

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 574 708 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93107926.3**

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

(22) Anmeldetag: **14.05.93**

(30) Priorität: **13.06.92 DE 4219470**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.12.93 Patentblatt 93/51

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**

CH-5401 Baden(CH)

(72) Erfinder: **Rösler, Joachim, Dr.**
Brüel 19

CH-5424 Unterehrendingen(CH)

Erfinder: **Thumann, Manfred, Dr.**
Trottenstrasse 39c

CH-5400 Ennetbaden(CH)

Erfinder: **Tönnies, Christoph**

Chrüzweg 32a

CH-5413 Birmenstorf(CH)

(74) Vertreter: **Kaiser, H. Dr. et al**
ABB Management AG
Abt. TEI-Immaterialgüterrecht
CH-5401 Baden (CH)

(54) **Bauteil für hohe Temperaturen, insbesondere Turbinenschaufeln, und Verfahren zur Herstellung dieses Bauteils.**

(57) Das Bauteil ist für den Einsatz bei hohen Temperaturen vorgesehen und ist insbesondere als Turbinenschaufel ausgebildet. Es enthält einen zumindest einen ersten (Schaufelfuss 3) und einen zweiten Abschnitt (Schaufelblatt 2) umfassenden Bauteilkörper. Der erste Abschnitt (3) ist von einem duktilen Werkstoff gebildet. Hingegen weist der zweite Abschnitt (2) einen gegenüber dem duktilen Werkstoff spröden Werkstoff auf.

Dieses Bauteil soll sich durch hohe Lebensdauer auszeichnen.

Dies wird dadurch erreicht, dass jeder der beiden Werkstoffe jeweils eine von zwei auf einem gemeinsamen Basiswerkstoff beruhende Legierungen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzungen enthält, welche sich voneinander durch das Vorhandensein und/oder die Menge mindestens eines dem Basiswerkstoff zulegierten Dotierstoffes unterscheiden.

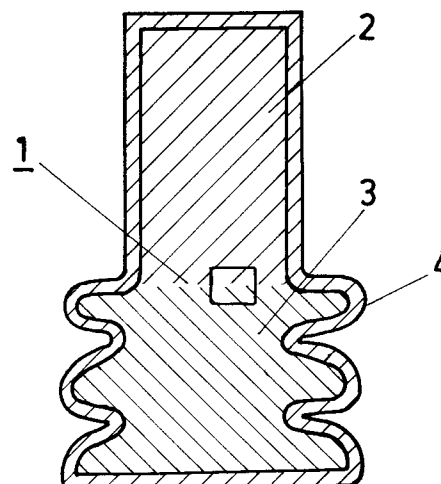


FIG.2

EP 0 574 708 A1

TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Bauteil für hohe Temperaturen, insbesondere von einer Turbinenschaufel, mit einem zumindest einen ersten und einen zweiten Abschnitt enthaltenden Bauteilkörper, bei dem der erste Abschnitt von einem duktilen Werkstoff gebildet ist und der zweite Abschnitt einen gegenüber dem duktilen Werkstoff spröden Werkstoff aufweist. Die Erfindung geht ferner aus von einem Verfahren, um ein solches Bauteil herzustellen.

STAND DER TECHNIK

Ein solches Bauteil und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauteils sind in FR-A1-2.136.170 beschrieben. Das beschriebene Bauteil ist als Turbinenschaufel ausgebildet und ist zur Verwendung in einer Gasturbine vorgesehen. Es weist einen aus einer eutektischen Legierung gegossenen, Schaufelfuss und Schaufelblatt enthaltenden Schaufelkörper auf. Der Schaufelfuss ist von einem duktilen Gusskörper mit nichtgerichteter Struktur gebildet. Das Schaufelblatt besteht aus einer Matrix und aus parallel zueinander und in Längsrichtung der Schaufel ausgerichteten, faserförmigen Kristallen, welche in die Matrix eingebettet sind und welche durch gerichtetes Erstarren aus einer induktiv aufgeheizten Schmelze gebildet sind. Gegenüber dem Schaufelfuss zeichnet sich das Schaufelblatt bei erheblich verringerter Duktilität durch eine wesentlich grössere Kriechfestigkeit aus. Insbesondere bei der Herstellung eines grossen Schaufelblattes ist es jedoch schwierig, einen für eine gerichtete Erstarrung ausreichend grossen Temperaturgradienten und damit die erwünschte hohe Kriechfestigkeit im Schaufelblatt zu erreichen.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen 1 und 7 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil, insbesondere eine Turbinenschaufel, der eingangs genannten Art anzugeben, welches sich bei Einsatz in einer bei mittleren und hohen Temperaturen betriebenen Vorrichtung, wie insbesondere einer Turbine, 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, insbesondere Schaufelfuss oder Schaufelblatt umfassende, Abschnitte

des Bauteils aus unterschiedlich spezifizierten und an die unterschiedlichen Anforderungen angepassten Legierungen bestehen. Da diese an die gradiert abgestuften Eigenschaften des Bauteils, wie insbesondere der Turbinenschaufel, angepassten Legierungen einen gemeinsamen Basiswerkstoff enthalten, treten im Grenzbereich der Abschnitte keine chemische Reaktionsprodukte auf. Die Abschnitte gehen daher ohne scharfen Übergang ineinander über, so dass das Bauteil nach der Erfindung die bei Betrieb einer thermischen Maschine, wie insbesondere einer Gasturbine oder eines Verdichters, gradiert auftretenden hohen thermischen und mechanischen Belastungen völlig problemlos aufnehmen kann. Das zur Herstellung der erfindungsgemässen Bauteile verwendete Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass selbst grosse Bauteile mit hoher thermischer und mechanischer Belastbarkeit durch geläufige Verfahrensschritte, wie insbesondere durch heiss-isostatisches Pressen oder durch Sintern, in einfacher und für eine Massenfertigung geeigneten Weise hergestellt werden können.

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 ausgeführten Bauteile enthalten jeweils ein langgestrecktes Schaufelblatt 2 und einen an einem Ende des Schaufelblattes 2 angeformten Schaufelfuss 3. Mit dem Bezugszeichen 4 ist eine Presskanne bezeichnet. Diese Presskanne umschliesst bei der Ausführungsform gemäss Fig.1 den Schaufelfuss 3 und weist eine vom Schaufelblatt 2 ausgefüllte Öffnung 5 auf,

welche vorzugsweise durch Anschweissen 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 4 mit Legierungspulver aufgefüllt. Die Presskanne 4 wird sodann evakuiert und gasdicht verschlossen.

Die Werkstoffe für den Gusskörper und das Pulver enthalten jeweils eine von zwei auf einem gemeinsamen Basiswerkstoff beruhende Legierungen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzungen, welche sich voneinander durch das Vorhandensein und/oder die Menge mindestens eines dem Basiswerkstoff zulegierten Dotierstoffes unterscheiden. Vorzugsweise wird als Basiswerkstoff eine intermetallische Phase, wie insbesondere ein gamma-Titanaluminid, verwendet. Mindestens eine der beiden gamma-Titanaluminid enthaltenden Legierungen weist einen Anteil von mindestens 0,2 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 auf.

Eine typische Legierung für das Schaufelblatt 2 weist beispielsweise folgende Zusammensetzung auf:

In Atom%: 48 Al - 3 Cr - Rest Ti und Verunreinigungen;

In Gew.%: 33,2 Al - 3,9 Cr - Verunreinigungen kleiner 0,5 - Rest Ti.

Die Grösse der Pulverteilchen ist typischerweise kleiner 500µm.

Eine weitere typische Legierung für das Schaufelblatt weist folgende Zusammensetzung in Atom% auf:

48 Al - 2 Cr - 2 Ta - Rest Ti und Verunreinigungen.

Eine typische Legierung für den Schaufelfuss 3 weist beispielsweise folgende Zusammensetzung auf:

In Atom%: 48 Al - 2 Cr - 2 Nb - Rest Ti und Verunreinigungen;

In Gew.%: 32,5 Al - 2,9 Cr - 5 Nb - Verunreinigungen kleiner 0,5 - Rest Ti.

Die Grösse der Pulverteilchen ist typischerweise kleiner 200µm, vorzugsweise kleiner 100µm.

Eine weitere typische Legierung für den Schaufelfuss weist folgende Zusammensetzung in Atom%

auf:

48 Al - 2 Cr - 2 Ta - 0,5 Si - Rest Ti und Verunreinigungen.

Die durch gasdichtes Verschliessen der Presskanne 4 fertiggestellte Probe wird in eine Pressvorrichtung gebracht und bei Temperaturen zwischen 900 und 1200°C heissisostatisch verdichtet. Ein typischer Pressvorgang bei ca. 1070°C dauerte bei einem Druck von ca. 250 MPa ca. 3 Stunden. Hierbei wurden die beiden Legierungen, ohne dass im Grenzbereich chemische Reaktionsprodukte gebildet wurden, porenfrei mit einem graduellen Übergang vom Schaufelblatt 2 zum Schaufelfuss 3 verdichtet.

Dieser bereits die Form der Turbinenschaufel aufweisende Verbundwerkstoff wurde nach Entfernen der deformierten Presskanne 4 sodann bei Temperaturen oberhalb 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.

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 wurde das zur Bildung des schaufelblattes verwendete Legierungspulver mit 48 Atomprozent Al, 3 Atomprozent Cr, Rest Ti und geringen Mengen an Verunreinigungen bei einer Temperatur von ca. 1070°C und einem Druck von ca. 250 MPa während ca. 3 Stunden heiss-isostatisch verdichtet. 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 Legierungspulver mit 48 Atomprozent Al, 2 Atomprozent Cr, 2 Atomprozent Nb, Rest Ti und geringen Mengen an Verunreinigungen heiss-isostatisch verdichtet. Der verdichtete Körper wurde sodann noch entsprechend dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel

wärmebehandelt und nachbearbeitet.

In weiteren Varianten der Erfindung wurden anstelle des Gusskörpers bzw. des aus heissverdichtetem Pulver gebildeten Körpers jeweils ein das Schaufelblatt 2 bildendes Legierungspulver der zuvor angegebenen chemischen Zusammensetzung in die Presskanne 4 eingefüllt. Danach wurde ein den Schaufelfuss 3 bildendes Legierungspulver mit der bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen angegebenen Zusammensetzung hinterfüllt. Die Presskanne 4 wurde sodann, ohne zu schütteln und ohne die eingefüllten Pulver miteinander zu vermischen, evakuiert und gasdicht verschlossen. Durch heiss-isostatisches Pressen während ca. 3 Stunden bei ca. 1070 °C und einem Druck von ca. 250 MPa wurde ein porenfreier Werkstoff hergestellt, aus dem nach Entfernen der Presskanne 4, nach zweistündiger Wärmebehandlung bei ca. 1350 °C und materialentfernender Nachbearbeitung eine Turbinenschaufel nach der Erfindung hergestellt wurde. Eine derartig ausgeführte Turbinenschaufel ist entsprechend den zuvor erwähnten Ausführungsvarianten ebenfalls Fig.2 entnehmbar.

Aus dem Schliffbild gemäss Fig.3 sind der Aufbau und die Gefügestruktur eines in Fig.2 umrandet angegebenen Teils einer - wie zuvor beschrieben - ausschliesslich aus Legierungspulvern hergestellten 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 an der Übergangszone zwischen beiden Legierungen keine unerwünschte Reaktionszone mit chemischen Reaktionsprodukten oder mit Ausscheidungen auftritt. Beide Legierungen gehen unter Verzahnung grober und feiner Kristallite graduell ineinander über.

Werkstoffuntersuchungen haben für den der erfindungsgemässen Turbinenschaufel 1 zugrundeliegenden Werkstoff folgende Eigenschaften ergeben: Die das Schaufelblatt 2 bildende Legierung weist bei Raumtemperatur eine Duktilität von ca. 0,5% auf, die den Schaufelfuss 3 bildende Legierung hingegen eine solche von 2,1 %. Bei einer Temperatur von ca. 700 °C besitzt das Schaufelblatt 2 eine Kriechfestigkeit, welche dichtekorrigiert erheblich über der Kriechfestigkeit der üblicherweise in diesem Temperaturbereich verwendeten Nickelbasis-Superlegierungen liegt. Die gesamte Turbinenschaufel 1 zeigt eine dem Werkstoff des Schaufelblattes 2 entsprechende Duktilität von 0,5%. Ihre mechanischen und thermischen Eigenschaften sind durch die Übergangszone zwischen beiden Legierungen nicht beeinträchtigt. 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 im Übergangsbereich ist wegen des beiden Legierungen gemeinsamen Basiswerkstoffs und des Fehlens spröder Reaktionsprodukte ausreichend gross, um einen sicheren Betrieb der Turbinenschaufel 1 bei hohen Temperaturen zu gewährleisten.

In einer weiteren Variante der Erfindung ist es möglich, 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

Patentansprüche

1. Bauteil für hohe Temperaturen, insbesondere Turbinenschaufel (1), mit einem zumindest einen ersten (Schaufelfuss 3) und 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, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der beiden Werkstoffe jeweils eine von zwei auf einem gemeinsamen Basiswerkstoff beruhende Legierungen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzungen enthält, welche sich voneinander durch das Vorhandensein und/oder die Menge mindestens eines dem Basiswerkstoff zugelegten Dotierstoffes unterscheiden.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste (3) und der zweite Abschnitt (2) ohne das Auftreten einer Grenzschicht bildenden chemischen Reaktionsproduktes ineinander übergehen.
3. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Basiswerkstoff gamma-Titanaluminid ist.

4. Bauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Dotierstoff in mindestens einer der beiden Legierungen mindestens 0,2 und höchstens 8 Atomprozent beträgt. 5
5. Bauteil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass 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. 10
6. Bauteil nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine den ersten Abschnitt (3) bildende erste der beiden Legierungen einen die Einstellung eines feinkristallinen Gefüges fördernden Dotierstoff, wie insbesondere eines oder mehrere der Elemente Cr, Mn, V, Si, und eine den zweiten Abschnitt (2) bildende zweite der beiden Legierungen einen die Einstellung eines grobkristallinen Gefüges fördernden und die Kriechfestigkeit erhöhenden Dotierstoff, wie insbesondere eines oder mehrere der Elemente Nb, Ta, W, enthält. 15
20
25
7. Verfahren zur Herstellung des Bauteils nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Legierungen zum Bauteilkörper heissverdichtet werden, und dass vor dem Heissverdichten eine den ersten Abschnitt (3) bildende erste der beiden Legierungen als Pulver in eine Form eingefüllt wird. 30
8. Verfahren nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine den zweiten Abschnitt (2) bildende zweite der beiden Legierungen in Form eines Gusskörpers oder eines aus heissverdichtetem Pulver gebildeten Körpers verwendet wird, und dass dieser Gusskörper oder der aus dem heissverdichteten Pulver gebildete Körper zumindest mit einem Ende in die als Presskanne (4) ausgebildete Form geführt und in der Presskanne (4) mit dem Pulver in Berührung gebracht wird. 35
40
45
9. Verfahren nach Patentanspruch 8, 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. 50
10. Verfahren nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Heissverdichten eine den zweiten Abschnitt (2) bildende zweite der beiden Legierungen als Pulver in die Form eingefüllt wird. 55
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Heissverdichten bei Temperaturen zwischen 900 und 1200 °C durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der durch Heissverdichten entstandene Werkstoff bei Temperaturen grösser 700 °C wärmebehandelt wird.

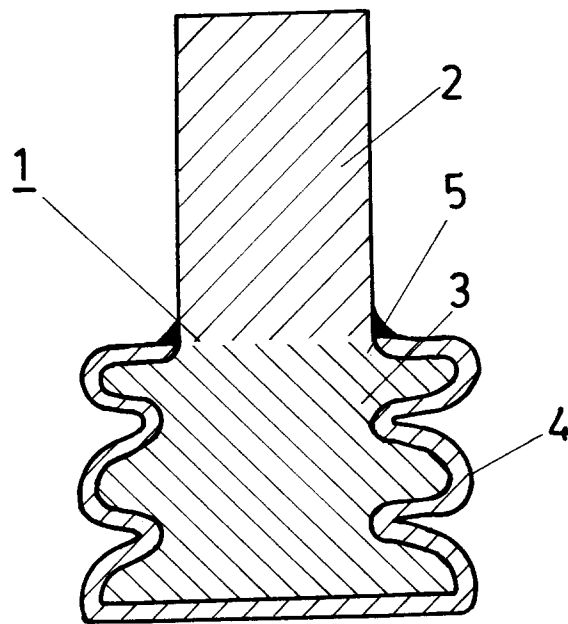


FIG.1

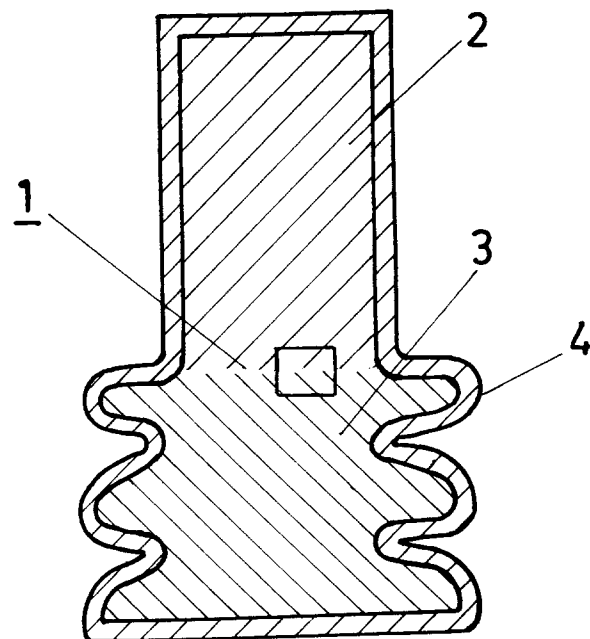
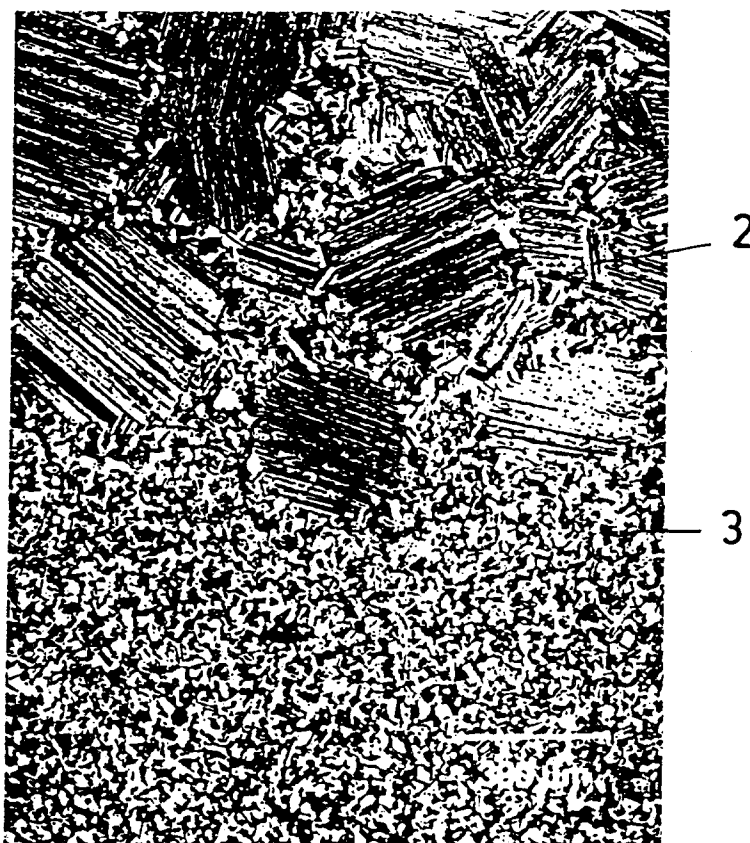


FIG.2

FIG.3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 7926

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	FR-A-2 317 502 (SPECIAL METALS CORP) * Seite 8, Zeile 8 - Seite 12, Zeile 15 * ---	1-12	B22F5/04 B22F7/06 F01D5/28
Y	US-A-4 825 522 (K.IWAI ET AL) * Anspruch * ---	1-12	
X,P	EP-A-0 513 407 (ASEA BROWN BOVERI A.G.) * Ansprüche 1-3 * ---	1	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 8433, Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M27, AN 84-203979 & JP-A-59 116 360 (HITACHI) * Zusammenfassung * ---	1	
A	EP-A-0 073 651 (STAL-LAVAL) * Seite 6, Zeile 5 - Zeile 22 * ---	1-12	
A	FR-A-1 052 893 (METALLWERK PLANSEE) * Beispiel 2 * ---	1-12	
A	US-A-4 787 821 (L.D.CRUZE ET AL) * das ganze Dokument * ---	1-12	
A	US-A-5 098 484 (D.EYLON ET AL) * das ganze Dokument * ---	1-12	
A	US-A-4 529 452 (B.H.WALKER) * das ganze Dokument * -----	1-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30 SEPTEMBER 1993	Prüfer SCHRUIERS H.J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			