



(11) **EP 1 568 795 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.04.2008 Patentblatt 2008/18

(51) Int Cl.:
C22C 19/05 *(2006.01)* **F01D 5/28** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04024768.6**

(22) Anmeldetag: **18.10.2004**

(54) **Hitzebeständige Superlegierung und ihre Verwendung**

Heat resistant superalloy and its use

Superalliage résistant à la chaleur et son utilisation

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(30) Priorität: **20.11.2003 EP 03026683**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.08.2005 Patentblatt 2005/35

(73) Patentinhaber: **BorgWarner Inc.**
Auburn Hills,
MI 48326-2872 (US)

(72) Erfinder: **Schall, Gerald**
Bobenheim-Roxheim 67240 (DE)

(74) Vertreter: **Kügele, Bernhard et al**
Novagraaf International SA,
25, avenue du Pailly
1220 Les Avanchets - Geneva (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 1999, Nr.
10, 31. August 1999 (1999-08-31) -& JP 11 131162
A (HITACHI METALS LTD; YASUGI SEISAKUSHO:
KK), 18. Mai 1999 (1999-05-18)
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** Bd. 2003, Nr.
02, 5. Februar 2003 (2003-02-05) -& JP 2002
294374 A (HITACHI METALS LTD; HMY LTD), 9.
Oktober 2002 (2002-10-09)

EP 1 568 795 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).

BeschreibungGebiet der Erfindung

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine hitzebeständige Superlegierung, insbesondere auf eine solche auf Nickel-Basis. Solche Legierungen werden in Turbinen für die verschiedensten Komponenten, aber auch für andere Zwecke eingesetzt, beispielsweise für Teile von Öfen und in Öfen aufzustellende Geräte. Die Erfindung bezieht sich aber auch auf eine besondere Verwendung dieser Superlegierung.

10 Hintergrund der Erfindung

[0002] Wie oben erwähnt, sind Legierungen für ähnliche Zwecke in zahlreicher Form bekannt, wie etwa aus den U.S. Patenten Nr. 3,466,171; 4,236,921 JP-A-11131162 oder 5,439,640 hervorgeht. Auf dem Markt befindet sich auch die unter der Bezeichnung MAR 247 LC auf dem Markt befindliche Legierung wird besonders zur Erzielung höherer Schwingfestigkeiten an Turbinenrädern eingesetzt und besteht aus elf Elementen, worunter sich ein großer Anteil an Kobalt, aber auch ein relativ großer Anteil an Tantal und Hafnium befindet. Dies macht diese Legierung auch relativ wenig kostengünstig.

15 **[0003]** Bei den oben angegebenen Einsatzgebieten wird im allgemeinen eine Korrosionsfestigkeit gegenüber Heißgas, eine hohe Lebensdauer (Zeitstandsfestigkeit), aber auch die Kriechfestigkeit eine Rolle für den Gebrauchswert spielen. Im Falle von Turbinenrädern, und insbesondere im Falle der hochoberflächigen Turbinen von Turboladern, kommt noch die Schwingfestigkeit hinzu, weil die Räder hohen Schwingungsbeanspruchungen bei wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind.

25 Kurzfassung der Erfindung

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Legierung mit verbesserten Schwingfestigkeitseigenschaften und, wenn möglich, geringeren Kosten zu schaffen. Erfindungsgemäß gelingt die Lösung dieser Aufgabe dadurch, dass die Legierung folgenden Bedingungen genügt:

- 30 - Kohlenstoff 0,01 - 0,2 Gew.-%
 - Chrom 8 - 10 Gew.-%
 - Aluminium 4 - 6 Gew.-%
 - Titan 2 - 4 Gew.-%
 - Molybdän 1,5 - 2,8 Gew.-%
 35 - Wolfram 10 - 13,5 Gew.-%
 - Niob 1,5 - 2,5 Gew.-%
 - Bor $0 < B \leq 0,04$ Gew.-%
 - Zirkonium $0 < Zr \leq 0,15$ Gew.-%
 - der Gehalt an Hafnium und Lanthan zusammen beträgt $0 < Hf + La \leq 1,5$ Gew.-%,
 40 - gegebenenfalls Spuren von Tantal,
 - wobei der Rest Nickel ist.

[0005] Diese Legierung weist also überhaupt kein Kobalt und nur geringe Anteile an Tantal und Hafnium auf und ist deshalb kostengünstiger als bisher. Sie erlaubt eine richtungsorientierte Erstarrung, ist beständig gegen das Aufbrechen der Korngrenzen beim Gießen, ist auch für dünne Wandstärken geeignet und zeigt - gegenüber dem Stand der Technik - eine verbesserte Karbidmikrostruktur, verbesserte Karbidstabilität und - was ebenfalls besonders wichtig ist - eine relativ hohe Duktilität. Dabei sollten die Spuren von Tantal jedenfalls unter 2 Gew.-% liegen, vorzugsweise unter 1,5 Gew.-%, insbesondere unter 1 Gew.-%.

45 **[0006]** Daneben ergibt sich durch den relativ hohen Anteil an Wolfram und Molybdän, welche eine starke Bindung zu Nickel aufweisen, eine Erhöhung des Elastizitätsmoduls, eine Erhöhung der γ -Lösungstemperatur und nicht zuletzt auch eine Optimierung der Lebensdauer bezüglich der Schwingfestigkeit. Diese Anteile, nämlich an Wolfram und Molybdän, zusammen sind vorzugsweise > 14 Gew.-%.

50 **[0007]** Dabei ist die γ -Ausbildung Ni_3 auf die Anteile an Aluminium und Titan zurückzuführen, die vorzugsweise zusammen einen Anteil von > 7 Gew.-% ausmachen. Der Anteil an Aluminium dient nun einem doppelten Zweck, nämlich einerseits zur Bildung der γ -Phase von Nickel und andererseits zum Erhalt eines Langzeitkorrosionsschutzes, weil es an der Oberfläche eine Schutzschicht aus Al_2O_3 ausbildet, das bei hohen Temperaturen, insbesondere des die Turbine eines Turboladers antreibenden Abgases, besonders wirksam ist. Die Elemente Ti, Nb und Al sind für die Ausscheidungshärtung und die intermetallische Verbindung verantwortlich, welche letztere bei der erfindungsgemäßen Legierung

besonders dicht ist. Diese drei Elemente zusammen sollten daher bevorzugt zusammen einen größeren Anteil als 9,5 Gew.-% haben. Die Ausscheidungshärtung erreicht ein höheres Niveau an Nennfestigkeit, so daß die Werkstoffmatrix weniger plastische als elastische thermodynamische Schwingamplituden zu ertragen hat und damit auch eine höhere Schwingfestigkeit erzielt.

[0008] Dazu sei betont, daß der generelle mikrostrukturelle Effekt des erfindungsgemäß nur geringen Ti-Gehaltes die Größe der Ausbildung von eutektischer Nadeln (Dendriten) der γ/γ' -Phasen und den Volumenanteil im Eutektikum reduziert. Dies wiederum ist sehr signifikant für die Verringerung von Korngrenzenbrüchen.

[0009] Neben der Schutzschicht aus Al_2O_3 trägt zur Korrosionsbeständigkeit auch das Zusammenwirken der Grundelemente der Matrix mit dem Element Lanthan bei. Für die erwünschte verbesserte Duktilität ist natürlich eine Korngrenzenverfeinerung von Wichtigkeit. Dazu tragen die Elemente B, C, Zr, Hf und La bei. Gerade Hafnium und Lanthan (das also hier eine mehrfache und synergetische Funktion hat) erzielen Mikrolegierungen, die eine absolute Steigerung der Duktilität bzw. der Kohäsions-/Adhäsionsverhältnisse an den Korngrenzen der Matrix bewirken. Dabei ist es aber bevorzugt, wenn der Gehalt an Hafnium und Lanthan zusammen maximal 0,7 Gew.-% beträgt. So wird dann der Lanthan-gehalt wenigstens 0,0035 Gew.-% betragen und wird zweckmäßig 0,015 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-% nicht übersteigen. Andererseits sollte der Hafniumgehalt mindestens 0,3 Gew.-% betragen und vorteilhaft maximal 0,7 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,6 Gew.-%, ausmachen. Diese Anteile werden der Versetzungsneigung innerhalb der Werkstoffmatrix entgegenwirken, was eine positive Zeitverzögerung für eine Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl ("low-cycle fatigue") und damit eine deutliche Verbesserung der Lebensdauer zur Folge hat.

[0010] Bei der erfindungsgemäßen Superlegierung ergeben sich aber noch weitere günstige (mehrfache und synergetische) Funktionsmechanismen. Beispielsweise wird in der Legierung das Element Hafnium in die γ' -Phase von Nickel eingebaut und erhöht dabei seine Festigkeit. Gleichzeitig vermindert sich durch den Hafnium-Anteil auch die Heißris-sigkeit beim Gießen der Legierung, besonders bei Werkstoffen mit columnaren Dendriten (Stengelkorn).

[0011] Die Elemente B und Zr verbessern die Kriechfestigkeit, die Zeitstandsfestigkeit und die Duktilität (zu der also mehrere Elemente dieser Legierung beitragen) durch Korngrenzenkohäsion. Beide Elemente verhindern die Bildung von Karbidfilmen auf den Korngrenzen. Diese Elemente sind aber nur in solchen Spuren einzubringen, um die Korn-grenzen zu sättigen. Deshalb ist es bevorzugt, wenn der Gehalt an Bor zwischen 0,01 und 0,035 Gew.-% und/oder der Gehalt an Zirkonium zwischen 0,02 und 0,08 Gew.-% liegt.

[0012] Schließlich sei auch noch darauf hingewiesen, dass das Element Niob das Aluminium in der γ' -Phase substituiert und dabei den γ' -Anteil in erwünschter Weise erhöht. Nun wird aber die Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl ("low-cycle fatigue") stark von der Feinheit der γ' -Phase beeinflusst, und es ist nun das Element Niob, welches einer γ' -Vergrö-ßerung sehr effektiv entgegenwirkt. Dazu spielt dieses Element in der erfindungsgemäßen Matrix auch noch die Rolle eines Mischkristallbildners.

[0013] Insgesamt hat es sich gezeigt, daß die Legierung in Umgebungen bis 900°C frei von der Bildung einer sigma-Phase ist. Dies - zusammen mit der verbesserten Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl ("low-cycle fatigue") macht die erfindungsgemäße Legierung besonders für den Einsatz für Turbinenräder, insbesondere von Turboladern, geeignet.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0014] Weitere Einzelheiten der Erfindung sollen im folgenden an Hand der Zeichnung besprochen werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Mikroschliffbild einer erfindungsgemäßen Legierung, von welcher

Fig. 2 einen vergrößerten Ausschnitt zur Verdeutlichung der Korngrenzen darstellt.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnung

[0015] In Fig. 1 ist ein Mikroschliffbild einer Legierung nach dem später besprochenen Beispiel 1 zu sehen. Die Oberfläche der Legierung mit der gegen Korrosion schützenden Al_2O_3 -Schicht ist in dieser Figur nicht zu sehen. Sie zeigt aber deutlich die γ' -Phase, welche in dichten annähernd länglich hexagonalen Kristalliten mit überraschend geringer gegenseitiger Versetzung und richtungsorientierter Erstarrung für eine äußerst hohe Festigkeit und geringe Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl ("low-cycle fatigue") sorgen. Damit ist sie beständig gegen das Aufbrechen der Korngrenzen beim Gießen und ist auch für dünne Wandstärken geeignet, wie sie besonders für die Rotorblätter von Turbinenrotoren, insbesondere einer hoher Temperatur ausgesetzten Turbine wie in einem Turbolader erforderlich sind. Eutektische Nadeln (Dendriten) der γ/γ' -Phase sind in diesem Bild überhaupt nicht feststellbar.

[0016] Dabei zeigen die Korngrenzen Ränder, welche noch deutlicher aus Fig. 2 erkennbar sind (10-fache Vergrö-ßerung), einer gerade so dünnen Schicht von vorwiegend Titan, Tantal, Hafnium und Lanthan, daß - wie ersichtlich - die Kornoberfläche gerade bedeckt ist. Dies hat zwei wesentliche Vorteile, zum einen kann der Anteil der zuletzt ge-nannten, teuren Elemente sehr gering gehalten werden, zum anderen bewirken, wie bereits erwähnt, die Elemente

EP 1 568 795 B1

Hafnium und Lanthan eine absolute Steigerung der Duktilität bzw. der Kohäsions-/Adhäsionsverhältnisse an den Korngrenzen der Matrix bewirken, wo sie allenfalls zusammen mit dem Molybdänanteil, wie ein "Schmiermittel" an den Korngrenzen wirken, das eine gute Duktilität erlaubt, letztlich damit aber auch zur geringen Ermüdung beiträgt. Fig. 2 macht damit deutlich, warum die genannten Elemente erfindungsgemäß in so geringen Mengen vorhanden sind.

[0017] Die Erfindung wird nun an Hand der nachfolgenden Beispiele besser verständlich.

Beispiel 1:

[0018] Es wurde eine Legierung mit folgender Zusammensetzung (in Gew.-%) verwendet, wobei der Rest von Nickel gebildet wurde:

C	Cr	Al	Ti	Mo	W	Nb	B	Zr	Hf	La	Ta
0,1	9	5	3	2,5	12,5	2	0,02	0,05	0,4	0,01	0,2

[0019] Dies ergab also einen Nickelanteil von 65,22 Gew.-%. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Legierung somit einen Totalgehalt an Wolfram und Molybdän von 15 Gew.-% und einen Totalgehalt von Aluminium und Titan von 8 Gew.-% hatte, wobei die Summe der Gehalte an Titan, Niob und Aluminium 10 Gew.-% ausmachte. Der Gehalt an Hafnium und Lanthan machte demgemäß 0,41 Gew.-% aus, lag also weit unter dem maximalen Gehalt und sogar noch unterhalb des bevorzugten Maximalwertes von 0,7 Gew.-%.

[0020] Die so gebildete Legierung wurde anschließend heißisostatisch bei 1200°C und einem Druck von 1400 bar während vier Stunden gepreßt. Sodann wurden Proben erstellt und entsprechend ASTM, Standard E 139 getestet. Dabei wurden diese Proben bei 500°C, bei 750°C und 900°C einem Schwingfestigkeitstest bei einer Frequenz von $1 \cdot s^{-1}$ bzw. $5 \cdot s^{-1}$ unterzogen, d.h. es handelte sich um eine Testreihe von insgesamt 6 Tests. In allen Tests wurden bis zum Bruch der Proben die erhofften und verbesserten längeren Standzeiten erreicht, wobei die Leistung im Dauerfestigkeitsbereich, wie folgt definiert wurde:

Temp.: 500°C; Schwingspielzahl $10^3 \times 10^3$: minimal 305 N/mm² Schwingamplitudenspannung;

Temp.: 750°C; Schwingspielzahl $10^3 \times 10^3$: minimal 360 N/mm² Schwingamplitudenspannung;

Temp.: 900°C, Schwingspielzahl $10^3 \times 10^3$: minimal 380 N/mm² Schwingamplitudenspannung.

[0021] Die Korrosionsbeständigkeit wurde in einem Heißgastest geprüft, und dies zeigte ein Schliffbild unter dem Rasterelektronenmikroskop mit einer deutlichen Aluminiumschicht an der Oberfläche, welche zu Al₂O₃ oxydierte und damit eine Korrosionsschutzschicht lieferte. Dieses Schliffbild deutete auch klar auf die Sättigung der Korngrenzen durch Bor und Zirkonium. Es kam zu weder zur Ausbildung von nennenswerten Dendriten noch zu kolumnaren Kristallen, vielmehr fand sich ein ziemlich gleichmäßiges Korn, wie man es nur wünschen konnte (vgl. Fig. 1)

[0022] Mit einem Teil der Proben wurde dann gezeigt, dass eine ausgezeichnete Duktilität und Elastizität erhalten wurde, wie es besonders bei Turbinenschaufeln von Bedeutung ist.

Beispiel 2:

[0023] Es wurde eine zweite Legierung mit folgender Zusammensetzung (in Gew.-%) verwendet, wobei der Rest von Nickel gebildet wurde:

C	Cr	Al	Ti	Mo	W	Nb	B	Zr	Hf	La
0,09	9,5	5,5	2,5	2	13	1,75	0,025	0,08	0,45	0,005

[0024] Dies ergab also einen Nickelanteil von 65,1 Gew.-%. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Legierung somit einen Totalgehalt an Hafnium und Lanthan von 0,455 Gew.-% aufwies, einen Totalgehalt an Wolfram und Molybdän von 15 Gew.-% und einen Totalgehalt von Aluminium und Titan von 8 Gew.-%, wobei die Summe der Gehalte an Titan, Niob und Aluminium 9,75 Gew.-% ausmachte. Hier wurde also kein Tantal verwendet.

[0025] Die so gebildete Legierung wurde anschließend denselben Tests wie in Beispiel 1 unterworfen, wobei die Elastizität gegenüber Beispiel 1 leicht verbessert war.

Beispiel 3:

[0026] Es wurde eine dritte Legierung mit folgender Zusammensetzung (in Gew.-%) verwendet, wobei der Rest von Nickel gebildet wurde:

C	Cr	Al	Ti	Mo	W	Nb	B	Zr	Hf	La	Ta
0,12	8,5	4,5	3,5	2,75	11,5	2,3	0,01	0,03	0,6	0,004	0,6

[0027] Dies ergab also einen Nickelanteil von 65,586 Gew.-%. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Legierung somit einen Totalgehalt an Hafnium und Lanthan von 0,604 Gew.-% aufwies, einen Totalgehalt an Wolfram und Molybdän von 15 Gew.-% und einen Totalgehalt von Aluminium und Titan von 8 Gew.-%, wobei die Summe der Gehalte an Titan, Niob und Aluminium 10 Gew.-% ausmachte.

[0028] Die wie im Beispiel 1 durchgeführten Tests ergaben eine leicht gesteigerte Duktilität. Als aber dann ein Dauerversuch in korrodierender Atmosphäre (Verbrennungsgase eines Benzinmotors bei etwa 900°C) durchgeführt wurde, zeigte sich im Vergleich zu einer ähnlichen Prüfung der Proben der Beispiele 1 und 2 eine etwas verringerte Korrosionsbeständigkeit.

Beispiel 4

[0029] Dieses Beispiel diene - nach den vorausgehenden guten Ergebnissen mit Legierungen der Beispiele 1 bis 3 - hauptsächlich dem Zwecke, die Tendenzen abschätzen zu können, welche sich bei etwas extremeren Anteilen der Elemente ergeben würden. Es wurde daher eine vierte Legierung mit folgender Zusammensetzung (in Gew.-%) verwendet, wobei der Rest von Nickel gebildet wurde:

C	Cr	Al	Ti	Mo	W	Nb	B	Zr	Hf	La
0,18	10,0	6	2	1,5	10,5	1,5	0,03	0,02	0,8	0,02

[0030] Dies ergab also einen Nickelanteil von 67,45 Gew.-%. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Legierung somit einen Totalgehalt an Hafnium und Lanthan von 0,82 Gew.-% aufwies, einen Totalgehalt an Wolfram und Molybdän von 12 Gew.-% und einen Totalgehalt von Aluminium und Titan von 8 Gew.-%, wobei die Summe der Gehalte an Titan, Niob und Aluminium 9,5 Gew.-% ausmachte. Auch hier hatte man auf die Zugabe von Tantal verzichtet.

[0031] Es sei gleich darauf hingewiesen, daß die damit hergestellten Proben keine zusätzliche Verbesserung der Eigenschaften im Vergleich zu denen der Beispiele 1 bis 3 brachten. Es war - trotz des im Vergleich höheren Anteils an Hafnium und Lanthan - die Duktilität eher geringer, was möglicherweise auf den höheren Anteil an C und Cr, möglicherweise aber auch auf den Verzicht auf Tantal, zurückzuführen ist.

[0032] Es wurden noch weitere Beispiele durchgeführt, um die Grenzanteile der Legierungselemente zu bestimmen, wobei man die in den Patentansprüchen stehenden und oben besprochenen Werte ermittelte.

[0033] Aus den Legierungen der obigen Beispiele wurden auch Turbinenrotoren für Turbolader hergestellt, welche man zunächst 8 Stunden lang einem Lösungsglühen bei 1200°C und sodann einer Ausscheidungshärtung bei 860°C über 16 Stunden, jedes Mal mit nachfolgender Luftkühlung unterzog. Alle Proberotoren wurden einem Dauertest unterzogen und bewährten sich über die Erwartungen.

Patentansprüche

1. Hitzebeständige Superlegierung, welche folgenden Bedingungen genügt:

- Kohlenstoff 0,01 - 0,2 Gew.-%
- Chrom 8 - 10 Gew.-%
- Aluminium 4 - 6 Gew.-%
- Titan 2 - 4 Gew.-%
- Molybdän 1,5 - 2,8 Gew.-%
- Wolfram 10 - 13,5 Gew.-%
- Niob 1,5 - 2,5 Gew.-%
- Bor $0 < B \leq 0,04$ Gew.-%

EP 1 568 795 B1

- Zirkonium $0 < \text{Zr} \leq 0,15 \text{ Gew.-%}$,
- der Gehalt an Hafnium und Lanthan zusammen beträgt $0 < \text{Hf} + \text{La} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$,
- gegebenenfalls Spuren unter 2 Gew.-% von Tantal,
- wobei der Rest Nickel ist.

5

2. Superlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Bor wenigstens einer der folgenden Bedingungen genügt:

10

- (a) er beträgt wenigstens 0,01 Gew.-%;
- (b) er beträgt maximal 0,035 Gew.-%.

3. Superlegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Zirkonium wenigstens einer der folgenden Bedingungen genügt:

15

- (a) er beträgt wenigstens 0,02 Gew.-%;
- (b) er beträgt maximal 0,08 Gew.-%.

4. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Lanthan wenigstens einer der folgenden Bedingungen genügt:

20

- (a) er beträgt wenigstens 0,0035 Gew.-%;
- (b) er beträgt maximal 0,015 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,01 Gew.-%.

5. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Hafnium und Lanthan zusammen maximal 0,7 Gew.-% beträgt, wobei vorzugsweise folgende Zusatzbedingungen erfüllt sind:

25

- a) der Gehalt an Hafnium beträgt mindestens 0,3 Gew.-%;
- b) der Gehalt an Hafnium beträgt maximal 0,7 Gew.-%, vorzugsweise maximal 0,6 Gew.-%.

6. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Wolfram und Molybdän zusammen größer oder gleich 14 Gew.-% ist.

30

7. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Aluminium und Titan zusammen größer oder gleich 7 Gew.-% ist.

35

8. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Titan, Niob und Aluminium zusammen größer oder gleich 9,5 Gew.-% ist.

9. Superlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gehalt an Tantal unter 2 Gew.-% liegt, vorzugsweise unter 1,5 Gew.-%, insbesondere unter 1 Gew.-%.

40

10. Verwendung einer Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Giessen eines Turbinenrades, insbesondere eines Turboladers.

45

Claims

1. Heat-resistant superalloy, which satisfies the following conditions:

50

- carbon 0.01 - 0.2 wt. %
- chromium 8 - 10 wt. %
- aluminium 4 - 6 wt. %
- titanium 2 - 4 wt. %
- molybdenum 1.5 - 2.8 wt. %
- tungsten 10 - 13.5 wt. %
- niobium 1.5 - 2.5 wt. %
- boron $0 < \text{B} \leq 0.04 \text{ wt. %}$
- zirconium $0 < \text{Zr} \leq 0.15 \text{ wt. %}$

55

EP 1 568 795 B1

- the hafnium and lanthanum contents together are $0 < \text{Hf} + \text{La} \leq 1.5 \text{ wt. \%}$,
- optionally traces of tantalum less than 2 wt.%,
- the remainder being nickel.

2. Superalloy according to Claim 1, **characterized in that** the boron content satisfies at least one of the following conditions:

- (a) it is at least 0.01 wt.%;
- (b) it is at most 0.035 wt.%.

3. Superalloy according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the zirconium content satisfies at least one of the following conditions:

- (a) it is at least 0.02 wt.%;
- (b) it is at most 0.08 wt.%.

4. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the lanthanum content satisfies at least one of the following conditions:

- (a) it is at least 0.0035 wt.%;
- (b) it is at most 0.015 wt.%, preferably at most 0.01 wt.%.

5. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hafnium and lanthanum contents together are at most 0.7 wt.%, the following additional conditions preferably being satisfied:

- (a) the hafnium content is at least 0.3 wt.%;
- (b) the hafnium content is at most 0.7 wt.%, preferably at most 0.6 wt.%.

6. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the tungsten and molybdenum contents together are greater than or equal to 14 wt.%.

7. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the aluminium and titanium contents together are greater than or equal to 7 wt.%.

8. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the titanium, niobium and aluminium contents together are greater than or equal to 9.5 wt.%.

9. Superalloy according to one of the preceding claims, **characterized in that** the tantalum content is less than 2 wt.%, preferably less than 1.5 wt.%, in particular less than 1 wt.%.

10. Use of an alloy according to one of the preceding claims for casting a turbine wheel, in particular of a turbocharger.

Revendications

1. Superalloye réfractaire qui satisfait les conditions suivantes :

- carbone	0,01 - 0,2	% en poids
- chrome	8 - 10	% en poids
- aluminium	4 - 6	% en poids
- titane	2 - 4	% en poids
- molybdène	1,5 - 2,8	% en poids
- tungstène	10 - 13,5	% en poids
- niobium	1,5 - 2,5	% en poids

EP 1 568 795 B1

(suite)

- bore	$0 < B \leq 0,04$	% en poids
- zirconium	$0 < Zr \leq 0,15$	% en poids

- la somme des teneurs en hafnium et lanthane vaut $0 < Hf + La \leq 1,5$ % en poids,
- éventuellement moins de 2 % en poids de traces de tantale,
- le reste étant constitué de nickel.

2. Superalliage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la teneur en bore satisfait au moins l'une des conditions suivantes :

- (a) elle est d'au moins 0,01 % en poids,
- (b) elle est d'au plus 0,035 % en poids.

3. Superalliage selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la teneur en zirconium satisfait au moins l'une des conditions suivantes :

- (a) elle est d'au moins 0,02 % en poids,
- (b) elle est d'au plus 0,08 % en poids.

4. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en lanthane satisfait au moins l'une des conditions suivantes :

- (a) elle est d'au moins 0,0035 % en poids,
- (b) elle est d'au plus 0,015 % en poids et de préférence d'au plus 0,01 % en poids.

5. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la somme des teneurs en hafnium et lanthane est d'au plus 0,7 % en poids et **en ce que** le superalliage satisfait de préférence les conditions supplémentaires suivantes :

- (a) la teneur en hafnium est d'au moins 0,3 % en poids,
- (b) la teneur en hafnium elle est d'au plus 0,7 % en poids et de préférence d'au plus 0,6 % en poids.

6. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la somme des teneurs en tungstène et molybdène est supérieure ou égale à 14 % en poids.

7. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la somme des teneurs en aluminium et titane est supérieure ou égale à 7 % en poids.

8. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la somme des teneurs en titane, niobium et aluminium est supérieure ou égale à 9,5 % en poids.

9. Superalliage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en tantale est inférieure à 2 % en poids, de préférence inférieure à 1,5 % en poids et en particulier inférieure à 1 % en poids.

10. Utilisation d'un alliage selon l'une des revendications précédentes pour le moulage d'aubes de turbines et en particulier de turbocompresseurs.

FIG. 1

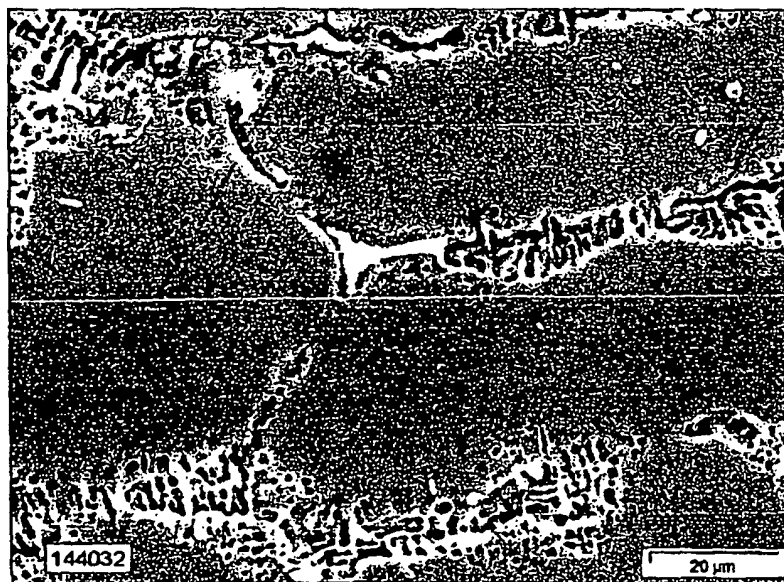


FIG. 2

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

- US 3466171 A [0002]
- US 4236921 A [0002]
- JP 11131162 A [0002]
- JP 5439640 A [0002]