



(11) **EP 2 185 738 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
22.02.2012 Patentblatt 2012/08

(51) Int Cl.:
C22C 1/00 (2006.01) **C22C 14/00** (2006.01)
C22C 30/00 (2006.01) **B22F 1/00** (2006.01)
B22F 3/115 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08749011.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/003173

(22) Anmeldetag: **21.04.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/006954 (15.01.2009 Gazette 2009/03)

(54) **HERSTELLUNG VON LEGIERUNGEN AUF BASIS VON TITANULUMINIDEN**

PRODUCTION OF ALLOYS BASED ON TITANIUM ALUMINIDES

FABRICATION D'ALLIAGES A BASE D'ALUMINURES DE TITANE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

• **OEHRING, Michael**
21502 Geesthacht (DE)

(30) Priorität: **10.07.2007 DE 102007032406**

(74) Vertreter: **Grebner, Christian Georg Rudolf**
Patentanwälte
Seemann & Partner
Ballindamm 3
20095 Hamburg (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.05.2010 Patentblatt 2010/20

(73) Patentinhaber: **Helmholtz-Zentrum Geesthacht**
Zentrum für Material- und Küstenforschung
GmbH
21502 Geesthacht (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 580 081 EP-A- 0 770 702
WO-A1-95/02252 US-A- 4 915 908
US-A- 5 411 603 US-A- 5 520 879

(72) Erfinder:
• **PAUL, Jonathan**
21029 Hamburg (DE)
• **APPEL, Fritz**
21502 Geesthacht (DE)

• **KUMAGAI M ET AL: "Influence of chlorine on the oxidation behavior of TiAl-Mn intermetallic compound" INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, Bd. 4, Nr. 7, 1. Januar 1996 (1996-01-01), Seiten 557-566, XP004049208 ISSN: 0966-9795**

EP 2 185 738 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Legierung auf Basis von Titanaluminiden.

[0002] Legierungen auf der Basis von unter Verwendung von schmelz- und pulvermetallurgischen Techniken hergestellten Titanaluminiden mit einer vorbestimmten Legierungszusammensetzung aus Titan und Aluminium und ggf. weiterer Bestandteile wie z.B. Niob, Bor, Chrom, Molybdän, Mangan und Vanadium etc. sowie Kohlenstoff in unterschiedlichen Zusammensetzungen sind im Stand der Technik bekannt.

[0003] Titan-Aluminid-Legierungen weisen Eigenschaften auf, die für einen Einsatz als Leichtbau-Werkstoff, insbesondere für Hochtemperaturanwendungen, besonders günstig sind. Diese Leichtbauwerkstoffe auf Basis von Titanaluminiden eröffnen aufgrund ihrer Festigkeits- und Kriech Eigenschaften bei hohen Temperaturen Möglichkeiten zur Fertigung mechanisch beanspruchter Bauteile in der Hochtemperaturtechnik, z.B. als Turbinenschaufeln im Flugzeugbau, Endstufenschaufeln, Motorventile, etc. Darüber hinaus bieten sie sich wegen ihrer geringen Dichte (ca. 3,8 - 4,3 g/cm³) als Ersatz für Nickelbasis-Superlegierungen an, die typischerweise eine Dichte von 8,5 g/cm³ aufweisen.

[0004] Der Ansatz der Titan-Aluminid-Legierungen ist durch ihre begrenzte Oxidationsbeständigkeit auf Temperaturen unterhalb von ca. 750°C begrenzt. Darüber hinaus ist bekannt, dass durch geringe Mengen an Halogenen in der Oberfläche der Titanaluminid-Werkstoffe das Oxidationsverhalten aufgrund des so genannten Halogeneffekts deutlich verbessern, wodurch der Einsatzbereich der Werkstoffe auf Temperaturen bis über 1000°C erweitert wird.

[0005] Beispielsweise ist aus DE-A-103 51 946 ein Verfahren zur Behandlung der Oberfläche eines aus einer Titanaluminid-Legierung bestehenden Bauteils zur Verbesserung seiner Oxidationsbeständigkeit bekannt. Ferner offenbart DE-C-196 27 605 ein Verfahren zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit für Legierungen auf der Basis von Titanaluminid, wobei Halogene über den Vorgang der Ionenimplantation in die Werkstoffoberfläche übertragen werden.

[0006] Darüber hinaus sind in DE-T-693 09 167 Erzeugnisse aus einer intermetallischen Verbindung eines Ti-Al-Systems mit hoher Widerstandsfähigkeit gegen Oxidation und Verschleiß sowie ein Verfahren zur Herstellung dieses Erzeugnisses beschrieben.

[0007] Überdies sind in EP-A-0 580 081 intermetallische Verbindungen des Ti-Al-System, im Wesentlichen Titan und Aluminium umfassend, beschrieben, wobei die intermetallische Verbindung des Ti-Al-Systems mindestens eine Oberflächenschicht aufweist, welche 0,005 Atom% bis 1,0 Atom% an mindestens einem Halogenelement einschließt, ausgewählt aus der Gruppe, die aus Fluor, Chlor, Brom und Jod besteht.

[0008] Außerdem offenbart US-A-5 520 879 ein Verfahren zum Herstellen von gesinterten Titanlegierungen,

wobei in einem Verfahrensschritt Titanpulver einem Reibvorgang unterzogen wird.

[0009] Des Weiteren ist in EP-A-0 770 702 ein Verfahren zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit von Legierungen auf der Basis von Ti-Al offenbart, wobei Halogene oder halogenhaltige Verbindungen auf die Werkstoffoberfläche übertragen werden.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, Titanaluminid-Legierungen mit einer hohen Oxidationsbeständigkeit bereitzustellen, wobei bei Anwendung der Legierungen bzw. beim Einsatz der Legierungen etwaige Beschädigungen der Legierung in der Oberfläche keine Auswirkungen auf die Oxidationsbeständigkeit haben soll. Des Weiteren besteht die Aufgabe darin, ein Bauteil aus einer entsprechenden Titanaluminid-Legierung bereitzustellen. Dies erfolgt gemäß Verfahren von Anspruch 1, auf das die Erfindung beschränkt ist.

[0011] Bei einem Verfahren zum Herstellen einer Legierung auf Basis von Titanaluminiden ist vorgesehen, dass aus einer Titanaluminid-Metallschmelze, insbesondere unter Verwendung des Gas-Atomisations-Verfahrens, Metalltröpfchen erhalten werden, die Metalltröpfchen mittels Beaufschlagung mit einem halogenhaltigen Gas mit Halogenen angereichert werden, so dass halogenangereicherte Titan-Aluminid-Metalltröpfchen oder halogenangereichertes TiAl-Metallpulver

[0012] entstehen und anschließend aus den halogenangereicherten Titan-Aluminid-Metalltröpfchen oder dem TiAl-Metallpulver durch, vorzugsweise heißes isostatisches Pressen, die Legierung geformt wird.

[0013] Dadurch, dass halogenhaltiges Gas verwendet wird, um Metalltröpfchen mit Halogenen anzureichern, wird erreicht, dass dem gesamten Werkstoff aus der Titanaluminid-Legierung Halogene zulegiert werden, wodurch eine feine bzw. homogene Verteilung der Halogene im gesamten Werkstoff und in jedem Teilvolumen des Werkstoffs bzw. der Legierung und nicht nur an der Oberfläche des Werkstoffs bzw. der Legierung erreicht wird.

[0014] Dabei sind Halogene auch in tieferen Schichten als die bisherigen bekannten Oxidationsschichten von Titanaluminid-Legierungen, die größer sind bzw. tiefer liegen, beispielsweise in Tiefen von mehr als 100, 200, 300, 400, 500 µm und mehr unterhalb der Oberfläche der Legierung bzw. in der gesamten Legierung vorhanden, wodurch die Oxidationsbeständigkeit auch nach Beschädigung der Oberfläche eines aus der Titanaluminid-Legierung hergestellten Bauteils vorhanden ist bzw. beibehalten wird, da auch in der Tiefe durch die eingebrachten, insbesondere homogen verteilten bzw. gleichmäßig statistisch verteilten Halogene in der Legierung bzw. im Werkstoff die Oxidationsbeständigkeit der gesamten Legierung aufrecht erhalten wird.

[0015] Durch den intensiven Kontakt der Halogene mit den Titan-Aluminid-Metalltröpfchen findet eine Passivierung des Metallpulvers bzw. der Metalltröpfchen statt.

[0016] Vorzugsweise werden als Halogene Chlor und/oder Fluor in das aus Titanaluminid hergestellte Bulk-

Material eingebracht. Überdies ist auch die Verwendung weiterer Halogene wie z.B. von Jod und/oder Brom möglich.

[0017] Darüber hinaus wird durch das heiße isostatische Pressen (HIP) eine Legierung mit einer hohen Isotropie und einer gleichmäßigen Verdichtung des Materials erreicht. Typischerweise findet der Vorgang des heißen isostatischen Pressens bei sehr hohen Drücken, z.B. 100 Mpa und unter hohen Temperaturen, z.B. zwischen 1000°C bis 2000°C, statt.

[0018] Überdies ist vorgesehen, dass die Metallschmelze und/oder die Metalltröpfchen mittels eines Trägergases, vorzugsweise mittels eines inerten Gases, behandelt werden, wobei insbesondere das Trägergas mit dem halogenhaltigen Gas vermischt wird oder ist.

[0019] Als Trägergas haben sich Inertgase wie Argon oder Helium oder weitere Inertgase bewährt, wodurch bei Vermischung mit einem halogenhaltigen Gas die Metallschmelze gezielt behandelt wird, um die Metalltröpfchen mit Halogenen anzureichern.

[0020] Weiter ist in einer Ausführungsform vorgesehen, dass aus den halogenangereicherten Metalltröpfchen ein Titan-Aluminid-Metallpulver gebildet wird, aus dem die Legierung geformt wird. Dies erfolgt in der Regel durch heißes isostatisches Pressen. Insbesondere wird aus der geformten Legierung ein Bauteil hergestellt, das eine hohe Oxidationsbeständigkeit auch bei Beschädigung der Oberfläche des Bauteils aufweist. Bei den Bauteilen kann es sich um Bauteile beispielsweise aus dem Automobil-, Raumfahrt-, Flugzeugbau sowie Industriemaschinenwerkzeugbereich handeln.

[0021] Die Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren von Anspruch 1.

[0022] Dadurch, dass das Metallpulver unter Kugelmahlen und Einleitung von Gasen in der Kugelmühle einen intensiven Kontakt hat, wird ebenfalls eine, insbesondere homogene, Anreicherung von pulverförmigem Titanaluminid erreicht, wodurch in der gesamten hergestellten bzw. geformten Legierung die Halogene verteilt sind. Die Verteilung der Halogene in der Legierung ist derart, dass in jedem beliebigen, vorbestimmten Volumen oder Teilvolumen bzw. auch in kleinen Teilvolumen der fertigen Legierung der (relative) Gehalt an Halogenen (pro Volumen) nahezu konstant ist bzw. konstant gehalten wird.

[0023] Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, anstelle von vorlegierten Metallpulver, d.h. Titanaluminiden in Pulverform, oder zusätzlich zum vorlegierten Metallpulver auch elementares pulverförmiges Titan und elementares pulverförmiges Aluminium einzusetzen bzw. bereitzustellen, so dass durch den Mahlvorgang sowohl aus dem Titanpulver und dem Aluminiumpulver eine TiAl-Legierung in Pulverform entsteht, die infolge der Anwesenheit des halogenhaltigen Gases bei einem hohen Druck in der Kugelmühle in der Kugelmühle in ihren Halogengehalt angereichert ist oder wird.

[0024] Durch die Ausführung der genannten Verfahrensschritte wird ebenso eine, vorzugsweise gleichmä-

ßige, Verteilung der Halogene an der Oberfläche als auch in der Tiefe einer Legierung wie bei dem vorangehend beschriebenen Verfahren zur Behandlung der Metallschmelze mit Halogengasen erreicht. Insofern gelten die oben genannten Ausführungen des ersten Verfahrens in gleicher Weise wie bei den hier beschriebenen Verfahrensschritten zur Herstellung der Legierung.

[0025] Darüber hinaus wird in einem weiteren Verfahrensschritt die mit Halogenen angereicherte Atmosphäre als gasförmige und/oder flüssige Atmosphäre bereitgestellt, wodurch ein intensiver Austausch bzw. eine intensive Anreicherung des Pulvers in der gasförmigen bzw. in der flüssigen, halogenhaltigen Atmosphäre, wie z.B. in flüssigen Kohlenstofftetrachlorid (CCl_4), ausgeführt wird.

[0026] Bevorzugterweise wird die mit Halogenen angereicherte Atmosphäre, insbesondere gasförmige Atmosphäre, mit wenigstens einem inerten Gas, wie z.B. Argon oder Helium, bereitgestellt. Ferner wird aus der Legierung mit einem konstanten (relativen) Anteil an Halogenen in jedem Volumen oder Teilvolumen bzw. Raumbolumen der Legierung ein Bauteil hergestellt.

[0027] Außerdem wird ein Verfahren zum Herstellen einer Legierung auf Basis von Titanaluminiden bereitgestellt, wobei pulverförmiges Titanaluminid, insbesondere Titan-Aluminid-Metallpulver, in einem, vorzugsweise geschlossenen, Behälter für eine vorbestimmte Zeitdauer erwärmt wird oder ist, wobei in dem Behälter eine mit Halogenen angereicherte Atmosphäre bereitgestellt ist oder wird, so dass während der Erwärmungszeit halogenangereichertes Titan-Aluminid-Metallpulver entsteht, und anschließend das mit Halogenen angereicherte Titan-Aluminid-Metallpulver durch, vorzugsweise heißes isostatisches, Pressen zu einer Legierung geformt wird.

[0028] Auch bei diesem Verfahren wird eine Legierung bereitgestellt, die in gleicher Weise die Vorteile wie die vorangehend beschriebenen hergestellten Legierungen aufweisen. Bei der Ausführung der Verfahrensschritte werden ebenfalls Titan-Aluminid-Legierungen hergestellt, bei denen Halogene dem gesamten Werkstoff zulegiert werden, wobei der (relative) Anteil der Halogene (pro Volumen) in der Legierung über das gesamte Volumen oder in einem (kleinen) Teilvolumen des Bauteils bzw. der Legierung konstant bleibt, wobei es durchaus sein kann, dass der Anteil der Halogene mit einer typischen Schwankungsbreite von $\pm 15\%$, vorzugsweise $\pm 10\%$, weiter vorzugsweise $\pm 5\%$, variieren kann, da der Anteil von Halogenen in der Legierung zwischen 0,005 Atom % bis 1,5 Atom %, vorzugsweise zwischen 0,005 Atom % oder 0,01 Atom % bis 0,9 Atom %, schwankt. Als weitere Halogene neben Fluor und/oder Chlor, die in einer Legierung verteilt sind, können auch weitere Halogene wie Brom und/oder Jod eingesetzt werden.

[0029] Um die hergestellte Legierung gemäß der vorgestellten Verfahren an der Oberfläche oxidationsbeständig zu machen, wird eine gewünschte Oberfläche eines aus der Legierung hergestellten Gegenstands

bzw. Bauteils oxidiert, für die eine Oxidationsbeständigkeit gewünscht wird.

[0030] Darüber hinaus ist es denkbar, dass bei den genannten Verfahren halogenartige Verbindungen, beispielsweise Silizium-Halogenhaltige Verbindungen oder Silizium-Halogen-Mischungen eingesetzt werden, die ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Oxidationsbeständigkeit der Legierung haben.

[0031] Weiterhin wird unter einem halogenhaltigen Gas ein Gas verstanden, das neben anderen Gasen, vorzugsweise Inertgasen, sowohl ein Halogenelement als auch eine Mischung mehrerer Halogenelemente aufweist.

[0032] In einem weiteren Verfahrensschritt wird vor Erwärmung des Behälters das pulverförmige Titanaluminid, insbesondere Titan-Aluminid-Metallpulver, im Behälter mit einem Vakuum beaufschlagt. Darüber hinaus zeichnet sich ein weiterer Verfahrensschritt bei der Begasung des Metallpulvers dadurch aus, dass die mit Halogenen angereicherte Atmosphäre mit wenigstens einem inerten Gas, insbesondere nach einer Evakuierung des Behälters, bereitgestellt wird.

[0033] Um eine gute und homogene Anreicherung des Titan-Aluminid-Metallpulvers im Behälter zu erreichen, werden der Behälter und/oder das pulverförmige Titanaluminid für eine Zeitdauer von 15 min bis 25 Stunden, vorzugsweise von 30 min bis 10 Stunden, erwärmt. Hierdurch wird eine ausreichend hohe, gleichmäßige Anreicherung von Titanaluminiden gemäß dem gewünschten Anreicherungsgrad an Halogenen in der geformten Titanlegierung erreicht.

[0034] Weiterhin werden der Behälter und/oder das pulverförmige Titanaluminid auf eine Temperatur zwischen 300°C bis 1300°C, vorzugsweise zwischen 500°C bis 1000°C, erwärmt, wodurch eine gute Anreicherung des Metallpulvers mit Halogenen oder halogenartigen Verbindungen erreicht wird.

[0035] Die Verfahrensschritte Evakuieren, Begasen und Erwärmen können auch mehrfach hintereinander ausgeführt werden, um eine höhere Anreicherung an Halogenen zu erreichen.

[0036] Außerdem wird in einem weiteren Verfahrensschritt nach einer Erwärmung des Behälters das pulverförmige Titanaluminid, insbesondere Titan-Aluminid-Metallpulver, mit Unterdruck oder einem Vakuum beaufschlagt.

[0037] Schließlich wird aus der durch heißes isostatisches Pressen geformten Legierung ein Bauteil hergestellt.

[0038] Darüber hinaus wird ein Bauteil bereitgestellt, das aus einer Legierung hergestellt ist, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. nach den Verfahrensschritten hergestellt ist.

[0039] Titan-Aluminid-Legierungen werden vorzugsweise unter Verwendung von gießmetallurgischer oder pulvermetallurgischer Techniken hergestellt, wobei zur Ausführung der Verfahren die Titan-Aluminid-Legierungen in Pulverform in der Regel vorliegen, um die Metall-

pulver mit Halogenen anzureichen. Bauteile aus Titanaluminiden werden üblicherweise mit den bekannten Umformverfahren und Verdünnungsverfahren entsprechend hergestellt.

[0040] Beispielsweise können bei den genannten Verfahren die TiAlbasierenden intermetallischen Verbindungen Legierungen mit einer allgemeinen Zusammensetzung von Titan und Aluminium entsprechend den gewünschten und vorbestimmten Anforderungen in der Legierung sein.

[0041] Titan-Aluminid-Legierungen, die nach den vorgestellten Verfahren hergestellt werden, können allgemein beispielsweise zwischen 30 Atom % bis 70 Atom % Aluminium aufweisen, wobei zusätzlich noch weitere Stoffe oder Elemente, die weiter unten genannt sind, entsprechend den gewünschten Anforderungen an die Legierung bzw. den Werkstoff aufgenommen werden.

[0042] In technisch wichtigen Bereichen von Legierungen, in denen die TiAl-Legierungen beispielsweise als Leichtbau-Werkstoff eingesetzt werden, können die Legierungen Gehalte an Aluminium zwischen 44 Atom % bis 49 Atom % Al haben. Zusätzlich können weitere Bestandteile wie z.B. Chrom (Cr), Niob (Nb), Mangan (Mn), Vanadium (V), Tantal (Ta), Molybdän (Mo), Zirkonium (Zr), Wolfram (W), Silizium (Si) sowie ggf. Zusätze von Kohlenstoff (C) und/oder Bor (B) enthalten sein, wobei diese Zusatzstoffe einen Anteil von 0,1 Atom % bis 10 Atom % haben können.

[0043] Für die industrielle Praxis sind insbesondere Legierungen ebenfalls interessant, die auf der intermetallischen Phase γ (TiAl) einer tetragonalen Struktur beruhen. Diese γ -Titanaluminid-Legierungen zeichnen sich durch Eigenschaften wie eine geringe Dichte (3,85 bis 4,3 g/cm³), hohe elastische Module und hohe Festigkeit sowie Kriechfestigkeit bis zu 700°C aus.

[0044] Insbesondere weist eine bevorzugte Legierung eine Zusammensetzung von Ti - (45 bis 49 Atom %) Al - (5 Atom % bis 10 Atom %) X bestehen, wobei X = Cr, Nb, Mn, V, Ta, Mo, Zr, W, Si ist und gegebenenfalls mit Zusätzen von C und/oder B ausgebildet ist.

[0045] Eine besonders hochfeste Titanaluminid-Legierung ist eine Legierungszusammensetzung aus Titan, Aluminid und Niob, der wahlweise noch Komponenten aus Bor und/oder Kohlenstoff zugefügt werden, wobei der Anteil an Bor und/oder Kohlenstoff in der Legierung unterhalb einer Konzentration von 0,5 Atom % gewählt wird. Typischerweise hat die Titanaluminid-Legierung eine Zusammensetzung von Ti - 45 Atom % Al-x Nb mit 5 Atom % $\leq x \leq 10$ Atom % und wahlweise bis zu 0,5 Atom % B (Bor) und/oder bis zu 0,5 Atom % C (Kohlenstoff).

[0046] Darüber hinaus können durch die Verfahren auch Titanaluminid-Legierungen mit einer feinen und homogenen Gefügemorphologie bereitgestellt werden, wobei die Titanaluminide eine Legierungszusammensetzung aus Ti-z Al-y Nb mit 44,5 Atom % $\leq z \leq 47$ Atom %, insbesondere mit 44,5 Atom % $\leq z \leq 45,5$ Atom %, und 5 Atom % $\leq y \leq 10$ Atom % aufweisen, wobei diese Molybdän (Mo) im Bereich zwischen 0,1 Atom % bis 3,0

Atom %, enthält. Der Rest der Legierung besteht aus Ti (Titan).

[0047] Vor allem bei Ti - (44,5 Atom % bis 45,5 Atom %) Al - (5 Atom % bis 10 Atom %) Nb hat die Zugabe von Molybdän mit einem Gehalt ab 1,0 Atom % bis 3,0 Atom % zu guten Mikrostrukturen mit einer hohen Gefügehomogenität geführt.

[0048] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthält die vorgenannte Legierung ebenfalls Bor, vorzugsweise mit einem BorGehalt in der Legierung im Bereich von 0,05 Atom % bis 0,8 Atom %. Der Zusatz von Bor führt vorteilhafterweise zur Bildung von stabilen Ausscheidungen, die zur mechanischen Härtung der Legierung und Stabilisierung des Gefüges der Legierung beitragen.

[0049] Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Legierung Kohlenstoff enthält, und zwar vorzugsweise mit einem Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,05 Atom % bis 0,8 Atom %. Auch der Zusatz von Kohlenstoff, vorzugsweise in Kombination mit dem vorbeschriebenen Zusatzstoff Bor, führt zur Bildung von stabilen Ausscheidungen, die ebenfalls zur mechanischen Härtung der Legierung und zur Stabilisierung des Gefüges beitragen.

[0050] Auch durch eine Legierung auf Basis von unter Verwendung von schmelz- und pulvermetallurgischen Techniken hergestellten Titanaluminiden mit einer Legierungszusammensetzung aus Ti - z Al - y Nb - x B mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 47 \text{ Atom \%}$, insbesondere mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 45,5 \text{ Atom \%}$, $5 \text{ Atom \%} \leq y \leq 10 \text{ Atom \%}$ und $0,05 \text{ Atom \%} \leq x \leq 0,8 \text{ Atom \%}$, wobei diese Molybdän (Mo) im Bereich zwischen 0,1 Atom % bis 3 Atom % enthält, wird eine Titanaluminid-Legierung mit einer feinen und homogenen Gefügemorphologie unter Ausbildung einer stabilen β -Phase bei hohen Temperaturen oberhalb von 700°C bereitgestellt.

[0051] Darüber hinaus zeigt eine Legierungszusammensetzung aus Ti - z Al - y Nb - w C mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 47 \text{ Atom \%}$, insbesondere mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 45,5 \text{ Atom \%}$, $5 \text{ Atom \%} \leq y \leq 10 \text{ Atom \%}$ und $0,05 \text{ Atom \%} \leq w \leq 0,8 \text{ Atom \%}$, wobei diese Molybdän (Mo) im Bereich zwischen 0,5 Atom % bis 3 Atom % enthält, eine feine und homogene Gefügemorphologie, wobei unter Ausbildung der β -Phase diese β -Phase bis Temperaturen von 1320°C stabil sind.

[0052] Auch bei einer Legierungszusammensetzung aus Ti - z Al - y Nb - w C mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 47 \text{ Atom \%}$, insbesondere mit $44,5 \text{ Atom \%} \leq z \leq 45,5 \text{ Atom \%}$, $5 \text{ Atom \%} \leq y \leq 10 \text{ Atom \%}$, $0,05 \text{ Atom \%} \leq x \leq 0,8 \text{ Atom \%}$ und $0,05 \text{ Atom \%} \leq w \leq 0,8 \text{ Atom \%}$, wobei diese Molybdän (Mo) im Bereich zwischen 0,1 Atom % bis 3 Atom % enthält, wird die stabile β -Phase bis Temperaturen von 1320°C ausgebildet.

[0053] Entsprechend den gewünschten Anforderungen ist es vorgesehen, eine entsprechende, voranstehend angegebene TiAl-Legierung als Metallpulver bzw. in Pulverform für die Durchführung eines der genannten Verfahren bereitzustellen, um durch die Halogenisierung bzw. Halogenanreicherung des TiAl-Metallpulvers eine

TiAl-Legierung zu erhalten, die in einem kleinen Teilvolumen an der Oberfläche und in der Tiefe einen nahezu konstanten relativen Anteil an Halogenen aufweist, wodurch die Oxidationsbeständigkeit des Werkstoffs bzw. der gesamten Legierung verbessert wird.

[0054] Bevorzugterweise werden in einer Ausführungsform weiterhin siliziumhaltige Halogene oder Kombinationen von Silizium mit Halogenen bei der Durchführung der Verfahren eingesetzt, wodurch die Oxidationsbeständigkeit der hergestellten Titanaluminid-Legierungen verbessert wird, dadurch, dass die die Oxidationsbeständigkeit erhöhenden Elemente bzw. Verbindungen sowohl an der Oberfläche als auch im Material durchgehend homogen bzw. statistisch verteilt enthalten sind.

[0055] Insofern ist es im Rahmen der Erfindung weiter möglich, neben Halogenen auch weitere die Oxidationsbeständigkeit von Titanaluminid-Legierungen erhöhenden Stoffe oder Mischungen einzusetzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Legierung auf Basis von Titanaluminiden, wobei Titan-haltiges Pulver und Aluminiumhaltiges Pulver oder pulverförmiges Titanaluminid, insbesondere Titan-Aluminid-Metallpulver, mittels einer Mühle gemahlen werden, vorzugsweise mittels einer Kugelmühle gemahlen werden, wobei in der Mühle, vorzugsweise Kugelmühle, eine mit Halogenen angereicherte Atmosphäre während des Mahlvorgangs bereitgestellt wird oder ist, so dass während des Mahlvorgangs halogenangereichertes Titan-Aluminid-Metallpulver entsteht und anschließend das mit Halogenen angereicherte pulverförmige Titan-Aluminid durch, vorzugsweise heißes isostatisches, Pressen zu einer Legierung geformt wird, wobei der Anteil von Halogenen in der Legierung zwischen 0,005 Atom % und 1,5 Atom % beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit Halogenen angereicherte Atmosphäre als gasförmige und/oder flüssige Atmosphäre bereitgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit Halogenen angereicherte Atmosphäre mit wenigstens einem inerten Gas bereitgestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der Legierung ein Bauteil hergestellt wird.

Claims

1. A method of producing an alloy based on titanium

aluminides, wherein titanium-containing powder and aluminium-containing powder or pulverulent titanium aluminide, particularly titanium-aluminide-metal powder, are ground by means of a mill, preferably ground by means of a ball mill, wherein an atmosphere enriched with halogens is provided during the milling process in the mill, preferably ball mill, so that halogen-enriched titanium-aluminide-metal powder is produced during the milling process and the pulverulent titanium-aluminide enriched with halogens is then formed into an alloy by, preferably hot isostatic, pressing, wherein the proportion of halogens in the alloy is between 0.005 atom % and 1.5 atom %.

2. A method as claimed in Claim 1, **characterised in that** the atmosphere enriched with halogens is provided in the form of a gaseous and/or liquid atmosphere. 15
3. A method as claimed in Claim 1 or 2, **characterised in that** the atmosphere enriched with halogens is provided with at least one inert gas. 20
4. A method as claimed in one of Claims 1 to 3, **characterised in that** a component is manufactured from the alloy. 25

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** fabrique un composant à partir de l'alliage. 5

Revendications 30

1. Procédé de fabrication d'un alliage à base d'aluminures de titane, dans lequel une poudre contenant du titane et une poudre contenant de l'aluminium ou un aluminure de titane en poudre, en particulier une poudre métallique d'aluminure de titane, sont broyées à l'aide d'un broyeur, de préférence sont broyées à l'aide d'un broyeur à billes, une atmosphère enrichie en halogènes étant ou ayant été mise à disposition pendant l'opération de broyage dans le broyeur, de préférence un broyeur à billes, de façon qu'il se forme pendant l'opération de broyage une poudre métallique d'aluminure de titane enrichie en halogènes, puis l'aluminure de titane en poudre enrichi en halogènes est façonné par compression, de préférence par compression isostatique à chaud, pour donner un alliage, la proportion des halogènes dans l'alliage étant comprise entre 0,005 et 1,5 % en atomes. 35 40 45
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'atmosphère enrichie en halogènes est mise à disposition sous forme d'une atmosphère gazeuse et/ou liquide. 50
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'atmosphère enrichie en halogènes est mise à disposition avec au moins un gaz inerte. 55

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 10351946 A [0005]
- DE 19627605 C [0005]
- DE 69309167 T [0006]
- EP 0580081 A [0007]
- US 5520879 A [0008]
- EP 0770702 A [0009]