

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 574 727 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.08.1998 Patentblatt 1998/35

(51) Int. Cl.⁶: **B22F 5/04**, B22F 7/06,
F01D 5/28

(21) Anmeldenummer: **93108243.2**

(22) Anmeldetag: **21.05.1993**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines hochtemperatur-festen Bauteils aus zwei unterschiedlichen Werkstoffen**

Method for the production of a high temperature-resistant element from two different materials

Méthode de production d'un élément réfractaire à partir de deux matériaux différents

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(30) Priorität: **13.06.1992 DE 4219469**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.12.1993 Patentblatt 1993/51

(73) Patentinhaber:
Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Ernst, Peter, Dr.**
CH-8172 Niederglatt (CH)
• **Thumann, Manfred, Dr.**
CH-5400 Ennetbaden (CH)

• **Tönnies, Christoph**
CH-5413 Birmenstorf (CH)

(74) Vertreter:
Kaiser, Helmut, Dr. et al
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699
5401 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 073 651 **EP-A- 0 513 407**
FR-A- 1 052 893 **FR-A- 2 317 502**
US-A- 2 431 660 **US-A- 4 529 452**
US-A- 4 787 821 **US-A- 4 825 522**
US-A- 4 851 053 **US-A- 5 098 484**
US-A- 5 113 583

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 574 727 B1

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Bauteil für hohe Temperaturen, insbesondere von einer Turbinenschaufel, gemäss dem einleitenden Teil von Patentanspruch 1.

STAND DER TECHNIK

Ein solches Bauteil und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauteils sind in DE 28 13 892 A1 beschrieben. Das beschriebene Bauteil ist als Turbinenlaufrad ausgebildet, welches durch Heisspressen von Metallpulvern mit unterschiedlichen Teilchenstrukturen und unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen hergestellt worden ist. Bei diesem Turbinenlaufrad wurde als Ausgangsmaterial für die Schaufeln mechanisch vorbehandeltes Pulver einer Nickelbasis-Superlegierung, wie beispielsweise der Legierung IN 792, mit Teilchen in Form abgeplatteter Kügelchen verwendet. Als Ausgangsmaterial für die Laufradscheibe wurde ein mechanisch nicht vorbehandeltes Pulver einer anderen Nickelbasis-Superlegierung, wie beispielsweise der Legierung IN 100, mit kugelförmigen Teilchen verwendet. Aufgrund der Struktur und der chemischen Zusammensetzung der Ausgangspulver zeichnen sich die Schaufeln durch eine gute Korrosionsbeständigkeit bei hohen Temperaturen aus und weist die Laufradscheibe eine hohe Zugfestigkeit und eine gute Ermüdungsbeständigkeit auf. Als Ausgangsmaterialien für das Turbinenlaufrad sind jedoch nur Legierungen geeignet, die wie die einander sehr verwandten Nickelbasis-Superlegierungen ohne Veränderung ihrer Gefüge und damit ihrer Eigenschaften den hohen Temperaturen beim heissisostatischen Pressen ausgesetzt werden können. Daher können bei der Herstellung dieses Turbinenlaufrades keine Legierungen verwendet werden, die zwar je für sich hervorragende Eigenschaften für unterschiedliche Aufgaben aufweisen, welche aber nur bei erheblich voneinander abweichenden Temperaturen heissverdichtet werden können.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen 1 und 5 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil, insbesondere eine Turbinenschaufel, der eingangs genannten Art anzugeben, welche sich bei Einsatz in einer bei hohen Temperaturen betriebenen Vorrichtung, wie insbesondere einer Gasturbine, durch eine hohe Lebensdauer auszeichnet, und gleichzeitig einen Weg zu weisen, der es ermöglicht, ein solches Bauteil in einfacher und für eine Massenfertigung geeigneten Weise herzustellen.

Das Bauteil nach der Erfindung zeichnet sich gegenüber vergleichbaren Bauteilen nach dem Stand

der Technik durch eine hohe Lebensdauer aus. Dies ist zum einen dadurch bedingt, dass unterschiedlich beanspruchte Teile des Bauteils aus unterschiedlich spezifizierten Legierungen bestehen, welche an die unterschiedlichen Beanspruchungen der Teile des Bauteils angepasst sind. Zum anderen sind diese Legierungen so ausgewählt, dass sie beim Heissverdichten zu einem bimetalischen Verbundwerkstoff eine Grenzschicht hoher Festigkeit bilden. Das Bauteil nach der Erfindung kann daher mit grosser Sicherheit hohe thermische und mechanische Belastungen aufnehmen, wie sie etwa bei Betrieb einer Gasturbine oder eines Verdichters eines Turboladers auftreten.

Das zur Herstellung der erfindungsgemässen Bauteile verwendete Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das Heissverdichten bei Temperaturen ausgeführt wird, bei denen die für die angestrebten physikalischen oder chemischen Eigenschaften erwünschten Gefüge der Legierungen auch dann mit grosser Sicherheit vorliegen, wenn die die Ausgangspulver bildenden Legierungen stark voneinander abweichende chemische Zusammensetzungen aufweisen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung und die damit erzielbaren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigt:

Fig.1 eine Aufsicht auf einen in Längsrichtung geführten Schnitt durch eine erste Variante eines als Turbinenschaufel ausgeführten erfindungsgemässen Bauteils nach Beendigung eines beim Herstellverfahren ausgeführten heiss-isostatischen Pressvorganges,

Fig.2 eine Aufsicht auf einen in Längsrichtung geführten Schnitt durch eine zweite Variante eines als Turbinenschaufel ausgeführten erfindungsgemässen Bauteils nach Beendigung eines beim Herstellen ausgeführten heiss-isostatischen Pressvorganges, und

Fig.3 ein Schliffbild des umrandet angegebenen Bereichs der zweiten Variante des erfindungsgemässen Bauteils.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die in den Figuren 1 und 2 dargestellten und jeweils als Turbinenschaufel 1 ausgebildeten Bauteile enthalten jeweils ein langgestrecktes Schaufelblatt 2 und einen an einem Ende des Schaufelblattes 2 angeformten Schaufelfuss 3. Mit dem Bezugszeichen 4 ist eine Presskante bezeichnet. Diese Presskante umschliesst bei der Ausführungsform gemäss Fig.1 den Schaufelfuss 3 und weist eine vom Schaufelblatt 2 ausgefüllte Öffnung 5 auf, welche vorzugsweise durch Anschweis-

sen oder Anlöten der Presskanne 4 an das Schaufelblatt 2 gasdicht abgeschlossen ist. Bei der Ausführungsform gemäss Fig.2 umschliesst die Presskanne 4 die gesamte Turbinenschaufel 1.

Die in Fig.1 dargestellte Turbinenschaufel 1 wird wie folgt hergestellt:

Ein als Schaufelblatt 2 ausgeführter Gusskörper wird mit seinem einen Ende durch die Öffnung 5 in die Presskanne 4 geführt. Die vorzugsweise aus Stahl bestehende Presskanne 4 wird im Bereich der Öffnung 5 gasdicht an den Gusskörper angelötet oder angeschweisst. Durch eine nicht dargestellte weitere Öffnung der Presskanne 4 wird ein den Schaufelfuss der Turbinenschaufel 1 aufnehmender Hohlraum der Presskanne mit Legierungspulver aufgefüllt. Die Presskanne 4 wird sodann evakuiert und gasdicht verschlossen.

Als Werkstoff für den Gusskörper werden dotierte gamma-Titanaluminide und für das Pulver Legierungen auf der Basis von Titan oder Nickel verwendet. Die den Gusskörper bildende Legierung ist mit Vorteil ein gamma-Titanaluminid mit einem Anteil von mindestens 0,5 und höchstens 8 Atomprozent an Dotierstoff, wie beispielsweise eines oder mehrere der Elemente B, C, Co, Cr, Ge, Hf, Mn, Mo, Nb, Pd, Si, Ta, V, Y, W sowie Zr. Eine typische Legierung ist beispielsweise eine solche, die 48 Atomprozent Al, 2 bis 4 Atomprozent Chrom und als Rest neben nicht zu vermeidenden Verunreinigungen Ti aufweist. Besonders bewährt hat sich eine Legierung mit der nachfolgend angegebene Zusammensetzung in Gewichtsprozent 33,2 Al - 3,9 Cr - Verunreinigungen kleiner 0,5 - Rest Ti. Gamma-Titanaluminide zeichnen sich durch eine geringe Dichte und eine gute mechanische Beständigkeit bei Temperaturen von bis zu 800°C aus. Jedoch ist ihre Duktilität vergleichsweise gering (<4%).

Die in Form von Pulver verwendete Titan-Basislegierung enthält neben dem Titan Aluminium und einen Anteil an bis zu 20 Atomprozent eines oder mehrerer Zusatzelemente, wie insbesondere V und/oder Nb. Typische Legierungen enthalten neben nicht zu vermeidenden Verunreinigungen und Ti entweder 6 Atomprozent Al und 4 Atomprozent V oder 24 Atomprozent Al und 11 Atomprozent Nb.

Die in Form von Pulver verwendete Nickel-Basislegierung kann beispielsweise die Legierung IN 792 sein (Zusammensetzung in Gewichtsprozent Ni - 0,12 C - 12,4 Cr - 9,0 Co - 1,9 Mo - 3,8 W - 3,9 Ta - 3,1 Al - 4,5 Ti - 0,2 B - 0,1 Zr).

Die Grösse der Pulverteilchen ist bei allen verwendeten Pulvern kleiner 500 µm. Derartige Titan- und Nickel-Basislegierungen zeichnen sich durch eine gute Duktilität (>10%) bei Raumtemperatur aus. Die mechanische Beständigkeit der Titan-Basislegierungen bei hohen Temperaturen ist jedoch nicht so hoch wie jene von gamma-Titanaluminiden. Nickel-Basislegierungen hingegen weisen eine wesentlich höhere Dichte als gamma-Titanaluminide auf.

Die durch gasdichtes Verschliessen der Presskanne 4 fertiggestellte Probe wurde in eine Pressvorrichtung gebracht und bei Verwendung einer Titan-Basislegierung bei Temperaturen zwischen 900 und 980°C heiss-isostatisch verdichtet. Ein typischer Pressvorgang bei ca. 950°C dauerte bei einem Druck von ca. 200 MPa ca. 3 Stunden. Hierbei wurden die beiden Legierungen unter Bildung einer Grenzschicht 6 porenfrei zu einem bimetalischen Verbundwerkstoff verdichtet.

Dieser bereits die Form der Turbinenschaufel aufweisende Verbundwerkstoff wurde nach Entfernen der deformierten Presskanne 4 sodann bei Temperaturen von ca. 700°C typischerweise ca. 4 Stunden lang wärmebehandelt. Nachfolgend wurde durch geringfügige materialabhebende Bearbeitung, wie Schleifen, Polieren und/oder elektrochemisches Behandeln, die Turbinenschaufel nach der Erfindung fertiggestellt.

Bei der Herstellung der aus Fig.2 ersichtlichen Turbinenschaufel 1 wurde eine in Längsrichtung erweiterte und die gesamte Turbinenschaufel 1 aufnehmende Presskanne 4 verwendet. In diese Presskanne 4 wurde zunächst der das Schaufelblatt 2 bildende Gusskörper eingegeben und nachfolgend entsprechend dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel das Legierungspulver eingefüllt. Die Presskanne 4 wurde sodann evakuiert und gasdicht verschlossen. Der so hergestellte Probekörper wurde entsprechend dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel behandelt. Die verwendeten Legierungen wiesen die gleiche Zusammensetzung auf wie beim zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Aus dem Schliffbild gemäss Fig.3 sind der Aufbau und die Gefügestruktur eines in Fig.2 umrandet angegebenen Teils der Turbinenschaufel nach der Erfindung zu entnehmen. Hieraus ist ersichtlich, dass die das Schaufelblatt 2 bildende Legierung eine grobkörnige und die den Schaufelfuss 3 bildende Legierung eine feinkörnige Mikrostruktur aufweist, und dass die die beiden Legierungen miteinander verbindende Grenzschicht 6 nahezu unstrukturiert ist und gemäss chemischer Analyse im wesentlichen von einer binären TiAl-Legierung mit einem Anteil von ca. 25 Atomprozent Al gebildet ist.

Werkstoffuntersuchungen haben für den der erfindungsgemässen Turbinenschaufel 1 zugrundeliegenden bimetalischen Verbundwerkstoff folgende Eigenschaften ergeben:

Die das Schaufelblatt 2 bildende Legierung weist bei Raumtemperatur eine Duktilität von ca. 0,5 bis 1%, die den Schaufelfuss 3 bildende Legierung hingegen eine solche von 18 bis 20 % auf. Bei einer Temperatur von ca. 700°C besitzt das Schaufelblatt 2 eine Kriechfestigkeit, welche erheblich über der Kriechfestigkeit der üblicherweise in diesem Temperaturbereich verwendeten Nickelbasis-Superlegierungen liegt. Die Turbinenschaufel 1 zeigt eine dem Werkstoff des Schaufelblattes 2 entsprechende Duktilität von 0,5 bis 1% auf, was bedeutet,

dass durch die Grenzschicht 6 die Duktilität der Schaufel nicht negativ beeinflusst wird. Die Turbinenschaufel 1 nach der Erfindung zeichnet sich demnach durch einen Schaufelfuss 3 mit hoher Duktilität und ein bei Raumtemperatur zwar sprödes, bei hohen Temperaturen jedoch eine grosse Kriechfestigkeit aufweisendes Schaufelblatt 2 aus. Die Festigkeit der Grenzschicht 6 reicht aus, um einen sicheren Betrieb der Turbinenschaufel 1 bei hohen Temperaturen zu gewährleisten.

Eine erhöhte Festigkeit der Grenzschicht 6 kann dadurch erreicht werden, dass die beiden Legierungen - wie in Fig.2 dargestellt - im Bereich der Grenzschicht 6 zumindest teilweise oder aber vollständig ineinander verzahnt sind. Dies kann vor dem Einbringen des Gusskörpers in die Presskanne 4 in einfacher Weise durch Schleifen oder Sandstrahlen des Gusskörpers an seinem den Schaufelfuss 3 aufnehmenden Ende bis zu einer Rauhtiefe von bis zu 0.1 mm bewirkt werden.

Anstelle eines das Schaufelblatt 2 bildenden Gusskörpers kann in die Presskanne 4 auch ein Körper aus einem heiss-isostatisch verdichteten Pulver eingeführt werden. In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung wurden ca. 100 g eines Legierungspulvers mit 48 Atomprozent Al, 3 Atomprozent Cr, Rest Ti und geringe Mengen an Verunreinigungen bei Temperaturen zwischen 1050 und 1300°C und einem Druck von ca. 250 MPa während ca. 3 Stunden heiss-isostatisch verdichtet. Das verdichtete Pulver wurde anschliessend bei Temperaturen zwischen 1300 und 1400°C wenige Stunden wärmebehandelt. Der resultierende Körper wurde sodann in die in Fig.2 dargestellte Presskanne 4 gebracht und bei den dort beschriebenen Bedingungen zusammen mit dem den Schaufelfuss 3 bildenden Pulver heiss-isostatisch verdichtet. Die nach entsprechender Wärmebehandlung und entsprechender Nachbearbeitung resultierende Turbinenschaufel wies gegenüber der Turbinenschaufel gemäss Fig.2 bei gleichbleibend guter Kriechfestigkeit eine um ca. 50% erhöhte Duktilität des Schaufelblattes 2 bei Raumtemperatur auf.

In einer weiteren Variante der Erfindung wurde an das aus gamma-Titanaluminid bestehende Schaufelblatt ein Schaufelfuss 3 aus einer Nickel-Basislegierung angeformt. Zu diesem Zweck wurde in die bereits das Schaufelblatt enthaltende oder alternativ in die an das Schaufelblatt angeschweisste Presskanne 4 Pulver der Nickel-Basislegierung eingefüllt. Die Presskanne 4 wurde evakuiert und gasdicht verschlossen. Durch heiss-isostatisches Pressen während ca. 3 Stunden bei ca. 1000 bis 1250°C und einem Druck von ca. 250 MPa wurde ein porenfreier bimetallischer Verbundwerkstoff hergestellt, aus dem nach Entfernen der Presskanne 4, nach Wärmebehandeln bei ca. 700° bis 800°C und materialentfernender Nachbearbeitung eine Turbinenschaufel nach der Erfindung hergestellt wurde. Bei dieser Turbinenschaufel wies die Grenzschicht 6 eine besonders gute Festigkeit auf.

In einer weiteren Variante der Erfindung ist es mög-

lich, an Stelle einer Presskanne 4 als Form zur Aufnahme der Legierungen eine Sinterform zu verwenden, und das Verdichten zur Turbinenschaufel in einem Sinterverfahren zu erreichen.

Die Erfindung ist nicht auf Turbinenschaufeln beschränkt. Sie bezieht sich auch auf andere bei hohen Temperaturen mechanisch stark belastete Bauteile, wie etwa einstückig ausgebildete Turbinenräder von Turboladern.

BEZEICHNUNGSLISTE

- 1 Turbinenschaufel
- 2 Schaufelblatt
- 3 Schaufelfuss
- 4 presskanne
- 5 Öffnung
- 6 Grenzschicht

Patentansprüche

1. Hohen Temperaturen aussetzbares Bauteil, insbesondere Turbinenschaufel (1), mit einem zumindest einen ersten Abschnitt (Schaufelfuss 3) und zumindest einen zweiten Abschnitt (Schaufelblatt 2) enthaltenden Bauteilkörper, bei dem der erste Abschnitt (3) von einem duktilen Werkstoff gebildet ist und der zweite Abschnitt (2) einen gegenüber dem duktilen Werkstoff spröden Werkstoff aufweist und jeder der beiden Werkstoffe jeweils eine von zwei Legierungen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung enthält, welche unter Bildung einer den ersten (3) und den zweiten Abschnitt (2) verbindenden Grenzschicht (6) zu einem bimetallischen Verbundwerkstoff heissverdichtet sind, wobei eine den ersten Abschnitt bildende erste der beiden Legierungen überwiegend Titan und/oder Nickel enthält, und dass eine den zweiten Abschnitt bildende zweite der beiden Legierungen ein gamma-Titanaluminid ist und einen Anteil von mindestens 0,5 und höchstens 8 Atomprozent an Dotierstoff aufweist.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Legierung als Dotierstoff mindestens eines oder mehrere der Elemente B, C, Co, Cr, Ge, Hf, Mn, Mo, Nb, Pd, Si, Ta, V, Y, W sowie Zr enthalten sind.
3. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Legierung neben Titan auch Aluminium und Vanadium oder Aluminium und Niob enthält.
4. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Abschnitt im Bereich der Grenzschicht (6) ineinander verzahnt sind.

5. Verfahren zur Herstellung des Bauteils nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Heissverdichten ein aus der zweiten Legierung gegossener oder aus Pulver der zweiten Legierung heissverdichteter Körper zumindest mit einem Ende in eine als Presskanne (4) ausgebildete Form geführt wird, und dass die erste Legierung als Pulver in die Presskanne gefüllt und mit dem in der Presskanne (4) befindlichen Ende des Körpers in Berührung gebracht wird. 5 10
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Presskanne (4) eine vom eingeführten Körper ausgefüllte Öffnung (5) aufweist, welche vorzugsweise durch Anschweißen oder Anlöten der Presskanne (4) an den Körper abgeschlossen wird. 15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Heissverdichten bei Verwendung einer auf Titan basierenden ersten Legierung bei Temperaturen zwischen 900 und 980°C durchgeführt wird. 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Heissverdichten bei Verwendung einer auf Nickel basierenden ersten Legierung bei Temperaturen zwischen 1100 und 1250°C durchgeführt wird. 25 30
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der durch Heissverdichten entstandene Verbundwerkstoff bei Temperaturen zwischen 700 und 800°C wärmebehandelt wird. 35

Claims

1. Component, in particular a turbine bucket (1), which can be exposed to high temperatures, having a component body comprising at least one first section (bucket footing 3) and at least one second section (bucket blade 2), in which component the first section (3) is formed by a ductile material and the second section (2) comprises a material which is brittle compared with the ductile material, and each of the two materials comprises one of two alloys of different chemical composition which have been hot-compacted with the formation of a boundary layer (6) joining the first (3) and the second section (2) to produce a bimetallic composite material, a first of the two alloys which forms the first section predominantly comprising titanium and/or nickel, and in that [sic] a second of the two alloys which forms the second section is a gamma-titanium aluminide and contains a proportion of at least 0.5 and at most 8 atomic per cent of dopant. 40 45 50 55

2. Component according to Claim 1, wherein the second alloy comprises one or more of the elements B, C, Co, Cr, Ge, Hf, Mn, Mo, Nb, Pd, Si, Ta, V, Y, W and Zr as dopant.
3. Component according to either of Claims 1 or 2, wherein the first alloy also comprises aluminum and vanadium or aluminum and niobium in addition to titanium.
4. Component according to any of Claims 1 to 3, wherein the first and the second section are keyed into one another in the region of the boundary layer (6).
5. Method of producing the component according to Claim 1, wherein, prior to the hot compacting, at least one end of a body cast from the second alloy or hot-compacted from powder of the second alloy is introduced into a mould constructed as pressing can (4) and in that the first alloy is poured into the pressing can as a powder and is brought into contact with the end of the body situated in the pressing can (4).
6. Method according to Claim 5, wherein the pressing can (4) has an opening (5) which is filled by the body introduced and which is preferably sealed off by welding or soldering the pressing can (4) to the body.
7. Method according to either of Claims 5 or 6, wherein the hot compacting is performed at temperatures of between 900 and 980°C if a first alloy based on titanium is used.
8. Method according to either of Claims 5 or 6, wherein the hot compacting is performed at temperatures of between 1100 and 1250°C if a first alloy based on nickel is used.
9. Method according to either of Claims 7 or 8, wherein the composite material produced by hot compacting is heat-treated at temperatures between 700 and 800°C.

Revendications

1. Élément pouvant être exposé à des températures élevées, en particulier aube (1) de turbine, comportant un corps d'élément comprenant au moins une première partie (emplanture d'aube 3) et au moins une deuxième partie (pale 2), dans lequel la première partie (3) est formée d'un matériau ductile et la deuxième partie (2) présente un matériau cassant par rapport au matériau ductile et chacun de ces deux matériaux contient l'un de deux alliages de compositions chimiques différentes, qui sont

comprimés à température élevée en un matériau composite bimétallique avec formation d'une interface (6) reliant la première (3) et la deuxième (2) parties, le premier des deux alliages, qui forme la première partie, contenant principalement du titane et/ou du nickel, et le deuxième des deux alliages, qui forme la deuxième partie, étant une aluminite de titane gamma et présentant une proportion d'agent de dopage d'au moins 0,5 et au plus 8 pour cent en atomes.

5

10

2. Élément suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le deuxième alliage contient, comme agent de dopage, au moins un ou plusieurs des éléments B, C, Co, Cr, Ge, Hf, Mn, Mo, Nb, Pd, Si, Ta, V, Y, W et Zr. 15
3. Élément suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le premier alliage, outre le titane, contient également de l'aluminium et du vanadium ou de l'aluminium et du niobium. 20
4. Élément suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les première et deuxième parties sont imbriquées l'une dans l'autre au niveau de l'interface (6). 25
5. Méthode de production de l'élément suivant la revendication 1, caractérisée en ce que, avant la compression à température élevée, un corps coulé à partir du deuxième alliage ou produit par la compression à température élevée de poudre du deuxième alliage est engagé par au moins une extrémité dans un moule réalisé sous la forme d'un cylindre de compression (4), et en ce que le premier alliage est versé dans le cylindre de compression sous la forme de poudre et mis en contact avec l'extrémité du corps située à l'intérieur du cylindre de compression (4). 30
35
40
6. Méthode suivant la revendication 5, caractérisée en ce que le cylindre de compression (4) présente une ouverture (5) remplie par le corps engagé, qui est de préférence fermée par soudage ou brasage du cylindre de compression (4) au corps. 45
7. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la compression à température élevée est réalisée en utilisant un premier alliage à base de titane à des températures comprises entre 900 et 980°C. 50
8. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la compression à température élevée est réalisée en utilisant un premier alliage à base de nickel à des températures comprises entre 1100 et 1250°C. 55

9. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisée en ce que le matériau composite produit par la compression à température élevée est traité à chaud à des températures comprises entre 700 et 800°C.

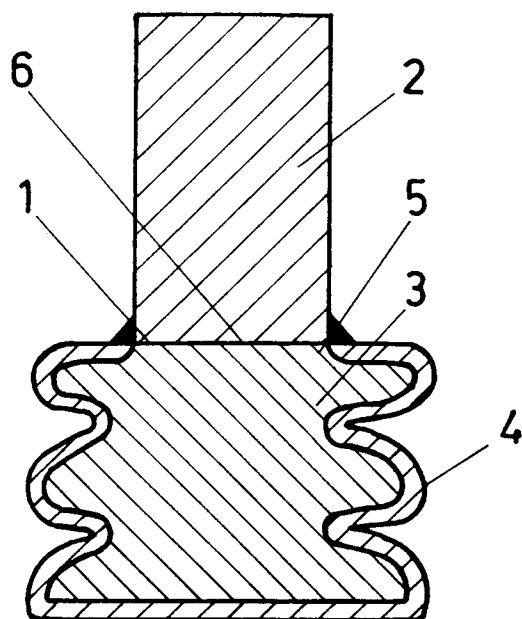


FIG.1

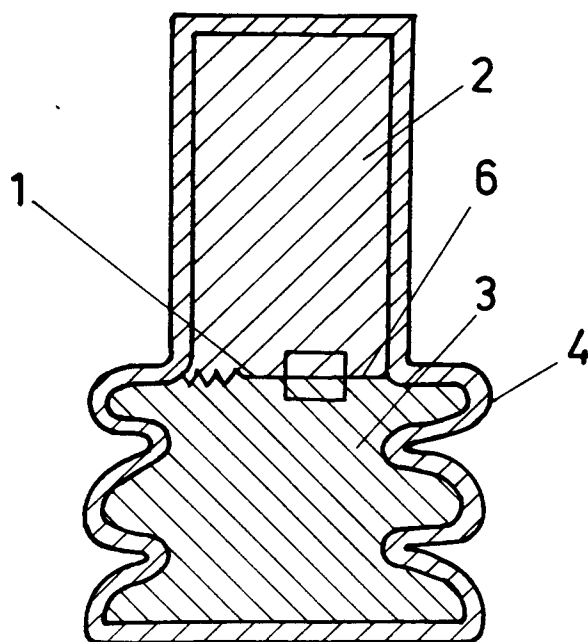


FIG.2

FIG.3

