

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 652 297 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**26.05.1999 Patentblatt 1999/21**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **C22C 38/06**

(21) Anmeldenummer: **93118045.9**

(22) Anmeldetag: **08.11.1993**

### (54) **Eisen- Aluminium-Legierung und Verwendung dieser Legierung**

Iron-aluminium alloy and application of this alloy

Alliage fer-aluminium et application de cet alliage

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB IE IT LI NL PT SE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**10.05.1995 Patentblatt 1995/19**

(73) Patentinhaber: **ASEA BROWN BOVERI AG**  
**5400 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Nazmy, Mohamed, Dr.**  
**CH-5442 Fislisbach (CH)**  
• **Nosedà, Corrado**  
**CH-8953 Dietikon (CH)**  
• **Staubli, Markus**  
**CH-5605 Dottikon (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 2 387 980** **US-A- 3 026 197**

**EP 0 652 297 B1**

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).

**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

5 **[0001]** Eisen-Aluminium-Legierungen können in thermisch hoch belasteten und oxidierenden und/oder korrodierenden Wirkungen ausgesetzten Teilen thermischer Maschinen verwendet werden. Sie sollen dort in zunehmendem Masse Spezialstähle sowie Nickelbasis-Superlegierungen ersetzen.

## STAND DER TECHNIK

10 **[0002]** Im Literaturaufsatz "Acceptable Aluminium Additions for Minimal Environmental Effect in Iron-Aluminium Alloys", Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 288, S.971-976, beschreiben V.K.Sikka et al. eine Eisen-Aluminium-Legierung mit einem Anteil von ca. 16 At% Aluminium und ca. 5 At% Chrom, welche gegebenenfalls ca. 0,1 At% Kohlenstoff und/oder Zirkonium und/oder 1 at% Molybdän enthält. Die bekannte Legierung weist bei Raumtemperatur gegenüber Eisen-Aluminium-Legierungen mit einem Aluminiumanteil von 22 bis 28 At% eine wesentlich höhere Duktilität auf. Bei einer Temperatur von 700°C ist die Zugfestigkeit dieser Legierung mit ca. 100 MPa relativ klein. Aus der Legierung hergestellte Bauteile sollten daher nicht bei Temperaturen oberhalb 700°C verwendet werden.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

20 **[0003]** Der Erfindung, wie sie in Patentanspruch 1 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, eine Eisen-Aluminium-Legierung zu entwickeln, welche sich bei Temperaturen von mehr als 700°C durch gute mechanische Eigenschaften auszeichnet. Aufgabe der Erfindung ist auch eine geeignete Verwendung dieser Legierung.

25 **[0004]** Die erfindungsgemässe Legierung weist selbst bei Temperaturen zwischen 700 und 800°C noch mechanische Eigenschaften auf, die deren Einsatz in mechanisch geringfügig belasteten Bauteilen ermöglichen. Zugleich zeichnet sich die erfindungsgemässe Legierung durch eine ausgezeichnete Thermoschockbeständigkeit aus und kann daher mit besonderem Vorteil in temperaturwechselbelasteten Teilen thermischer Anlagen, wie insbesondere als Gehäuse oder Gehäuseteil einer Gasturbine oder eines Turboladers oder als Düsenring, insbesondere für einen Turbolader, eingesetzt werden. Darüber hinaus lässt sich die Legierung sehr kostengünstig durch Giessen oder durch Walzen herstellen. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemässen Legierung besteht darin, dass ihre Bestandteile ausschliesslich Metalle aufweisen, welche vergleichsweise preiswert und unabhängig von strategischpolitischer Beeinflussung verfügbar sind.

## WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

35 **[0005]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in einer Figur näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

40 **[0006]** Hierbei zeigt die einzige Figur ein Diagramm, in dem die Zugfestigkeit UTS [MPa] einer Legierung I nach der Erfindung und einer Legierungen II nach dem Stand der Technik in Abhängigkeit von der Temperatur T [°C] dargestellt ist.

**[0007]** Die in der Figur angegebenen Legierungen I und II weisen die folgenden Zusammensetzungen auf:

**[0008]** Legierung I (Legierung gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung):

Bestandteil	At. %
Aluminium	16,00
Chrom	5,00
Niob	1,00
Silicium	1,00
Bor	3,53
Titan	1,51
Kohlenstoff	300ppm
Zirkonium	100ppm
Eisen	Rest

**[0009]** Legierung II (Legierung nach dem Stand der Technik)

Bestandteil	At%.
Silicium	4,00
Kohlenstoff	3,35
Molybdän	1,00
Mangan	0,30
Phosphor	0,01
Schwefel	0,05
Eisen	Rest

**[0010]** Die Legierung I wurde in einem Lichtbogenofen unter Argon als Schutzgas erschmolzen. Als Ausgangsmaterialien dienten die einzelnen Elemente mit einem Reinheitsgrad von mehr als 99 %. Die Schmelze wurde zu einem Gusskörper von ca. 100 mm Durchmesser und ca. 100 mm Höhe abgegossen. Der Gusskörper wurde unter Vakuum wieder aufgeschmolzen und ebenfalls unter Vakuum in Form von Rundstäben mit ca. 12 mm Durchmesser und ca. 70 mm Länge, in Form von Karotten mit einem minimalen Durchmesser von ca. 10 mm, einem maximalen Durchmesser von ca. 16 mm und einer Länge von ca. 65 mm oder in Form von diskusförmigen Scheiben mit einem Scheibendurchmesser von 80 mm, einer Scheibendicke bis zu 14 mm und einem Radius am Scheibenrand von ca. 1 mm vergossen. In einem weiteren Schritt wurde in die diskusförmigen Scheiben entlang der Scheibenachse jeweils eine Bohrung mit einem Durchmesser von 19,5 mm eingebracht. Aus den Rundstäben und Karotten wurden Probekörper für Zugversuche hergestellt. Die Scheiben dienten der Bestimmung der Thermoschockbeständigkeit. Entsprechend bemessene Probekörper zur Bestimmung der mechanischen Festigkeit und der Thermoschockbeständigkeit wurden aus der kommerziell erhältlichen und in grossem Umfang als Werkstoff für Gasturbinengehäuse eingesetzten Legierung II und einer verwandten Legierung mit einem um ca. 25% geringeren Anteil an Silicium und einem um ca. 40% geringeren Anteil an Molybdän hergestellt.

**[0011]** Die Zugversuche wurden in Abhängigkeit von der Temperatur durchgeführt. Hieraus ergab sich für die erfindungsgemässe Legierung I eine Zugfestigkeit, welche bei einer Temperatur von 800°C mit ca. 100 MPa erheblich höher ist als diejenige der Legierung II nach dem Stand der Technik. Entsprechendes gilt auch für die in der Figur nicht dargestellte Legierung nach dem Stand der Technik mit reduzierten Silicium- und Molybdänanteilen.

**[0012]** Mit Hilfe der diskusförmigen Scheiben wurde die Thermoschockbeständigkeit nach Glenny ermittelt. Je zwei Scheiben pro Legierung wurden zyklisch jeweils in einem Fließbett auf 650°C aufgeheizt und danach mit Pressluft auf 200°C abgekühlt. Nach einer bestimmten Anzahl solcher Aufheiz- und Abkühlzyklen wurde sodann die Anzahl von sich möglicherweise am Rand der Scheiben bildenden Rissen mit einer Risslänge grösser 2 mm gezählt. Die aufsummierte Anzahl der an beiden Scheiben auftretenden Risse in Abhängigkeit von der Zyklenzahl ist nachfolgend für die erfindungsgemässe Legierung I sowie die beiden Legierungen nach dem Stand der Technik angegeben.

Zyklenzahl	Anzahl Risse grösser 2 mm		
	Legierung I (Erfindung)	Legierung II	weitere Legierung
		(Stand der Technik)	
140	0	0	0
240	0	2	1
340	0	2	4
540	0	4	4
740	0	4	8

**[0013]** Hieraus ist ersichtlich, dass bei den üblicherweise als Werkstoff für Gasturbinengehäuse verwendeten Legierungen nach dem Stand der Technik bereits nach 240 Zyklen unerwünschte Risse auftraten, wohingegen die Legierung nach der Erfindung selbst nach 740 Zyklen noch rissfrei blieb.

**[0014]** Die Legierung nach der Erfindung übertrifft vergleichbar verwendbare Legierungen nach dem Stand der Technik nicht nur hinsichtlich der mechanischen Festigkeit bei Temperaturen höher 700°C, sondern auch hinsichtlich der Thermoschockbeständigkeit. Die erfindungsgemässe Legierung kann daher mit besonderem Vorteil als Werkstoff für Bauteile von thermischen Anlagen verwendet werden, welche bei Temperaturen zwischen 700°C und 800°C noch eine relativ hohe mechanische Festigkeit aufweisen, und welche wie Gasturbinengehäuse starken Temperaturwechselbelastungen unterliegen.

**[0015]** Gute Festigkeitseigenschaften bei Temperaturen zwischen 700 und 800°C und eine hohe Thermoschockbe-

ständigkeit weisen erfindungsgemäss ausgeführte Legierung dann auf, wenn der Aluminiumgehalt mindestens 12 und höchstens 18 At% beträgt. Sinkt der Aluminiumgehalt unter 12 At%, so verschlechtern sich die Oxidations-, die Korrosions- und die Thermoschockbeständigkeit der erfindungsgemässen Legierung. Ist der Aluminiumgehalt grösser 18 At%, so versprödet die Legierung zunehmend.

**[0016]** Durch Zulegieren von 0,1 bis 10 At% Chrom wird die Thermoschock-, die Oxidations- und die Korrosionsbeständigkeit weiter erhöht. Zudem wird durch Chrom die Duktilität verbessert. Zugaben von mehr als 10 At.-% Cr verschlechtern jedoch im allgemeinen die mechanischen Eigenschaften wieder.

**[0017]** Durch Zulegieren von 0,1 bis 2 At% Niob wird die Härte und die Festigkeit der erfindungsgemässen Legierung erhöht. Neben oder anstelle von Niob können auch Wolfram und/oder Tantal mit einem Anteil von 0,1 bis 2 At% zulegiert werden.

**[0018]** Ein Anteil an 0,1 bis 2 At% Silicium verbessert die Giessbarkeit der erfindungsgemässen Legierung und wirkt sich günstig auf deren Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit aus. Zudem wirkt Silicium härtesteigernd.

**[0019]** Durch Zulegieren von 0,1 bis 5 At% Bor und 0,01 bis 2 At% Titan wird die Thermoschock-, die Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit der erfindungsgemässen Legierung ganz erheblich verbessert. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass sich dann in der Legierung fein verteiltes Titandiborid  $TiB_2$  bildet. Bei hohen Temperaturen und unter oxidierenden und/oder korrodierenden Bedingungen bildet sich auf der Oberfläche der erfindungsgemässen Legierung eine überwiegend Aluminiumoxide enthaltende Schutzschicht aus. Die Titandiborid-Phase trägt zu einer wesentlichen Stabilisierung dieser Schutzschicht bei, indem die Titandiborid-Phase etwa in Form nadelförmiger Kristallite aus der Legierung in die Schutzschicht eingreift und dadurch eine besonders gute Haftung der Schutzschicht auf der darunterliegenden Legierung bewirkt. Der Anteil an Bor sollte nicht mehr als 5 At% und derjenige von Titan nicht mehr als 2 At% betragen, da sich andernfalls zuviel Titandiborid bildet und die Legierung versprödet. Liegt der Boranteil unter 0,1 At% und derjenige von Titan unter 0,01 At%, so verschlechtern sich die Thermoschock-, die Oxidations- und die Korrosionsbeständigkeit der erfindungsgemässen Legierung ganz erheblich.

**[0020]** Eine geringfügige Erhöhung der mechanischen Festigkeit und zugleich eine erhebliche Verbesserung der Schweissbarkeit wird durch Zulegieren von 100 bis 500 ppm Kohlenstoff und 50 bis 200 ppm Zirkonium erreicht.

**[0021]** Besonders gute Werte der mechanischen Festigkeit und der Thermoschockbeständigkeit weisen Legierungen der folgenden Zusammensetzung auf:

14 - 16 Aluminium  
0,5 - 1,5 Niob  
4 - 6 Chrom  
0,5 - 1,5 Silicium  
3 - 4 Bor  
1 - 2 Titan  
ca. 300 ppm Kohlenstoff  
ca. 100 ppm Zirkonium  
Rest Eisen.

#### Patentansprüche

1. Legierung auf der Basis von Eisen und Aluminium, dadurch gekennzeichnet, dass sie folgende Bestandteile in Atomprozent enthält:

12 - 18 Aluminium  
0,1 - 10 Chrom  
0,1 - 2 Niob  
0,1 - 2 Silicium  
0,1 - 5 Bor  
0,01 - 2 Titan  
100 - 500 ppm Kohlenstoff  
50 - 200 ppm Zirkonium  
Rest Eisen.

2. Legierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie folgende Bestandteile enthält:

14 - 16 Aluminium  
0,5 - 1,5 Niob

4 - 6 Chrom  
0,5 - 1,5 Silicium  
3 - 4 Bor  
1 - 2 Titan  
ca. 300 ppm Kohlenstoff  
ca. 100 ppm Zirkonium  
Rest Eisen.

3. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1 als thermoschockbeständiger Werkstoff.

4. Verwendung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff der Bildung eines heissgasführenden Bauteils, insbesondere des Gehäuses einer Gasturbine dient.

### Claims

1. Alloy on the basis of iron and aluminium, characterized in that it comprises the following constituents in atom per cent:

12 - 18 aluminium  
0.1 - 10 chromium  
0.1 - 2 niobium  
0.1 - 2 silicon  
0.1 - 5 boron  
0.01 - 2 titanium  
100 - 500 ppm carbon  
50 - 200 ppm zirconium  
remainder iron.

2. Alloy according to Claim 1, characterized in that it comprises the following constituents:

14 - 16 aluminium  
0.5 - 1.5 niobium  
4 - 6 chromium  
0.5 - 1.5 silicon  
3 - 4 boron  
1 - 2 titanium  
approximately 300 ppm carbon  
approximately 100 ppm zirconium  
remainder iron.

3. Use of the alloy according to Claim 1 as a thermal-shock resistant material.

4. Use according to Claim 3, characterized in that the material serves to form a component carrying hot gas, in particular the casing of a gas turbine.

### Revendications

1. Alliage à base de fer et d'aluminium, caractérisé en ce qu'il contient les constituants suivants en pourcentages atomiques:

12 - 18 aluminium  
0,1 - 10 chrome  
0,1 - 2 niobium  
0,1 - 2 silicium  
0,1 - 5 bore  
0,01 - 2 titane

## EP 0 652 297 B1

100 - 500 ppm carbone  
50 - 200 ppm zirconium  
solde fer

5     **2.** Alliage suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient les constituants suivants:

14 - 16 aluminium  
0,5 - 1,5 niobium  
4 - 6 chrome  
10     0,5 - 1,5 silicium  
3 - 4 bore  
1 - 2 titane  
env. 300 ppm carbone  
env. 100 ppm zirconium  
15     solde fer.

**3.** Utilisation de l'alliage suivant la revendication 1 comme matériau résistant au choc thermique.

20     **4.** Utilisation suivant la revendication 3, caractérisée en ce que le matériau sert à la formation d'un composant conduisant des gaz chauds, en particulier de l'enveloppe d'une turbine à gaz.

25

30

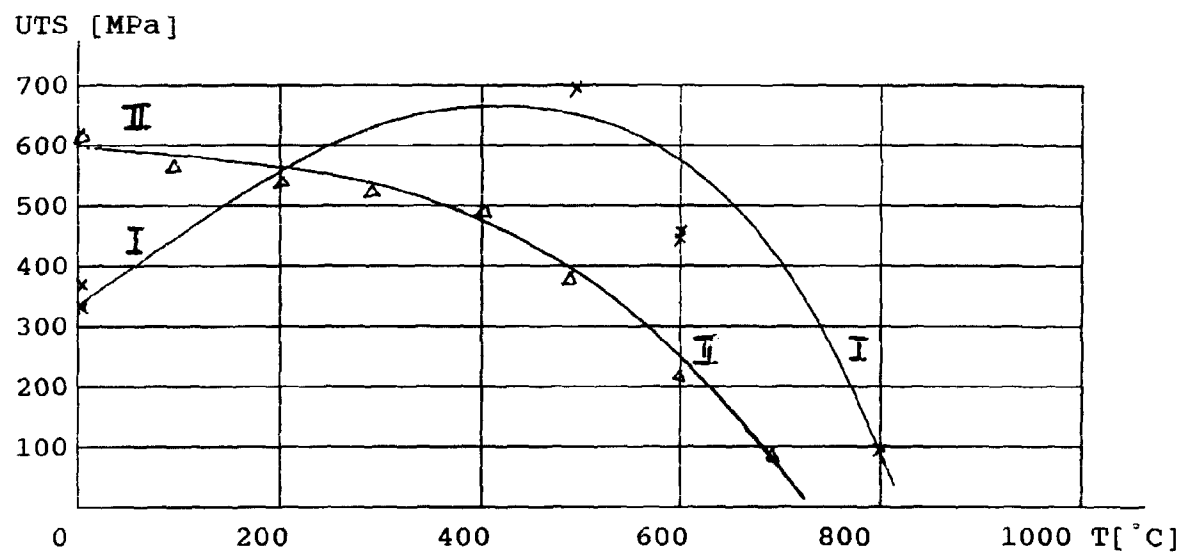
35

40

45

50

55



I = 16Al - 5Cr - 1Nb - 1Si - 3,53B - 1,51 Ti - 300ppm C - 100ppm Zr - Rest Fe

II = 4,0Si - 3,35C - 1Mo - 0,3Mn - 0,01P - 0,05S - Rest Fe