckschmiedewerkzeuge (5) aus Molybdän verwendet werden und das Reckschmieden unter einer Schutzgasatmosphäre oder im Vakuum erfolgt. 35
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) und das Reckschmiedewerkzeug (5) während des Reckschmiedens mittels eines Strahlungsheizeinrichtung (8), oder dass der Rohling (1) mittels über den Rohling (1) fließenden elektrischen Stroms erwärmt wird, und/oder dass der Rohling (1) vor dem Einbringen in das Reckschmiedewerkzeug (5) mittels einer Heizeinrichtung (3), insbesondere eines Strahlungsheizers, oder mittels über den Rohling (1) fließenden elektrischen Stroms oder induktiv erwärmt wird. 40
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) durch das Reckschmieden derart bearbeitet wird, dass die Längung größer als die Breite ist. 50

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch das Reckschmieden erzielte Längung zwischen 50 - 100 % beträgt. 5
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) nur in einem mittleren Bereich (11) durch Reckschmieden bearbeitet wird, so dass ein erster freier Endabschnitt (9) und ein zweiter, im Manipulator (2) gehaltener Endabschnitt (10) anderer Geometrie oder anderen Durchmessers als der reckgeschmiedete Bereich (11) verbleiben. 10
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Reckschmiedevorgangs auch der erste freie Endabschnitt (9) durch das Reckschmieden umgeformt wird, jedoch in einem geringeren Maß als der mittlere Bereich (11). 15
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) mittels des Manipulators (2) derart durch das Reckschmiedewerkzeug (5) bewegt wird, dass die Werkzeugsättel (6, 7) einen in einem vorherigen Hub geschmiedeten Abschnitt, vorzugsweise zur Hälfte, überschmieden. 20
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rohling (1) mittels des Manipulators (2) um seine Längsachse gedreht wird. 25
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Reckschmiedewerkzeug (5) mit Schmiedesätteln (6, 7) mit einer ebenen Schmiedefläche verwendet wird, oder dass ein Reckschmiedewerkzeug (5) mit Schmiedesätteln (6, 7) mit einer konkav ausgerundeten Schmiedefläche verwendet wird, oder dass ein Reckschmiedewerkzeug (5) mit Schmiedesätteln (6, 7) mit einer dreidimensional tordierten Schmiedefläche verwendet wird. 30
14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Legierung eine TiAl-Legierung folgender Zusammensetzung verwendet wird (in Atom%): 35
 

40 - 48% Al,  
 2 - 8% Nb,  
 0,1 - 9% wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
 0-0,5% B,

sowie einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** als die  $\beta$ -Phase stabilisierende Element nur Mo, V, Ta oder eine Mischung davon in der Legierung vorliegt.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt des die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements 0,1 - 2 %, insbesondere 0,8 - 1,2 % beträgt.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine TiAl-Legierung folgender Zusammensetzung verwendet wird:
- 41 - 47 % Al,  
1,5-7 % Nb,  
0,2 - 8 % wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
0 - 0,3 % B,
- und einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine TiAl-Legierung folgender Zusammensetzung verwendet wird:
- 42 - 46 % Al,  
2 - 6,5 % Nb,  
0,4 - 5 % wenigstens eines die  $\beta$ -Phase stabilisierenden Elements, gewählt aus Mo, V, Ta, Cr, Mn, Ni, Cu, Fe, Si,  
0 - 0,2 % B,
- und einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Legierung folgender Zusammensetzung verwendet wird:
- 42,8 - 44,2% Al,  
3,7 - 4,3% Nb,  
0,8 - 1,2% Mo,  
0,07 - 0,13% B,
- sowie einem Rest aus Ti und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.
20. Vorform, hergestellt nach einem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche.
21. Verfahren zur Herstellung eines hochbelastbaren Bauteils aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung für Kolbenmaschinen und Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 hergestellte Vorform (12) in einem einstufigen Umformschritt in eine vorgegebene Kontur umgeformt wird, wobei die Vorform im  $\beta$ -Phasenbereich isotherm mit einer logarithmischen Umformgeschwindigkeit von 0,01 - 0,5 1/s umgeformt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformtemperatur im  $\beta$ -Phasenbereich 1070 - 1250 °C beträgt.
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** Werkzeuge (14, 15) aus einer Mo-Legierung verwendet werden.
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkzeuge (14, 15) während des Umformvorgangs durch eine inerte Atmosphäre geschützt sind, oder dass im Vakuum gearbeitet wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur Umformung verwendeten Werkzeuge (14, 15) aktiv beheizt werden.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorform (12) in einem Ofen, induktiv oder durch Widerstandsbeheizung vor der Umformung erwärmt wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umformung eine Wärmebehandlung des umgeformten Bauteils (13) folgt.
28. Verfahren nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung eine Rekristallisationsglühung bei einer Temperatur von 1230 - 1270 °C umfasst, wobei die Haltezeit während der Rekristallisationsglühung 50 - 100 min beträgt, wobei nach der Rekristallisationsglühung das Bauteil (13) auf eine Temperatur von 900 - 950 °C in 120s oder schneller abgekühlt wird.
29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil (13) anschließend auf Raumtemperatur abgekühlt wird und anschließend auf eine Stabilisierungs- und Entspannungstemperatur von 850 - 950 °C erwärmt wird, oder dass das Bauteil ohne vorherige Abkühlung auf einer Stabilisierungs- und Entspannungstemperatur von 850 - 950 °C gehalten wird, wobei die Haltezeit auf der Stabilisierungs- und Entspannungstemperatur 300 - 360 min beträgt, wobei vorzugsweise anschließend eine Abkühlung des Bauteils (13) auf eine Temperatur unter 300 °C mit einer Abkühlrate von 0,5 - 2 K/min, insbesondere 1,5 K/min erfolgt.
30. Bauteil aus einer  $\alpha+\gamma$ -Titanaluminid-Legierung, ins-



besondere für eine Kolbenmaschine, ein Flugtriebwerk oder eine Gasturbine, hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

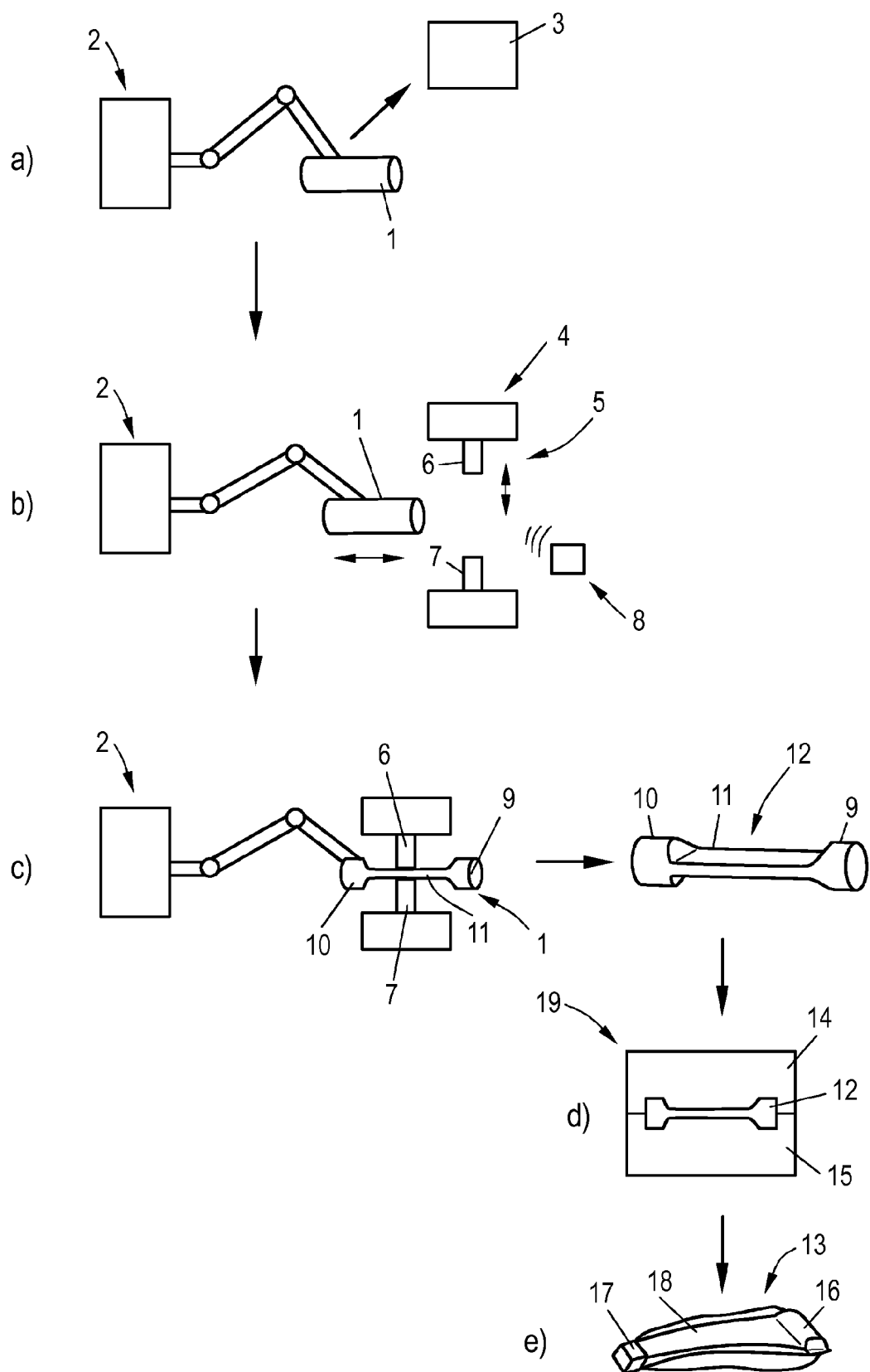
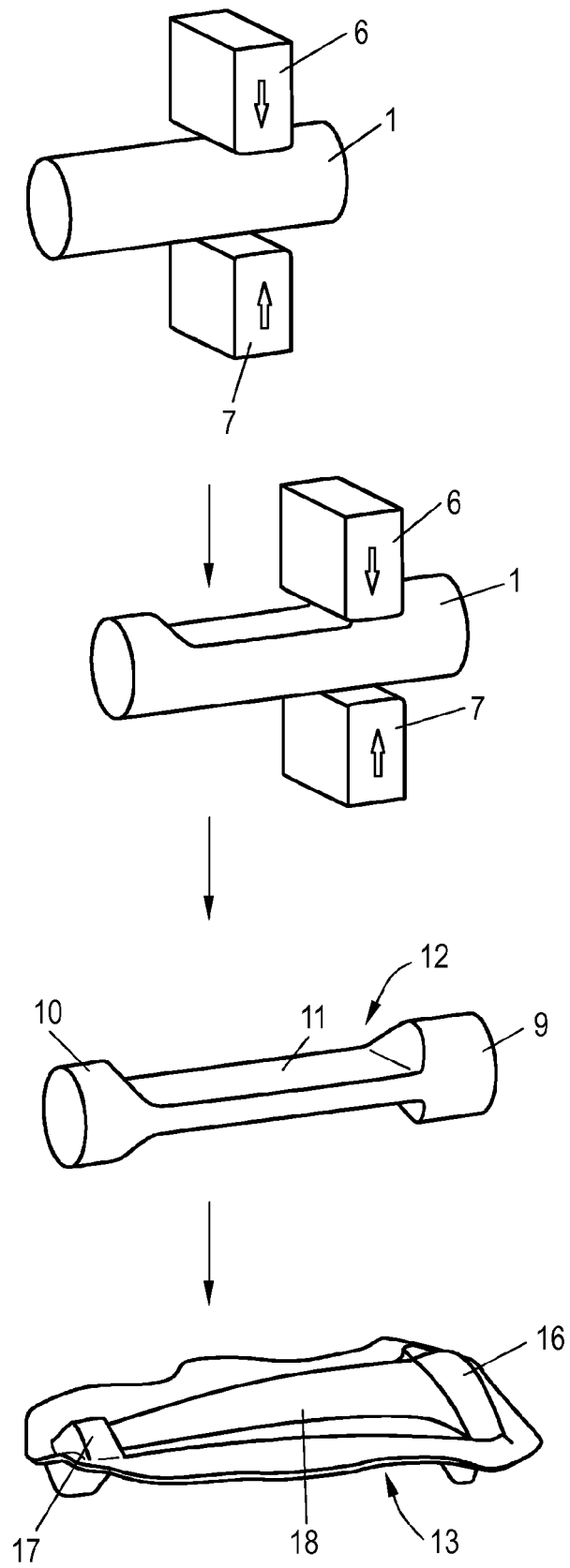


FIG. 2





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 16 18 5613

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)
A	US 4 292 077 A (BLACKBURN MARTIN J ET AL) 29. September 1981 (1981-09-29) -----	1-30	INV. C22C14/00 B21J5/12 C22F1/18
X,D	DE 101 50 674 B4 (THYSSEN KRUPP AUTOMOTIVE AG [DE]; ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 7. Februar 2008 (2008-02-07) * das ganze Dokument *	20,30	
A	----- WO 02/48420 A2 (ROLLS-ROYCE DEUT LTD & CO KG) 20. Juni 2002 (2002-06-20) * das ganze Dokument *	1-19, 21-29	
X	----- WO 02/48420 A2 (ROLLS-ROYCE DEUT LTD & CO KG) 20. Juni 2002 (2002-06-20) * das ganze Dokument *	20,30	
A	-----	1-19, 21-29	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C22C B21J C22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>11. Oktober 2016</b>	Prüfer <b>Brown, Andrew</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres 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 03.82 (P04C03)

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

EP 16 18 5613

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.

11-10-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 4292077	A	29-09-1981	DE	3024641 A1	19-02-1981
				FR	2462484 A1	13-02-1981
				GB	2060693 A	07-05-1981
15				JP	S5620138 A	25-02-1981
				JP	S6339651 B2	05-08-1988
				US	4292077 A	29-09-1981
	-----					
	DE 10150674	B4	07-02-2008	KEINE		
20	-----					
	WO 0248420	A2	20-06-2002	AT	383454 T	15-01-2008
				AU	2185902 A	24-06-2002
				EP	1341945 A2	10-09-2003
				JP	4259863 B2	30-04-2009
				JP	2004538361 A	24-12-2004
25				US	2004094248 A1	20-05-2004
				WO	0248420 A2	20-06-2002
	-----					
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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 10150674 B4 [0003]