



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 054 072 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.11.2000 Patentblatt 2000/47**

(51) Int Cl.7: **C22C 19/05**

(21) Anmeldenummer: **99810443.4**

(22) Anmeldetag: **20.05.1999**

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

(71) Anmelder: **ABB ALSTOM POWER (Schweiz) AG  
5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Fernihough, John, Dr.  
5400 Baden (CH)**

• **Konter, Maxim, Dr.  
5313 Klingnau (CH)**

(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al  
ABB Business Services Ltd  
Intellectual Property (SLE-I),  
Haselstrasse 16 Bldg. 699  
5401 Baden (CH)**

(54) **Nickel-Basis-Superlegierung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Nickel-Basis-Superlegierung, insbesondere zur Herstellung von Einkristall-Komponenten oder gerichtet erstarrten Komponenten, umfassend (gemessen in Gew.-%): 3.0-13.0% Cr, 5.0-15.0% Co, 0-3.0% Mo, 3.5-9.5% W, 3.2-6.0% Al, 0-3.0% Ti, 2.0-10.0% Ta, 0-6.0% Re, 0.002-0.08% C, 0-0.04% B, 0-1.4% Hf, 0-0.005% Zr, 10-60 ppm N, Rest

Nickel mit Verunreinigungen. Durch den Zusatz von Stickstoff in definierten Mengen wird während des Erstarrens TiN gebildet und es bilden sich Karbide mit blockförmiger Morphologie. Der Kohlenstoffgehalt kann somit erhöht werden, ohne dass es zu einer Verschlechterung des Ermüdungsverhaltens bei niedrigen Lastspielzahlen und hoher Beanspruchungstemperatur kommt.

**EP 1 054 072 A1**

**Beschreibung****Technisches Gebiet**

5 **[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Werkstofftechnik. Sie betrifft eine Nickel-Basis-Superlegierung, insbesondere zur Herstellung von Einkristall-Komponenten (SX-Legierung) oder Komponenten mit gerichtet erstarrtem Gefüge (DS-Legierung), wie beispielsweise Schaufeln für Gasturbinen.

**Stand der Technik**

10 **[0002]** Derartige Komponenten aus Nickel-Basis-Superlegierungen weisen bei hohen Temperaturen eine sehr gute Materialfestigkeit auf. Dadurch kann die Einlasstemperatur von Gasturbinen erhöht werden, wodurch die Effizienz der Gasturbine steigt.

15 **[0003]** Das Giessen einer perfekten, relativ grossen gerichtet erstarrten Einkristallkomponente aus einer Nickel-Basis-Superlegierung ist aber extrem schwierig, weil die meisten dieser Komponenten Fehler aufweisen, z. B. Korngrenzen, "Frecklen" (das sind Fehlstellen bedingt durch eine Kette von gleichgerichteten Körnern mit einem hohem Gehalt an Eutektikum), äquiaxiale Streugrenzen, Mikroporositäten u. a. Diese Fehler schwächen die Komponenten bei hohen Temperaturen, so dass die gewünschte Lebensdauer bzw. die Betriebstemperatur der Turbine nicht erreicht werden. Da aber eine perfekt gegossene Einkristallkomponente extrem teuer ist, tendiert die Industrie dazu, so viele Defekte wie möglich zuzulassen ohne dass die Lebensdauer oder die Betriebstemperatur beeinträchtigt werden.

20 **[0004]** Einer der häufigsten Fehler sind Korngrenzen, welche besonders schädlich für die Hochtemperatureigenschaften der Einkristall-Artikel sind.

25 **[0005]** Korngrenzen sind Gebiete hoher örtlicher Fehlordnung des Kristallgitters, da in diesen Gebieten die Nachbarkörner zusammenstossen und somit eine bestimmte Desorientierung zwischen den Kristallgittern vorhanden ist. Je grösser die Desorientierung ist, desto grösser ist die Fehlordnung, d. h. desto grösser ist die Anzahl der Versetzungen in den Korngrenzen, die notwendig sind, damit die beiden Körner zusammenpassen. Diese Fehlordnung steht in direktem Zusammenhang zum Verhalten des Materials bei hohen Temperaturen. Sie schwächt das Material, wenn sich die Temperatur über die äquikohäsive Temperatur (= 0,5 x Schmelzpunkt in K) erhöht.

30 **[0006]** Aus GB 2 234 521 A ist dieser Effekt bekannt. So sinkt bei einer konventionellen Nickel-Basis-Einkristall-Legierung beispielsweise bei einer Prüftemperatur von 871 °C die Bruchfestigkeit extrem ab, wenn die Desorientierung der Körner grösser als 6° ist. Dies wurde auch bei Einkristall-Komponenten mit gerichtet erstarrtem Gefüge festgestellt, so dass allgemein die Ansicht vertreten wurde, Desorientierungen grösser als 6° nicht zuzulassen.

35 **[0007]** Aus der genannten GB 2 234 521 A ist auch bekannt, dass durch die Anreicherung von Nickel-Basis-Superlegierungen mit Bor oder Kohlenstoff bei einer gerichteten Erstarrung Gefüge erzeugt werden, welche eine äquiaxiale oder prismatische Kornstruktur aufweisen. Kohlenstoff und Bor festigen die Korngrenzen, da C und B die Ausscheidung von Karbiden und Boriden an den Korngrenzen verursachen, welche bei hohen Temperaturen stabil sind. Ausserdem verringert die Anwesenheit dieser Elemente in den und entlang der Korngrenzen den Diffusionsprozess, der eine Hauptursache der Korngrenzenschwäche ist. Es ist daher möglich, die Desorientierungen auf 12° zu erhöhen und trotzdem gute Eigenschaften des Materials bei hohen Temperaturen zu erzielen, wenn man den Kohlenstoffgehalt höher macht als in konventionellen Einkristall-Legierungen (250 bis 700 ppm), aber niedriger als bei früheren DS-Legierungen (700 bis 1600 ppm). Eine obere Grenze ist gegeben durch die wachsende Karbidgrösse, welche das Ermüdungsverhalten bei niedrigen Lastspielzahlen (Low Cycle Fatigue - LCF) verschlechtert.

40 **[0008]** Die neuesten SX-Legierungen weisen einen Kohlenstoffgehalt von 500 ppm auf. Dieser Wert wird bezüglich der Defekttoleranz (Toleranz in Bezug auf Kleinwinkelkorngrenzen) als optimal angesehen ("Rene N4: A First Generation Single crystal Turbine Airfoil Alloy", Superalloys, S. 19-26, und "Rene N6: Third Generation Single Crystal Superalloy", S. 27-34, The Minerals Metals and Materials Society, 1996).

45 **[0009]** Für alle diese Nickel-Basis-Superlegierungen gilt, dass der Kohlenstoffgehalt durch die Grösse der Karbide, die sich während der Erstarrung bilden, begrenzt wird. Grosse, chinesischen Schriftzeichen ähnliche (chinese script like) Karbide senken die Lebensdauer bei geringen Lastspielzahlen auf etwa die Hälfte der Lebensdauer, wie sie für die gleiche Legierung mit kleinen blockförmigen Karbiden erreicht wird (Metals Handbook, 10. Ausgabe, 1990, ASM International, Vol. 1, S. 991).

50 **[0010]** Es ist auch bekannt, dass konventionell gegossene Nickel-Basis-Superlegierungen (äquiaxial oder CC= conventional cast) mit Zusätzen von Magnesium, Kalzium, Cer oder anderen Seltenen Erden versehen werden können, die die Karbidmorphologie beeinflussen. Diese genannten Elemente weisen eine hohe Reaktivität auf, so dass sie zwar für CC-Legierungen aufgrund der kurzen Kontaktzeiten mit der Maskenform geeignet sind, aber für das Giessen von DS- und SX-Legierungen, bei dem die geschmolzene Legierung lange Zeit mit der Maskenform bei hohen Temperaturen in Kontakt steht, ungeeignet sind, weil diese Zusätze den Siliziumgehalt in der Maskenform reduzieren und zu Schlackenbildung an der Gussoberfläche führen. Ausserdem variieren nachteilig die Mengenteile dieser Zusätze

über der Höhe des Gusses, wobei geringere Anteile im zuletzt erstarrten Teil des Gussstückes vorhanden sind. Dies ist unerwünscht, weil sich dadurch die Karbidmorphologie über die Länge des Gussstückes verändert ist.

[0011] Weiterhin ist es bekannter Stand der Technik, den Stickstoffgehalt bei SX- und DS-Nickel-Basis-Superlegierungen auf einem absoluten Minimum zu halten. Stickstoff wird als eine schädliches Verunreinigung angesehen, die einen gegenwirkenden Effekt auf den Kornbereich bewirkt und zur Bildung von nichtmetallischen Einschlüssen, beispielsweise Titan- oder Tantal-Nitriden führt. An diesen Einschlüssen können sich Korndefekte bilden (Metals Handbook, 10. Ausgabe, 1990, ASM International, Vol. 1, S. 1000), was sich negativ auf die Eigenschaften der Legierungen auswirkt.

## Darstellung der Erfindung

[0012] Die Erfindung versucht, all diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Nickel-Basis-Superlegierung (SX- oder DS-Legierung) zur Herstellung von Einkristall-Komponenten zu schaffen, die sich gegenüber dem bekannten Stand der Technik durch eine grössere Kleinwinkelkorngrenzen-Toleranz auszeichnet und trotzdem sehr gute Ermüdungseigenschaften bei niedrigen Lastspielzahlen und hohen Beanspruchungstemperaturen aufweist.

[0013] Unter Einkristall-Komponenten sollen Artikel aus Einkristallen und Artikel mit gerichtet erstarrtem Gefüge verstanden werden.

[0014] Erfindungsgemäss wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 oder 4 erreicht. Kern der Erfindung ist, dass die Nickel-Basis-Superlegierung im wesentlichen aus (gemessen in Gew.-%) 3.0-13.0% Cr, 5.0-15.0% Co, 0-3.0% Mo, 3.5-9.5% W, 3.2-6.0% Al, 0-3.0% Ti, 2.0-10.0% Ta, 0-6.0% Re, 0.002-0.08% C, 0-0.04% B, 0-1.4% Hf, 0-0.005% Zr, 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen besteht oder dass die Nickel-Basis-Superlegierung im wesentlichen aus (gemessen in Gew.-%) 6.0-6.8% Cr, 8.0-10.0% Co, 0.5-0.7% Mo, 6.2-6.7% W, 5.4-5.8% Al, 0.6-1.2% Ti, 6.3-7.0% Ta, 2.7-3.2% Re, 0.02-0.04% C, 40-100 ppm B, 0.15-0.3% Hf, 15-50 ppm Mg, 0-400 ppm Y, 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen besteht.

[0015] Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass durch die kontrollierte geringfügige Zugabe von Stickstoff zu DS- oder SX-Nickel-Basis-Superlegierungen die Karbide eine günstige blockähnliche Morphologie aufweisen. Dadurch kann der Kohlenstoffgehalt im Vergleich zum bekannten Stand der Technik erhöht werden, ohne dass dies mit einer Verschlechterung des Ermüdungsverhaltens bei niedrigen Lastspielzahlen und hohen Temperaturen verbunden ist. Der erhöhte Kohlenstoffgehalt hat einen positiven Einfluss auf die Kleinwinkelkorngrenzen.

[0016] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch die blockähnliche Morphologie der Karbide das bekannte Phänomen der langen schiffzeichenähnlichen Karbide beseitigt wird, welche sehr schnell entlang ihrer Länge oxidieren und daher den Oxidationsgrad der Legierung erhöhen, wobei diese langen schiffzeichenähnlichen Karbide oftmals die Orte sind, an denen sich ein Rissstart zeigt. Die erfindungsgemässe Legierung zeichnet sich somit durch eine erhöhte Oxidationsbeständigkeit der Kleinwinkelkorngrenzen sowie verbesserte longitudinale und transversale mechanische Eigenschaften aus.

[0017] Schliesslich besteht ein Vorteil der Erfindung auch noch darin, dass im Gegensatz zu den reaktiven Elementen wie Mg, Ce oder anderen Seltenen Erden der Stickstoff nicht mit der Maskenform während des Giessens reagiert, so dass die Zusammensetzung der Legierung über die Länge des Gussstückes immer konstant ist.

[0018] Es ist vorteilhaft, wenn die Nickel-Basis-Superlegierung aus (in Gew.-%) 6% Cr, 9% Co, 0.5% Mo, 8% W, 5.7% Al, 0.7% Ti, 3% Ta, 3% Re, 0.07% C, 0.015% B, 1.4% Hf, 0.005% Zr, 10-60ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen besteht.

[0019] Von Vorteil ist auch eine Nickel-Basis-Superlegierung umfassend (gemessen in Gew.-%) 3.0-13.0% Cr, 5.0-15.0% Co, 0-3.0% Mo, 3.5-9.5% W, 3.2-6.0% Al, 0-3.0% Ti, 2.0-10.0% Ta, 0-6.0% Re, 0.002-0.08% C, 0-0.04% B, 0-0.5% Hf, 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen. Diese Legierungen sind an sich bekannte Nickel-Basis-Superlegierungen, deren Zusammensetzung durch die gezielte Zugabe von Stickstoff modifiziert wurde.

[0020] Es ist besonders zweckmässig, wenn die oben beschriebenen Nickel-Basis-Superlegierungen einen Stickstoffgehalt von 15 bis 50 ppm, vorzugsweise 20 bis 40 ppm, hat. Oberhalb von 60 ppm N bilden sich Agglomerate von TiN-Teilchen, die zu einer Verschlechterung der Eigenschaften führen, so dass diese Grenze nicht überschritten werden soll.

[0021] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0022] Die Erfindung betrifft ausserdem Einkristallkomponenten, beispielsweise Schaufeln von Gasturbinen, die aus den oben beschriebenen erfindungsgemässen Legierungen hergestellt sind.

## Kurze Beschreibung der Figuren

[0023] In den Fig. 1 und 2 sind Schliffbilder einer DS-Legierung mit gerichtet erstarrtem Gefüge dargestellt. Fig. 1 zeigt die Legierung mit 5 ppm Stickstoff, Fig. 2 zeigt die Legierung mit 20 ppm Stickstoff.

**Weg zur Ausführung der Erfindung**

**[0024]** Gemäss vorliegender Erfindung werden Nickel-Basis-Superlegierungen (SX- und DS-Legierungen, d.h. Einkristall-Legierungen und Legierungen mit gerichtet erstarrtem Gefüge) kontrolliert mit geringen Zugaben von Stickstoff versehen.

**[0025]** Bisher wurde Stickstoff in derartigen Legierungen immer als unerwünschtes Fremdelement betrachtet, dessen Anteil minimiert werden muss. Obwohl aus dem Stand der Technik ein Zusammenhang zwischen erhöhtem Kohlenstoffgehalt und erhöhter Kleinwinkelkorngrenzen-Toleranz bekannt ist, ist bisher nichts zur Lösung des Problems der Karbidgrösse unternommen worden.

**[0026]** Eine erfindungsgemässe Nickel-Basis-Superlegierung, insbesondere zur Herstellung von Einkristall-Komponenten oder gerichtet erstarrten Komponenten besteht aus (gemessen in Gew.-%) 3.0-13.0% Cr, 5.0-15.0% Co, 0-3.0% Mo, 3.5-9.5% W, 3.2-6.0% Al, 0-3.0% Ti, 2.0-10.0% Ta, 0-6.0% Re, 0.002-0.08% C, 0-0.04% B, 0-1.4% Hf, 0-0.005% Zr, sowie 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen. Eine weitere erfindungsgemässe Nickel-Basis-Superlegierung besteht beispielsweise aus (gemessen in Gew.-%) 6.0-6.8% Cr, 8.0-10.0% Co, 0.5-0.7% Mo, 6.2-6.7% W, 5.4-5.8% Al, 0.6-1.2% Ti, 6.3-7.0% Ta, 2.7-3.2% Re, 0.02-0.04% C, 40-100 ppm B, 0.15-0.3% Hf, 15-50 ppm Mg, 0-400 ppm Y, 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen. Eine derartige Legierung, aber ohne den angegebenen Stickstoffanteil, ist aus der Patentschrift US 5 759 301 bekannt.

**[0027]** Die Erfindung betrifft auch eine Nickel-Basis-Superlegierung mit (gemessen in Gew.-%) 6% Cr, 9% Co, 0.5% Mo, 8% W, 5.7% Al, 0.7% Ti, 3% Ta, 3% Re, 0.07% C, 0.015% B, 1,4% Hf, 0.005% Zr, 10-60 ppm N, Rest Ni mit Verunreinigungen. Eine derartige Legierung, aber ohne den angegebenen Stickstoffanteil, ist unter dem Namen CM186 LC bekannt.

**[0028]** Schliesslich umfasst eine weitere erfindungsgemässe Nickel-Basis-Superlegierung (gemessen in Gew.-%) 3.0-13.0% Cr, 5.0-15.0% Co, 0-3.0% Mo, 3.5-9.5% W, 3.2-6.0% Al, 0-3.0% Ti, 2.0-10.0% Ta, 0-6.0% Re, 0.002-0.08% C, 0-0.04% B, 0-0.5% Hf, 10-60 ppm N, Rest Nickel mit Verunreinigungen.

**[0029]** Durch Zugabe von Stickstoff wird eine Ausscheidung von in während der Erstarrung bewirkt. Dies führt dazu, dass sich die Morphologie der Karbide verändert. Die Bildung schädlicher, chinesischen Schriftzeichen ähnlicher länglicher Karbide wird unterdrückt, dagegen bilden sich kleine Karbide mit blockförmiger Morphologie, selbst dann, wenn der Kohlenstoffgehalt bei sonst gleicher chemischer Zusammensetzung innerhalb bestimmter Grenzen erhöht wird. C ist ein Korngrenzen-Element, das einen positiven Einfluss auf die Kleinwinkelkorngrenzen aufweist.

**[0030]** Die Figuren 1 und 2 machen dies an einem Beispiel deutlich. Sie zeigen Schlibfbilder von Nickel-Basis-Superlegierungen mit gerichtet erstarrtem Gefüge (DS-Legierung) für Einkristallkomponenten.

**[0031]** Die Legierungen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung lediglich im Kohlenstoffgehalt und im Stickstoffgehalt, wie nachfolgender Tabelle zu entnehmen ist. Die Werte sind in Gew.-% bzw. in ppm (\*) angegeben.

	Cr	Co	W	Al	Ti	Ta	C	O <sub>2</sub> *	N <sub>2</sub> *
L1	11.95	8.95	8.95	3.60	2.00	5.65	0.076	10.0	20.0
VL2	11.89	8.96	8.95	3.75	2.01	5.81	0.064	10.0	5.0

**[0032]** Wie in den Fig. 1 und 2 deutlich zu erkennen ist, bilden sich bei der gerichteten Erstarrung in der ersten Legierung L1 (mit höherem Stickstoffgehalt) kleine Karbide mit blockförmiger Morphologie und das, obwohl diese Legierung einen höheren Kohlenstoffgehalt aufweist als die zweite Legierung VL2, während in der zweiten Legierung (Vergleichslegierung VL2) bei der gerichteten Erstarrung grosse Karbide mit schriftzeichenähnlicher Morphologie gebildet werden.

**[0033]** Die erfindungsgemässen Legierungen zeichnet sich durch eine erhöhte Oxidationsbeständigkeit der Kleinwinkelkorngrenzen sowie verbesserte longitudinale und transversale mechanische Eigenschaften aus. Die Anfälligkeit zum Rissstart ist herabgesetzt und die Legierungen zeichnen sich durch ein sehr gutes Ermüdungsverhalten bei hohen Temperaturen aus. Da der Stickstoff während des Giessens und Erstarrens, welches bei DS-Legierungen relativ lange dauert, nicht mit der Maskenform reagiert, ist die chemische Zusammensetzung entlang des Gussteiles vorteilhaft konstant und somit auch die Eigenschaften.

**[0034]** Der Stickstoffgehalt in den erfindungsgemässen SX- und DS-Legierungen beträgt vorteilhaft 15 bis 50 ppm bzw. 20 bis 40 ppm. Ein Maximum von 60 ppm N sollte nicht überschritten werden, weil sich dann TiN-Agglomerate bilden, so dass das TiN nicht mehr fein verteilt ist und die sich bildenden Karbide demzufolge wieder nachteilig ihre Morphologie zu grösseren chinesischen Schriftzeichen ähnlichen Karbiden ändern.

**[0035]** Die Stickstoffzugabe kann auch gemäss der folgenden Formeln entweder allein oder in Kombination erfolgen, wobei die endgültige Stickstoffzugabe die Summe der Kombinationsergebnisse ist:

$$N \text{ (in ppm)} = (0.01-0.2) C \text{ (in ppm)}$$

N (in ppm) = (1.0-5.0) Gew.-% Cr

N (in ppm) = (1.0-4.0) Gew.-% C + 3 Gew.-% Ti + 0.7 Gew.-% Ta + 0.11 (Gew.-% W + Gew.-% Re) + 0.6 Gew.-% Co - 0.682 Gew.-% Al.

5 **[0036]** Der Stickstoff kann der Legierung in unterschiedlichster Form zugegeben werden, beispielsweise in fester Form als TiN, ZrN, TaN, CrN, BN oder anderes festes Nitrid, aber auch als flüssige Nitride. Die erfindungsgemässe Legierung kann auch mit Stickstoff angereichertem Material, z. B. Cr, Ti hergestellt werden. Denkbar sind weiterhin die Herstellung in einer Stickstoffatmosphäre bzw. einer Stickstoff enthaltenden Atmosphäre oder das Eindüsen oder Darüberblasen dieses Gases in oder über die Legierung ebenso wie das Vergiessen der geschmolzenen Legierung in einer Stickstoffatmosphäre bzw. einer Stickstoff enthaltenden Atmosphäre.

10 **[0037]** Die erfindungsgemässe Legierung wird insbesondere zur Herstellung von Einkristallkomponenten (Einkristalle oder gerichtet erstarrte Gefüge), beispielsweise Turbinenschaufeln von Gasturbinen verwendet. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt. Grosse Komponenten aus der erfindungsgemässen Legierung können auch in andere Maschinen eingebaut werden, wo bei hohen Temperaturen eine stabile Struktur und sehr gute mechanische Eigenschaften benötigt werden.

15

### Patentansprüche

20 **1.** Nickel-Basis-Superlegierung, insbesondere zur Herstellung von Einkristall-Komponenten oder gerichtet erstarrten Komponenten, umfassend (gemessen in Gew.-%):

3.0-13.0% Cr

5.0-15.0% Co

0-3.0% Mo

3.5-9.5% W

25 3.2-6.0% Al

0-3.0% Ti

2.0-10.0% Ta

0-6.0% Re

0.002-0.08% C

30 0-0.04% B

0-1.4% Hf

0-0.005% Zr

10-60 ppm N

Rest Nickel mit Verunreinigungen.

35

**2.** Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 1, umfassend (gemessen in Gew.-%):

6% Cr

9% Co

0.5% Mo

40 8% W

5.7% Al

0.7 % Ti

3% Ta

3% Re

45 0.07% C

0.015% B

1.4% Hf

0.005% Zr

10-60 ppm N

50 Rest Nickel mit Verunreinigungen.

**3.** Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 1, umfassend (gemessen in Gew.-%):

3.0-13.0% Cr

5.0-15.0% Co

55 0-3.0% Mo

3.5-9.5% W

3.2-6.0% Al

0-3.0% Ti

## EP 1 054 072 A1

2.0-10.0% Ta  
0-6.0% Re  
0.002-0.08% C  
0-0.04% B  
0-0.5% Hf  
10-60 ppm N  
Rest Nickel mit Verunreinigungen.

5

**4.** Nickel-Basis-Superlegierung, insbesondere zur Herstellung von Einkristall-Komponenten oder gerichtet erstarrten Komponenten, umfassend (gemessen in Gew.-%):

10

6.0-6.8% Cr  
8.0-10.0% Co  
0.5-0.7% Mo  
6.2-6.7% W  
5.4-5.8% Al  
0.6-1.2% Ti  
6.3-7.0% Ta  
2.7-3.2% Re  
0.02-0.04% C  
40-100 ppm B  
0.15-0.3% Hf  
15-50 ppm Mg  
0-400 ppm Y  
10-60 ppm N  
Rest Nickel mit Verunreinigungen.

15

20

25

**5.** Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 gekennzeichnet durch einen Stickstoffgehalt von 15-50 ppm.

30

**6.** Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen Stickstoffgehalt von 20-40 ppm.

**7.** Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass N (in ppm) = (0.01-0.2) ppm C.

35

**8.** Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass N (in ppm) = (1.0-5.0) Gew.-% Cr.

**9.** Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass N (in ppm) = (1.0-4.0) Gew.-% C + 3 Gew.-% Ti + 0.7 Gew.-% Ta + 0.11 (Gew.-% W + Gew.-% Re) + 0.6 Gew.-% Co - 0.682 Gew.-% Al.

40

**10.** Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente, bestehend aus (gemessen in Gew.-%):

3.0-13.0% Cr  
5.0-15.0% Co  
0-3.0% Mo  
3.5-9.5% W  
3.2-6.0% Al  
0-3.0% Ti  
2.0-10.0% Ta  
0-6.0% Re  
0.002-0.08% C  
0-0.04% B  
0-1.4% Hf  
0-0.005% Zr  
10-60 ppm N  
Rest Nickel mit Verunreinigungen.

45

50

55

## EP 1 054 072 A1

11. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente bestehend aus (gemessen in Gew.-%):
- 6% Cr
  - 9% Co
  - 0.5% Mo
  - 5 8% W
  - 5.7% Al
  - 0.7% Ti
  - 3% Ta
  - 3% Re
  - 10 0.07% C
  - 0.015% B
  - 1.4% Hf
  - 0.005% Zr
  - 15 10-60 ppm N
  - Rest Nickel mit Verunreinigungen.
12. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente, bestehend aus (gemessen in Gew.-%):
- 3.0-13.0% Cr
  - 5.0-15.0% Co
  - 20 0-0.3% Mo
  - 3.5-9.5% W
  - 3.2-6.0% Al
  - 0-3.0% Ti
  - 2.0-10.0% Ta
  - 25 0-6.0% Re
  - 0.02-0.08% C
  - 0-0.04% B
  - 0-0.5% Hf
  - 10-60 ppm N
  - 30 Rest Nickel mit Verunreinigungen.
13. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente, bestehend aus (gemessen in Gew.-%):
- 6.0-6.8% Cr
  - 8.0-10.0% Co
  - 35 0.5-0.7% Mo
  - 6.2-6.7% W
  - 5.4-5.8% Al
  - 0.6-1.2% Ti
  - 6.3-7.0% Ta
  - 40 2.7-3.2% Re
  - 0.02-0.04% C
  - 40-100 ppm B
  - 0.15-0.3% Hf
  - 15-50 ppm Mg
  - 45 0-400 ppm Y
  - 10-60 ppm N
  - Rest Nickel mit Verunreinigungen.
14. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch
- 50 einen Stickstoffgehalt von 15 bis 50 ppm, vorzugsweise 20 bis 40 ppm.
15. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass  $N$  (in ppm)  $= (0.01-0.2)$  ppm C oder  $N$  (in ppm)  $= (1.0-5.0)$  Gew.-% Cr oder  $N$  (in ppm)  $= (1.0-4.0)$  Gew.-% C + 3 Gew.-% Ti + 0.7 Gew.-% Ta + 0.11 (Gew.-% W + Gew.-% Re) + 0.6 Gew.-% Co - 0.682 Gew.-% Al.
- 55
16. Nickel-Basis-Superlegierungs-Einkristallkomponente nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkristallkomponente eine Schaufel einer Gasturbine ist.

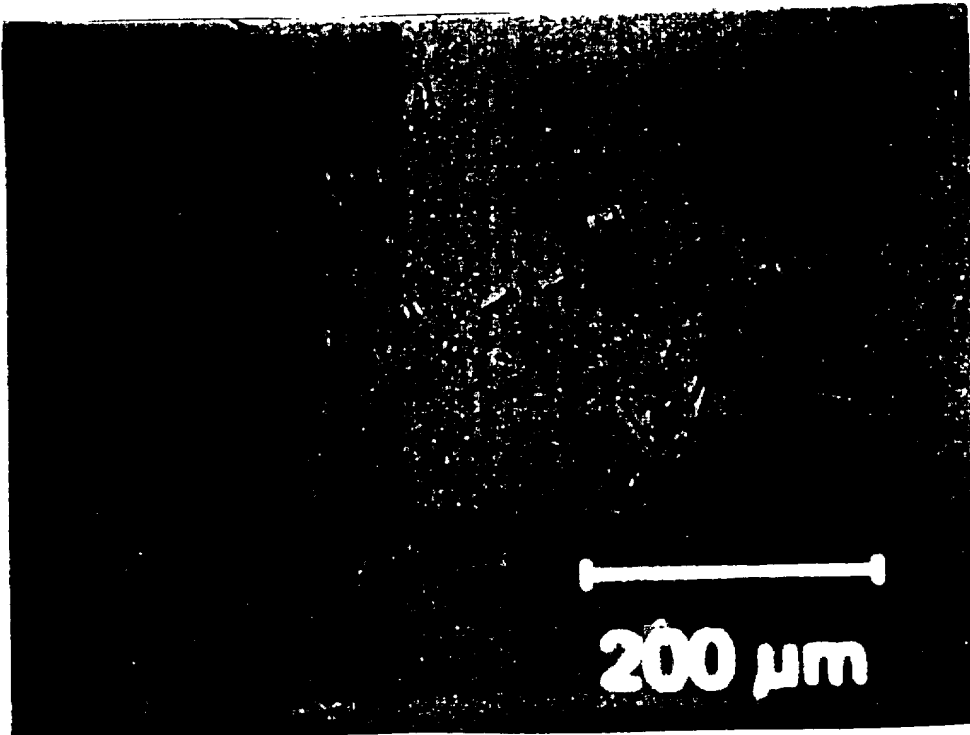


Fig.1

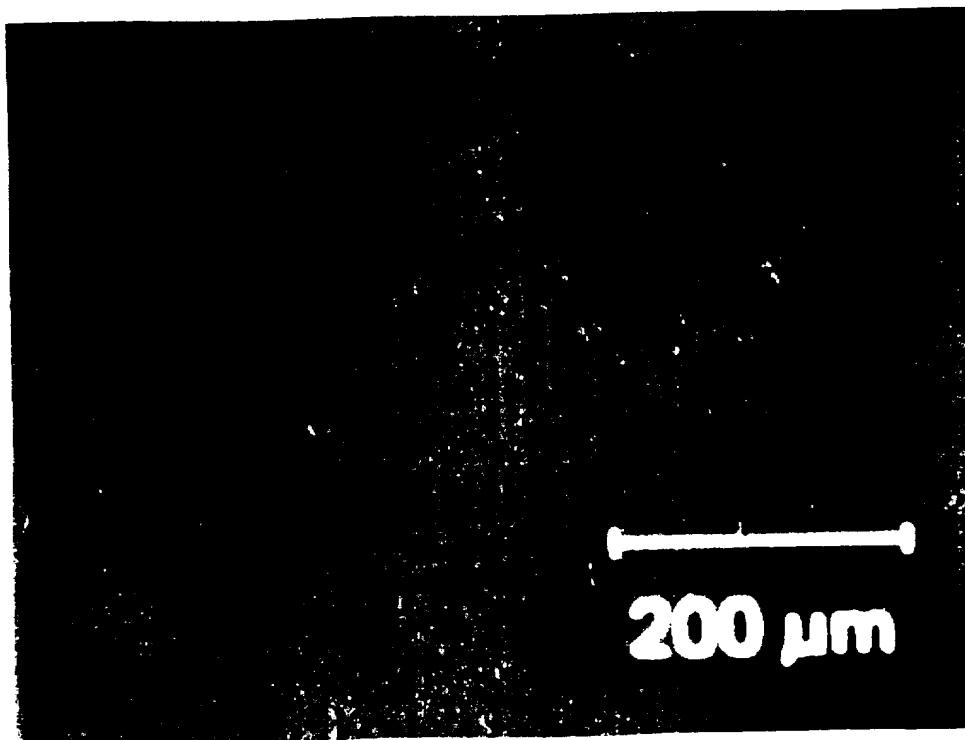


Fig. 2



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 81 0443

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	CARUEL, F. ET AL: "SNECMA experience with cost-effective DS airfoil technology applied using CM 186 LC alloy" J. ENG. GAS TURBINES POWER (1998), 120(1), 97-104, 1998, XP002120758 ---	1-16	C22C19/05
A	HARRIS, K. ET AL: "Development of two rhenium-containing superalloys for single-crystal blad and directionally solidified vane applications in advanced turbine engine" J. MATER. ENG. PERFORM. (1993), 2(4), 481-7, 1993, XP002120759 ---	1-16	
A	QUIGG, R. J.: "New alloy developments in single crystal and DS alloys" HIGH TEMP. MATER. PROCESSES (1993), 11(1-4), 247-54, 1993, XP002120760 ---	1-16	
A	WO 97 48827 A (ABB RESEARCH LTD) 24. Dezember 1997 (1997-12-24) ---	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	WO 97 48828 A (ABB RESEARCH LTD) 24. Dezember 1997 (1997-12-24) -----	1-16	C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Forscherort <b>MÜNCHEN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>28. Oktober 1999</b>	Prüfer <b>Badcock, G</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1509 03/92 (P/94/009)

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

EP 99 81 0443

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.

28-10-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9748827 A	24-12-1997	DE 19624055 A	18-12-1997
		AU 2761197 A	07-01-1998
		EP 0914483 A	12-05-1999
		US 5888451 A	30-03-1999
WO 9748828 A	24-12-1997	DE 19624056 A	18-12-1997
		AU 2947797 A	07-01-1998
		EP 0914484 A	12-05-1999
		US 5759301 A	02-06-1998

EPO FORM P0461

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