



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 213 365 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.06.2002 Patentblatt 2002/24

(51) Int Cl.7: **C22C 14/00**

(21) Anmeldenummer: **01124481.1**

(22) Anmeldetag: **12.10.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Appel, Fritz, Dr.**
21502 Geesthacht (DE)
- **Lorenz, Uwe**
21397 Bardowick (DE)
- **Oehring, Michael, Dr.**
21502 Geesthacht (DE)

(30) Priorität: **22.11.2000 DE 10058155**

(71) Anmelder: **GKSS-FORSCHUNGSZENTRUM
GEESTHACHT GMBH
21502 Geesthacht (DE)**

(74) Vertreter: **Niedmers, Ole, Dipl.-Phys. et al
Patentanwalt,
Van-der-Smissen-Strasse 3
22767 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Paul, Jonathan, Dr.**
21029 Hamburg (DE)

(54) **Legierung auf der Basis von Titanaluminiden**

(57) Es wird eine Legierung auf der Basis von unter Verwendung von schmelz- und pulvermetallurgischen Techniken hergestellten Titanaluminiden mit einer Legierungszusammensetzung aus Titan, Aluminium und Niob vorgeschlagen. Dabei liegt der Aluminiumgehalt

der Legierung im Bereich zwischen 45,5 und 49 Atom % und der Niobgehalt zwischen 4 bis 10 Atom %. Bor und Kohlenstoff können zwischen 0,1 bis 0,5 Atom % bzw. 0,1 bis 0,8 Atom % vorhanden sein.

EP 1 213 365 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Legierung auf der Basis von unter Verwendung von schmelz- oder pulvermetallurgischen Techniken hergestellten Titanaluminiden mit einer Legierungszusammensetzung aus Titan, Aluminium und Niob.

[0002] Eine Legierung dieser Art ist bekannt (DE-OS 197 35 841). Als metallische Hochtemperaturwerkstoffe wurden bisher vorwiegend Werkstoffe auf Nickelbasis oder Eisenbasis eingesetzt, sogenannte Superlegierungen, die ein hohes spezifisches Gewicht haben. Daher lassen sich mit diesen Werkstoffen regelmäßig keine Konstruktionselemente realisieren, bei denen es bei hoher Festigkeit auf ein sehr geringes Gewicht ankommt, beispielsweise in modernen Energieerzeugungsanlagen, Automobilen oder Flugzeugturbinen, um den Wirkungsgrad derartiger Anlagen und Aggregate zu verbessern. Zur Substitution von Superlegierungen wurden deshalb seit einiger Zeit Legierungen auf der Basis von Titanaluminiden entwickelt und eingesetzt, deren spezifisches Gewicht nur halb so groß wie das der Superlegierungen ist. Technisch relevante Titanaluminid-Legierungen sind aus intermetallischen Phasen γ (TiAl) und α_2 (Ti_3Al) aufgebaut. Die mechanischen Eigenschaften dieser Legierungen hängen von den relativen Volumenanteilen dieser beiden Phasen ab, die ihrerseits vorwiegend durch den Aluminiumgehalt bestimmt sind. Die Zugfestigkeit der gattungsgemäßen Legierungen konnte durch einen 5 bis 10 Atom % Anteil von Niob deutlich verbessert werden, worauf in der gattungsbildenden DE-OS 197 35 841 hingewiesen worden ist. Die gattungsgemäßen Legierungen zeichnen sich durch sehr hohen Zugfestigkeit aus, die, auf das spezifische Gewicht bezogen, die der Superlegierungen übertreffen. Die gute Zugfestigkeit dieser Nb-haltigen Legierungen beruht auf den in ihnen vorhandenen hohen Volumenanteilen der α_2 (Ti_3Al)-Phase. Die α_2 (Ti_3Al)-Phase löst sich jedoch bei Anwendungstemperaturen oberhalb von 700 °C leicht auf und bildet sich in die γ (TiAl)-Phase um. Dieses führt zu großen Strukturänderungen im Gefüge, die für die mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen äußerst nachteilig sind. Unter diesen Bedingungen tritt insbesondere eine hohe Kriechverformung des Werkstoffs auf, die ihn für viele Anwendungen nicht einsetzbar macht. Hinzu kommt, daß die damit verbundenen strukturellen Änderungen im Gefüge des Werkstoffs zu seiner Versprödung führen, die sich sehr nachteilig auf eine nachfolgende Belastung eines aus einem derartigen Werkstoff hergestellten Bauteils bei tiefen Temperaturen auswirkt.

[0003] Um die Kriechfestigkeit und die Gefügestabilität der Titanaluminidlegierungen zu verbessern, wurde bei vorgegebener Legierungszusammensetzung bisher eine Optimierung des Gefüges hauptsächlich durch geeignete Wärmebehandlung vorgenommen. Dabei konnte in bestimmtem Maße die Einstellung sogenannter lamellarer Gefüge erreicht werden. Lamellare Gefüge

wandeln sich jedoch bei Langzeitbelastungen wieder in globulare Gefüge um, d. h. in ihre Ausgangsgefüge vor der Wärmebehandlung. Hinzu kommt noch, daß sich lamellare Legierungen bei tiefen und mittleren Temperaturen als spröde erweisen, was ihre technische Anwendbarkeit sehr stark einschränkt.

[0004] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Legierung auf der Basis von Titanaluminiden bereitzustellen, die diese Nachteile nicht hat, d. h. eine Legierung, die eine große Temperaturfestigkeit sowohl bei hohen als auch niedrigen Temperaturen aufweist, die ebenfalls eine hohe Oxidationsbeständigkeit aufweist und eine hohe Kriechbeständigkeit, wobei die erfindungsgemäße Legierung dennoch einfach und kostengünstig herstellbar und verhältnismäßig einfach bearbeitbar sein soll.

[0005] Gelöst wird die Aufgabe gemäß der Erfindung durch eine Legierungszusammensetzung der gattungsgemäßen Art, bei der der Aluminiumgehalt der Legierung im Bereich zwischen 45,5 und 49 Atom % liegt.

[0006] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß mittels der erfindungsgemäß gewählten Zusammensetzung Titanaluminidlegierungen bereitgestellt werden können, die bei hohen Temperaturen eine deutlich bessere Festigkeit aufweisen. Durch den im Vergleich zu der DE-OS 197 35 84 Titanaluminidlegierung höheren Anteil an Aluminium wird eine unerwartet höhere Oxidationsbeständigkeit erreicht. Ein weiterer Vorteil sind die erfindungsgemäß erreichbaren geringeren Dichten der erfindungsgemäßen Legierungen und die vergleichbar niedrigen Rohstoffkosten. Ein weiterer Vorteil ist, daß sich unter Berücksichtigung des vorangehenden Gesagten der Anwendungsbereich von Titanaluminidlegierungen mittels der erfindungsgemäßen Lösung deutlich erweitert.

[0007] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Legierung ebenfalls Bor, vorzugsweise mit einem Borgehalt in der Legierung im Bereich von 0,1 bis 0,5 Atom %. Der Zusatz von Bor führt vorteilhafterweise zur Bildung von stabilen Ausscheidungen, die zur mechanischen Härtung der erfindungsgemäßen Legierung und zur Stabilisierung des Gefüges der Legierung beitragen.

[0008] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Legierung Kohlenstoff, und zwar vorzugsweise mit einem Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,1 bis 0,8 Atom %. Auch der Zusatz von Kohlenstoff, gegebenenfalls 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.

[0009] Schließlich ist es vorteilhaft, den Niobgehalt in der Legierung im Bereich zwischen 4 bis 10 Atom % zu wählen, womit die Zugfestigkeit der Legierung deutlich verbessert werden kann.

[0010] Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügte einzige Figur näher beschrieben. Diese

zeigt:

ein Diagramm, das die Variation der Fließspannung mit der Aluminiumkonzentration der erfindungsgemäßen Legierung zeigt.

[0011] Bei der Figur wird von einer Legierung des Typs

Ti-aAl-nNb-cC-bB

ausgegangen, bei der für die Konzentrationsintervalle der Legierung gilt, daß $a = 45,5-49$, $n = 4-10$, $c = 0,1-0,8$ und $b = 0,1-0,5$ Atom % ist, wobei im vorliegenden Fall für die Darstellung im Diagramm $n = 10$, $b = 0,2$ und $c = 0,2$ gewählt worden ist. Die Figur enthält die Festigkeitswerte für Raumtemperatur und 900 °C. Darüber hinaus sind die Festigkeitswerte einer durch die gattungsbildende DE-OS 197 35 841 realisierten Legierung in einer Zusammensetzung Ti-45 A1-10Nb-0,2C-0,2B (ebenfalls in Atom %) enthalten.

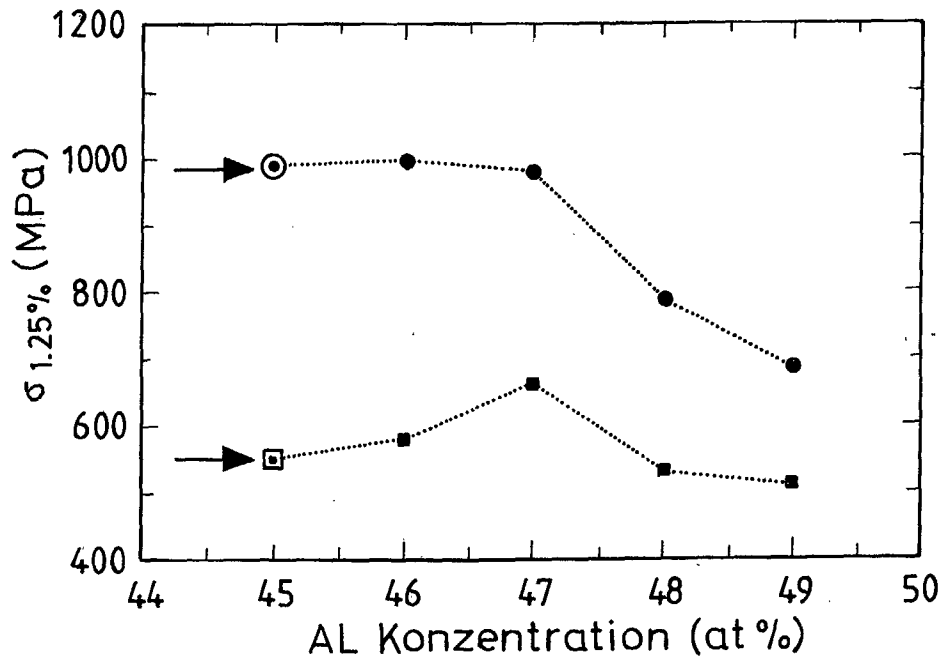
[0012] Wie aus der Figur ersichtlich, werden mit der erfindungsgemäßen Legierung bis zu Aluminiumkonzentrationen von 47 Atom % bei Raumtemperatur nahezu gleiche Fließspannungen von etwa 1000 MPa erreicht. Erst danach fällt die Fließspannung deutlich ab. Bei 900 °C steigt die Fließspannung zunächst deutlich mit der Aluminiumkonzentration an und erreicht bei ca. 47 Atom % ein Maximum und fällt dann wieder zu den an der Legierung Ti-45A1-10Nb-0,2C-0,2B gemessenen Werten ab. Diese Beobachtung weist darauf hin, daß die Hochtemperatur-Fließspannung von Nb-haltigen Titanaluminiden sehr empfindlich vom Aluminiumgehalt abhängt. Dieses ist erfindungsgemäß erkannt worden. Die Zusätze von Kohlenstoff und Bor führen zur Bildung von stabilen Ausscheidungen, die zur mechanischen Härtung der Legierung und zur Stabilisierung des Gefüges beitragen.

[0013] Es ist aus der Figur ersichtlich, daß mittels der erfindungsgemäßen Legierung bei hohen Temperaturen deutlich höhere Festigkeiten der Legierungen erreicht werden können. Durch den im Vergleich zur gattungsgemäßen Legierungszusammensetzung höheren Aluminiumgehalt kann zudem eine bessere Oxidationsbeständigkeit erreicht werden. Weitere Vorteile sind niedrigere Dichten und geringere Gestehungskosten, wodurch sich ebenfalls der Anwendungsbereich der erfindungsgemäßen Legierungen deutlich erweitern läßt.

[0014] Durch die Verwendung herkömmlicher metallurgischer Schmelz- oder Gießmethoden oder auch bekannter pulvermetallurgischer Verfahren können die erfindungsgemäßen Legierungen hergestellt werden. Die erfindungsgemäßen Legierungen können auch durch heiß-isostatisches Verdichten, Wärmebehandlungen, Warm Schmieden und Warmstrangpressen oder eine Kombination dieser Verfahren umgeformt beziehungsweise weiterverarbeitet werden.

Patentansprüche

1. Legierung auf der Basis von unter Verwendung von schmelz- und pulvermetallurgischen Techniken hergestellten Titanaluminiden mit einer Legierungszusammensetzung aus Titan, Aluminium und Niob, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Aluminiumgehalt der Legierung im Bereich zwischen 45,5 und 49 Atom % liegt.
2. Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** diese Bor enthält.
3. Legierung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Borgehalt in der Legierung im Bereich zwischen 0,1 bis 0,5 Atom % liegt.
4. Legierung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** diese Kohlenstoff enthält.
5. Legierung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Kohlenstoffgehalt im Bereich zwischen 0,1 bis 0,8 Atom % liegt.
6. Legierung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Niobgehalt in der Legierung im Bereich zwischen 4 bis 10 Atom % liegt.



Legierung des Typs Ti - 45Al - (5-10)Nb

⊙ Raumtemperatur

□ 900°C

Legierungen des Typs Ti (45,5-49)Al - 10Nb - 0,2C - 0,2B

● Raumtemperatur

■ 900°C



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 12 4481

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 080 (C-0689), 15. Februar 1990 (1990-02-15) -& JP 01 298127 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 1. Dezember 1989 (1989-12-01) * Tabelle 1: Beispiel 10 * * Zusammenfassung *	1-6	C22C14/00
X,D	DE 197 35 841 A (GEESTHACHT GKSS FORSCHUNG) 25. Februar 1999 (1999-02-25) * Fig.2 (Ti-48Al-10Nb)* * Spalte 1, Zeile 56 - Zeile 65 *	1-6	
X	DE 40 37 959 A (GEN ELECTRIC) 6. Juni 1991 (1991-06-06) * Ansprüche; Beispiele *	1,6	
X	EP 0 477 560 A (GEN ELECTRIC) 1. April 1992 (1992-04-01) * Anspruch 1; Beispiele *	1-6	
A	EP 0 568 951 A (GEESTHACHT GKSS FORSCHUNG ;ABB PATENT GMBH (DE)) 10. November 1993 (1993-11-10) * Spalte 3, Zeile 19 - Spalte 4, Zeile 44 *	1-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) C22C
A	SCHIMANSKY F P ET AL: "Spray forming of gamma titanium aluminides" INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, Bd. 7, Nr. 11, November 1999 (1999-11), Seiten 1275-1282, XP004183814 ISSN: 0966-9795 * Zusammenfassung *	1-3,6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 19. März 2002	Prüfer Bjoerk, P
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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04-003)

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

EP 01 12 4481

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-03-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 01298127	A	01-12-1989	JP 2679109 B2	19-11-1997
DE 19735841	A	25-02-1999	DE 19735841 A1	25-02-1999
			CN 1276021 T	06-12-2000
			WO 9909228 A1	25-02-1999
			EP 1015650 A1	05-07-2000
DE 4037959	A	06-06-1991	CA 2025272 A1	05-06-1991
			DE 4037959 A1	06-06-1991
			FR 2655353 A1	07-06-1991
			GB 2238794 A	12-06-1991
			IT 1243408 B	10-06-1994
			JP 3183737 A	09-08-1991
			US 5089225 A	18-02-1992
EP 0477560	A	01-04-1992	US 5082624 A	21-01-1992
			CA 2042252 A1	27-03-1992
			DE 69114646 D1	21-12-1995
			DE 69114646 T2	04-07-1996
			EP 0477560 A1	01-04-1992
			JP 2049047 C	25-04-1996
			JP 5093232 A	16-04-1993
			JP 7076399 B	16-08-1995
EP 0568951	A	10-11-1993	DE 4215194 A1	11-11-1993
			EP 0568951 A2	10-11-1993
			JP 6049568 A	22-02-1994
			US 5503798 A	02-04-1996

EPO FORM P0461

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