(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 451 986 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.08.2013 Patentblatt 2013/34

(21) Anmeldenummer: **10726136.4**

(22) Anmeldetag: **01.07.2010**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/059368

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/003804 (13.01.2011 Gazette 2011/02)

(54) **NICKEL-BASIS-SUPERLEGIERUNG**

NICKEL BASE SUPERALLOY

SUPERALLIAGE A BASE DE NICKEL

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

(30) Priorität: **09.07.2009 CH 10692009**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.05.2012 Patentblatt 2012/20

(73) Patentinhaber: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **NAZMY, Mohamed**
  CH-5442 Fislisbach (CH)
- **KÜNZLER, Andreas**
  CH-5400 Baden (CH)
- **GERDES, Claus Paul**
  CH-Rütihof Ch-5406 (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 155 827
EP-A- 1 359 231
EP-A- 1 900 839
US-A- 5 270 123

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).

EP 2 451 986 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[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. Die erfindungsgemässe Legierung ist aber auch für konventionell gegossenen Komponenten einsetzbar.

Stand der Technik

[0002] Derartige Nickel-Basis-Superlegierungen sind bekannt. Einkristall-Komponenten aus diesen Legierungen weisen bei hohen Temperaturen eine sehr gute Materialfestigkeit auf. Dadurch kann z. B. die Einlasstemperatur von Gasturbinen erhöht werden, wodurch die Effizienz der Gasturbine steigt. Nickel-Basis-Superlegierungen für Einkristall-Komponenten, wie sie aus US 4,643,782, EP 0 208 645 und US 5,270,123 bekannt sind, enthalten dazu mischkristallverfestigende Legierungselemente, beispielsweise Re, W, Mo, Co, Cr, sowie γ'-Phasen bildende Elemente, beispielsweise Al, Ta, und Ti. Der Gehalt an hochschmelzenden Legierungselementen (W, Mo, Re) in der Grundmatrix (austenitische γ-Phase) nimmt kontinuierlich zu mit der Zunahme der Beanspruchungstemperatur der Legierung. So enthalten z. B. übliche Nickel-Basis-Superlegierungen für Einkristalle 6-8 % W, ca. 3-6 % Re und bis zu 2 % Mo (Angaben in Gew.-%). Die in den oben genannten Druckschriften offenbarten Legierungen weisen eine hohe Kriechfestigkeit, gute LCF (Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl)- und HCF (Ermüdung bei hoher Lastspielzahl)-Eigenschaften sowie einen hohen Oxidationswiderstand auf.

[0003] Diese bekannten Legierungen wurden für Flugzeugturbinen entwickelt und deshalb optimiert auf den Kurz- und Mittelzeiteinsatz, d.h. die Beanspruchungsdauer wird auf bis zu 20 000 Stunden ausgelegt. Im Gegensatz dazu müssen industrielle Gasturbinen-Komponenten auf eine Beanspruchungsdauer von bis zu 75 000 Stunden, also auf Langzeitbeanspruchung, ausgelegt werden.

[0004] Nach einer Beanspruchungsdauer von 300 Stunden zeigt z. B. die Legierung CMSX-4 aus US 4,643,782 beim versuchsweisen Einsatz in einer Gasturbine bei einer Temperatur oberhalb von 1000 °C eine starke Vergröberung der γ'-Phase, die nachteilig mit einer Erhöhung der Kriechgeschwindigkeit der Legierung einhergeht.

[0005] Aufgrund der Langzeitbeanspruchung von Gasturbinen ist es somit erforderlich, die Oxidationsbeständigkeit der bekannten Legierungen bei sehr hohen Temperaturen zu verbessern.

[0006] Aus GB 2 234 521 A ist 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 verzögert die Anwesenheit dieser Elemente in den und entlang der Korngrenzen den Diffusionsprozess, der eine Hauptursache der Korngrenzenschwäche ist. Es ist daher möglich, die Desorientierungen (üblicherweise 6°) auf 10° bis 12° zu erhöhen und trotzdem gute Eigenschaften des Materials bei hohen Temperaturen zu erzielen.

[0007] Aus EP 1 359 231 B1 ist eine Nickel-Basis-Superlegierung bekannt, welche eine verbesserte Giessbarkeit und einen höheren Oxidationswiderstand im Vergleich zu bekannten Nickel-Basis-Superlegierungen aufweist und die ausserdem z. B. besonders für grosse Gasturbinen-Einkristallkomponenten mit einer Länge von > 80 mm geeignet ist. Die dort offenbarte Nickel-Basis-Superlegierung ist durch folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %) gekennzeichnet ist: 7.7-8.3 Cr, 5.0-5.25 Co, 2.0-2.1 Mo, 7.8-8.3 W, 5.8-6.1 Ta, 4.9-5.1 Al, 1.3-1.4 Ti, 0.11-0.15 Si, 0.11-0.15 Hf, 200-750 ppm C, 50-400 ppm B, Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen. Eine bevorzugte Legierung mit der Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %): 7.7-8.3 Cr, 5.0-5.25 Co, 2.0-2.1 Mo, 7.8-8.3 W, 5.8-6.1 Ta, 4.9-5.1 Al, 1.3-1.4 Ti" 0.11-0.15 Si, 0.11-0.15 Hf, 200-300 ppm C, 50-100 ppm B, Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen ist hervorragend geeignet zur Herstellung von grossen Einkristall-Komponenten, beispielsweise Schaufeln für Gasturbinen.

Darstellung der Erfindung

[0008] Ziel der Erfindung ist es, eine Legierung zu entwickeln, welche sich im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Legierungen durch eine weitere Eigenschaftsoptimierung in Bezug auf den Einsatz als Gasturbinenkomponente auszeichnet. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Nickel-Basis-Superlegierung zu entwikkeln, welche einen hohen Oxidationswiderstand und gleichzeitig einen hohen Korrosionswiderstand (bei unterschiedlicher Brennstoffbeschaffenheit) aufweist und zurdem vorteilhaft weniger kostenintensiv ist im Vergleich zu bekannten derartigen Nickel-Basis-Superlegierungen.

[0009] Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die erfindungsgemässe Nickel-Basis-Superlegie-

rung durch folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %) gekennzeichnet ist:

7.7-8.3 Cr
5.0-5.25 Co
2.0-2.1 Mo
7.8-8.3 W
5.8-6.1 Ta
4.9-5.1 Al
1.0-1.5 Ti
1.0-2.0 Re
0-0.5 Nb
0.11-0.15 Si
0.1-0.7 Hf
0,02-0.17 C
50-400 ppm B

Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

[0010] Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass die Legierung einen sehr hohen Oxidationswiderstand und gleichzeitig einen hohen Korrosionswiderstand bei hohen Temperaturen aufweist. Dies wird in überraschender Weise vor allem durch den relativ geringen Re-Zusatz erreicht.

[0011] Von besonderem Vorteil ist, wenn die Legierung 1.0-1.5. vorzugsweise 1.5 Gew.- % Re aufweist. Ist der C-Gehalt nur ca. 200-300 ppm und der BorGehalt 50-100 ppm, vorzugsweise 90 ppm, dann sind diese erfindungsgemässen Legierungen besonders zur Herstellung von Einkristallkomponenten geeignet. Die erfindungsgemässe Legierung kann wahlweise bis zu 0.5, vorzugsweise 0.1-0.2 Gew.- % Nb aufweisen.

[0012] Eine besonders bevorzugte Nickel-Basis-Superlegierung weist die folgende Zusammensetzung auf (Angaben in Gew.- %):

8.2 Cr
5.2 Co
2.1 Mo
8.1 W
6.1 Ta
5.0 Al
1.4 Ti
1.5 Re
0-0.2 Nb
0.12 Si
0.1-0.6 Hf
0.095-0.17 C
240-290 ppm B

[0013] Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen. Diese Legierung weist hervorragende Eigenschaften bei hohen Temperaturen auf und ist zudem auf Grund des vergleichsweise geringen Re-Gehaltes nicht zu teuer.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Legierungszusammensetzung ist im folgenden genannt (Angaben in Gew.- %):

8.2 Cr
5.2 Co
2.1 Mo
8.1 W
6.1 Ta
5.0 Al
1.4 Ti
1.5 Re
0.1 Nb
0.12 Si
0.1 Hf
200 ppm C
90 ppm B

[0015] Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen. Diese zuletzt genannte Legierung ist besonders zur Herstellung von Einkristall-Komponenten geeignet.

[0016] Weitere vorteilhafte Varianten sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] In den Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 die Ergebnisse von Zugversuchen (Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung) bei Raumtemperatur für eine aus dem Stand der Technik bekannte Vergleichslegierung und eine erfindungsgemässe Legierung;

Fig. 2 die Abhängigkeit der spezifischen Massenänderung von der Zeit bei einer Temperatur von 950 °C für die gleichen Legierungen wie in Fig. 1 und

Fig. 3 die Abhängigkeit der Kriechfestigkeit vom Larson-Miller Parameter für die gleichen Legierungen wie in Fig. 1.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispieles und der Fig. 1 bis 3 näher erläutert.

[0019] Es wurden Nickel-Basis-Superlegierungen mit der in Tabelle 1 angegebenen chemischen Zusammensetzung untersucht (Angaben in Gew.- %):

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung der untersuchten Legierungen

	IN738LC (DS) Vergleichs-legierung	**KNX1 (CC)**	**KNX2 (CC)**	**KNX3 (CC)**	**KNX4 (CC)**	**KNX0 (CC) Vergleichslegierung**
Ni	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest	Rest
Cr	16	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
Co	8.5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Mo	1.7	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
W	2.6	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Ta	1.7	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Al	3.4	5	5	5	5	5
Ti	3.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Hf	-	0.6	0.1	0.1	0.1	0.11
C	-	0.17	0.02	0.095	0.17	0.02
B	0.01	0.029	0.009	0.024	0.029	0.009
Si	-	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Nb	0.9	-	0.1	-	0.2	-
Zr	0.1	-	-	-	-	-
Re	-	1.5	1.5	1.5	1.5	-

[0020] Die Legierung IN738LC ist eine aus dem Stand der Technik bekannte Vergleichslegierung, KNX0 ist ebenfalls eine Vergleichslegierung (gemäss EP 1 359 231 B1), während die Legierungen KNX1 bis KNX4 erfindungsgemässe Legierungen sind. Der Zusatz CC steht dabei jeweils als Abkürzung für "conventionally cast", also konventionell gegossene Legierungen mit konventionellem Vielgekristallgefüge und der Zusatz DS als Abkürzung für "directionally solidified", also für gerichtet erstarrte Gefüge.

[0021] Die erfindungsgemässen Legierungen und die Vergleichslegierung unterscheiden sich beispielsweise darin, dass die Vergleichslegierung im Gegensatz zu den erfindungsgemässen Legierungen nicht mit C, Si, Hf und Re legiert ist.

[0022] Kohlenstoff festigt, vor allem auch mit dem vorhanden Bor, die Korngrenzen, insbesondere auch die in <001>-Richtung bei SX- bzw. DS-Gasturbinenschaufeln aus Nickel-Basis-Superlegierungen auftretenden Kleinwinkelkorngrenzen, da diese Elemente die Ausscheidung von Karbiden/Boriden an den Korngrenzen verursachen, welche bei hohen

Temperaturen stabil sind. Ausserdem verringert die Anwesenheit von C in den und entlang der Korngrenzen den Diffusionsprozess, der eine Hauptursache der Korngrenzenschwäche ist. Dadurch wird die Giessbarkeit langer Einkristall-Komponenten, beispielsweise Gasturbinenschaufeln mit einer Länge von ca. 200 bis 230 mm, erheblich verbessert.

[0023] Werden Nickel-Basis-Superlegierungen mit geringen C- und B-Gehalten (max. 200-300 ppm C und 50-100 ppm B) gemäss Anspruch 1 der Erfindung gewählt, so sind diese als Einkristalllegierungen verwendbar, bei höheren Gehalten an diesen Elementen (max. Grenzen s. Anspruch 1) lassen sich die aus entsprechenden Legierungen hergestellten Komponenten auch konventionell giessen.

[0024] Durch die Zugabe von 0.11 bis 0.15 Gew.- % Si, vor allem in Kombination mit Hf in der angegebenen Grössenordnung, wird eine wesentliche Verbesserung des Oxidationswiderstandes bei hohen Temperaturen gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Nickel-Basis-Superlegierung erzielt (siehe beispielsweise Fig. 2).

[0025] Auch Al und Cr bewirken in den angegebenen Mengen einen guten Oxidationswiderstand für die erfindungsgemässe Nickel-Basis-Superlegierung. Cr wirkt sich in Verbindung mit dem Si zudem auch positiv auf eine Verbesserung des Korrosionswiderstandes aus.

[0026] Re, W, Mo, Co und Cr sind mischkristallverfestigende Legierungselemente, und Al, Ta, und Ti sind γ'-Phasen bildende Elemente, welche sich alle verbessernd auf die Materialfestigkeit bei hohen Temperaturen auswirken. Da diesbezüglich insbesondere der Gehalt an hochschmelzenden Legierungselementen (W, Mo, Re) in der Grundmatrix als entscheidend für die Zunahme der maximal möglichen Beanspruchungstemperatur der Legierung angesehen wird, sind diese Legierungselemente, vor allem das Re, bisher in relativ grossen Mengen zugesetzt worden.

[0027] Der moderate Rhenium-Gehalt der erfindungsgemässen Nickel-Basis-Superlegierung von bevorzugt 1.5 Gew.-% erhöht vorteilhaft einerseits die Kriechfestigkeit der Legierung, andererseits werden nicht so extrem hohe Kosten durch dieses Legierungselement verursacht, wie beispielsweise bei den aus dem Stand der Technik bekannten Nickel-Basis-Einkristallsuperlegierungen der zweiten und dritten Generation, welche relativ hohe Rhenium-Gehalte (ca. 3 bis 6 Gew.- % Re) aufweisen.

[0028] In Fig. 1 sind die Ergebnisse von Zugversuchen (Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung) bei Raumtemperatur für eine aus dem Stand der Technik bekannte Legierung (DS IN738LC) und die erfindungsgemässe Legierung CC KNX1 Die jeweilige chemische Zusammensetzung der Legierungen ist in Tab. 1 angegeben.

[0029] Vor Herstellung der Zugfestigkeitsproben wurde das Material folgender Wärmebehandlung unterzogen:

1. IN738LC:	1120 °C/2h/Gebläseabkühlung(GFC)
	+ 845 °C/24h/Luftabkühlung
2. KNX1:	1260 °C/2.5 h/Luftabkühlung
	+ 1080 OC/5h/Luftabkühlung
	+ 870 °C/16h/Luftabkühlung

[0030] In Fig. 1 ist gut erkennbar, dass die untersuchte erfindungsgemässe Legierung KNX1 (konventionell gegossen) im Vergleich zur bekannten (gerichtet erstarrten) IN738LC eine signifikant erhöhte Streckgrenze $\sigma_{0.2}$ aufweist. Die Zugfestigkeit σ_{UTS} und die Bruchdehnung ε sind allerdings geringer als bei der Vergleichslegierung, was aber im Hinblick auf den beabsichtigten Einsatzzweck (Gasturbinenkomponenten) kaum ins Gewicht fällt.

[0031] In Fig. 2 ist ein quasi-isothermisches Oxidationsdiagramm abgebildet. Für die genannten Legierungen DS IN738LC und CC KNX1 ist jeweils die spezifische Masseveränderung $\Delta m/A$ (Angaben in mg/cm^2) bei einer Temperatur von T= 950 °C und einer Zeit t im Bereich von 0 bis 720 h dargestellt. Vergleicht man die beiden Kurvenverläufe, so zeigt sich im gesamten untersuchten Bereich eine Überlegenheit der erfindungsgemässen Legierung CC KNX1. Ab einer Auslagerungszeit von ca. 5 h und länger beträgt die Masseveränderung bei der untersuchten Probe aus der erfindungsgemässen Legierung nur ca. 60 % der Gewichtsänderung bei der untersuchten Probe aus der Vergleichslegierung.

[0032] Fig. 3 zeigt einerseits die Abhängigkeit der Kriechfestigkeit vom Larson-Miller Parameter für die gleichen Legierungen wie in Fig. 1 und 2. Die Werte dieser beiden untersuchten Legierungen sind dabei einer einzigen Kurve zuordenbar, d.h. sie sind vergleichbar. Berücksichtigt man aber die Tatsache, dass DS (bzw. SX)-Legierungen gewöhnlicher Weise aufgrund ihrer Gefügeausbildung eine verbesserte Kriechfestigkeit gegenüber konventionellen ungerichtet erstarrten vielkristallinen Gefügen aus Legierungen mit vergleichbarer chemischer Zusammensetzung aufweisen, so sind wesentlich verbesserte Kriecheigenschaften für erfindungsgemässe Legierungen mit DS- bzw. SX-Gefügen zu erwarten.

[0033] Andererseits geht aus Fig. 3 auch hervor, dass die Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen mit der erfindungsgemässen Legierung CC KNX2 gegenüber der bekannten Vergleichslegierung CC KNX0 enorm verbessert wird. Es wurde festgestellt, dass bei einer Beanspruchung von T= 950 °C und σ= 140 MPa die Vergleichlegierung CC KNX0 bereits nach 17.2 Stunden zu Bruch ging, während die erfindungsgemässe Legierung CC KNX2 mehr als 3,5 Mal länger der Beanspruchung Stand hielt. Da sich die chemische Zusammensetzung dieser beiden Legierungen im wesentlichen

nur im Re-Gehalt unterscheidet (die erfindungsgemässe CC KNX2 enthält 1.5 Gew.- % Re, während CC KNX0 kein Re enthält), ist dies vorwiegend auf den günstigen Einfluss dieses Elementes in der angegebenen relativ moderaten Menge zurückzuführen.

[0034] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt.

Patentansprüche

1. Nickel-Basis-Superlegierung **gekennzeichnet durch** folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %):

   7.7-8.3 Cr
   5.0-5.25 Co
   2.0-2.1 Mo
   7.8-8.3 W
   5.8-6.1 Ta
   4.9-5.1 Al
   1.0-1.5 Ti
   1.0-2.0 Re
   0-0.5 Nb
   0.11-0.15 Si
   0.1-0.7 Hf
   0,02-0.17 C
   50-400 ppm B

   Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

2. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** 1.0-1.5 Gew.- % Re.

3. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** 1.5 Gew.- % Re.

4. Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** 0-0.2 Gew.- % Nb.

5. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** 0.1-0.2 Gew.- % Nb.

6. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** 0.1 Gew.- % Nb.

7. Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** 0.1-0.6 Gew.- % Hf.

8. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** 0.1 Gew.- % Hf.

9. Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **gekennzeichnet durch** 0.02-0.095, vorzugsweise 0.02-0.03 Gew.- % C.

10. Nickel-Basis-Superlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet durch** 50-100 ppm, vorzugsweise 90 ppm B.

11. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %):

    8.2 Cr
    5.2 Co
    2.1 Mo
    8.1 W
    6.1 Ta
    5.0 Al
    1.4 Ti
    1.5 Re

0-0.2 Nb
0.12 Si
0.1-0.6 Hf
0.095-0.17 C
240-290 ppm B

Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

12. Nickel-Basis-Superlegierung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** folgende chemische Zusammensetzung (Angaben in Gew.- %)

8.2 Cr
5.2 Co
2.1 Mo
8.1 W
6.1 Ta
5.0 Al
1.4 Ti
1.5 Re
0.1 Nb
0.12 Si
0.1 Hf
200 ppm C
90 ppm B

Rest Nickel und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

Claims

1. Nickel-base superalloy, **characterized by** the following chemical composition (details in % by weight):

7.7-8.3 Cr
5.0-5.25 Co
2.0-2.1 Mo
7.8-8.3 W
5.8-6.1 Ta
4.9-5.1 Al
1.0-1.5 Ti
1.0-2.0 Re
0-0.5 Nb
0.11-0.15 Si
0.1-0.7 Hf
0.02-0.17 C
50-400 ppm B

remainder nickel and production-related impurities.

2. Nickel-base superalloy according to Claim 1, **characterized by** 1.0-1.5% by weight Re.

3. Nickel-base superalloy according to Claim 2, **characterized by** 1.5% by weight Re.

4. Nickel-base superalloy according to one of Claims 1 to 3, **characterized by** 0-0.2% by weight Nb.

5. Nickel-base superalloy according to Claim 4, **characterized by** 0.1-0.2% by weight Nb.

6. Nickel-base superalloy according to Claim 5, **characterized by** 0.1% by weight Nb.

7. Nickel-base superalloy according to one of Claims 1 to 6, **characterized by** 0.1-0.6% by weight Hf.

8. Nickel-base superalloy according to Claim 7, **characterized by** 0.1% by weight Hf.

9. Nickel-base superalloy according to one of Claims 1 to 8, **characterized by** 0.02-0.095, preferably 0.02-0.03% by weight, C.

10. Nickel-base superalloy according to one of Claims 1 to 9, **characterized by** 50-100 ppm, preferably 90 ppm, B.

11. Nickel-base superalloy according to Claim 1, **characterized by** the following chemical composition (details in % by weight):

8.2 Cr
5.2 Co
2.1 Mo
8.1 W
6.1 Ta
5.0 Al
1.4 Ti
1.5 Re
0-0.2 Nb
0.12 Si
0.1-0.6 Hf
0.095-0.17 C
240-290 ppm B

remainder nickel and production-related impurities.

12. Nickel-base superalloy according to Claim 1, **characterized by** the following chemical composition (details in % by weight):

8.2 Cr
5.2 Co
2.1 Mo
8.1 W
6.1 Ta
5.0 Al
1.4 Ti
1.5 Re
0.1 Nb
0.12 Si
0.1 Hf
200 ppm C
90 ppm B

remainder nickel and production-related impurities.

Revendications

1. Superalliage à base de nickel, **caractérisé par** la composition chimique suivante (les données sont en % en poids) :

7,7-8,3 Cr
5,0-5,25 Co
2,0-2,1 Mo
7,8-8,3 W
5,8-6,1 Ta
4,9-5,1 Al

1,0-1,5 Ti
1,0-2,0 Fe
0-0,5 Nb
0,11-0,15 Si
0,1-0,7 Hf
0,02-0,17 C
50-400 ppm B

le solde étant constitué de nickel ou des impuretés inévitables lors de la préparation.

2. Superalliage à base de nickel selon la revendication 1, **caractérisé par** une teneur de 1,0 à 1,5 % en poids de Re.

3. Superalliage à base de nickel selon la revendication 2, **caractérisé par** une teneur de 1,5 % en poids de Re.

4. Superalliage à base de nickel selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par** une teneur de 0 à 0,2 % en poids de Nb.

5. Superalliage à base de nickel selon la revendication 4, **caractérisé par** une teneur de 0,1 à 0,2 % en poids de Nb.

6. Superalliage à base de nickel selon la revendication 5, **caractérisé par** une teneur de 0,1 % en poids de Nb.

7. Superalliage à base de nickel selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé par** une teneur de 0,1 à 0,6 % en poids de Hf.

8. Superalliage à base de nickel selon la revendication 7, **caractérisé par** une teneur de 0,1 % en poids de Hf.

9. Superalliage à base de nickel selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé par** une teneur de 0,02 à 0,095 et de préférence de 0,02 à 0,03 % en poids de C.

10. Superalliage à base de nickel selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé par** une teneur de 50 à 100 ppm et de préférence de 90 ppm de B.

11. Superalliage à base de nickel selon la revendication 1, **caractérisé par** la composition chimique suivante (les données sont en % en poids) :

8,2 Cr
5,2 Co
2,1 Mo
8,1 W
6,1 Ta
5,0 Al
1,4 Ti
1,5 Re
0-0,2 Nb
0,12 Si
0,1-0,6 Hf
0,095-0,17 C
240-290 ppm B

le solde étant constitué de nickel ou des impuretés inévitables lors de la préparation.

12. Superalliage à base de nickel selon la revendication 1, **caractérisé par** la composition chimique suivante (les données sont en % en poids) :

8,2 Cr
5,2 Co
2,1 Mo
8,1 W

6,1 Ta
5,0 Al
1,4 Ti
1,5 Re
0,1 Nb
0,12 Si
0,1 Hf
200 ppm C
90 ppm B

le solde étant constitué de nickel ou des impuretés inévitables lors de la préparation.

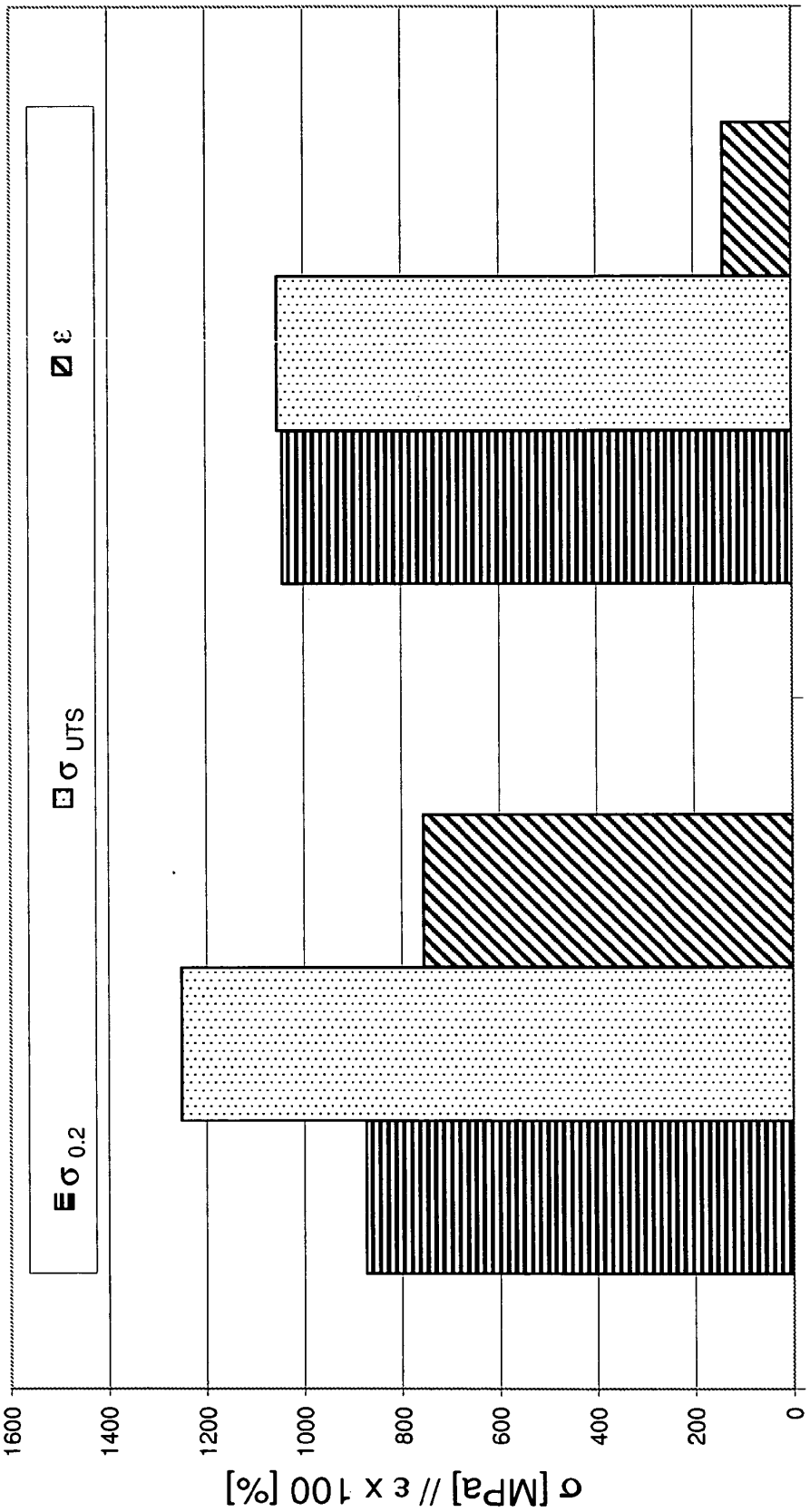

σ [MPa] // ε x 100 [%]
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
σ 0.2
σ UTS
ε
DS IN738LC
CC KNX1

Fig. 1

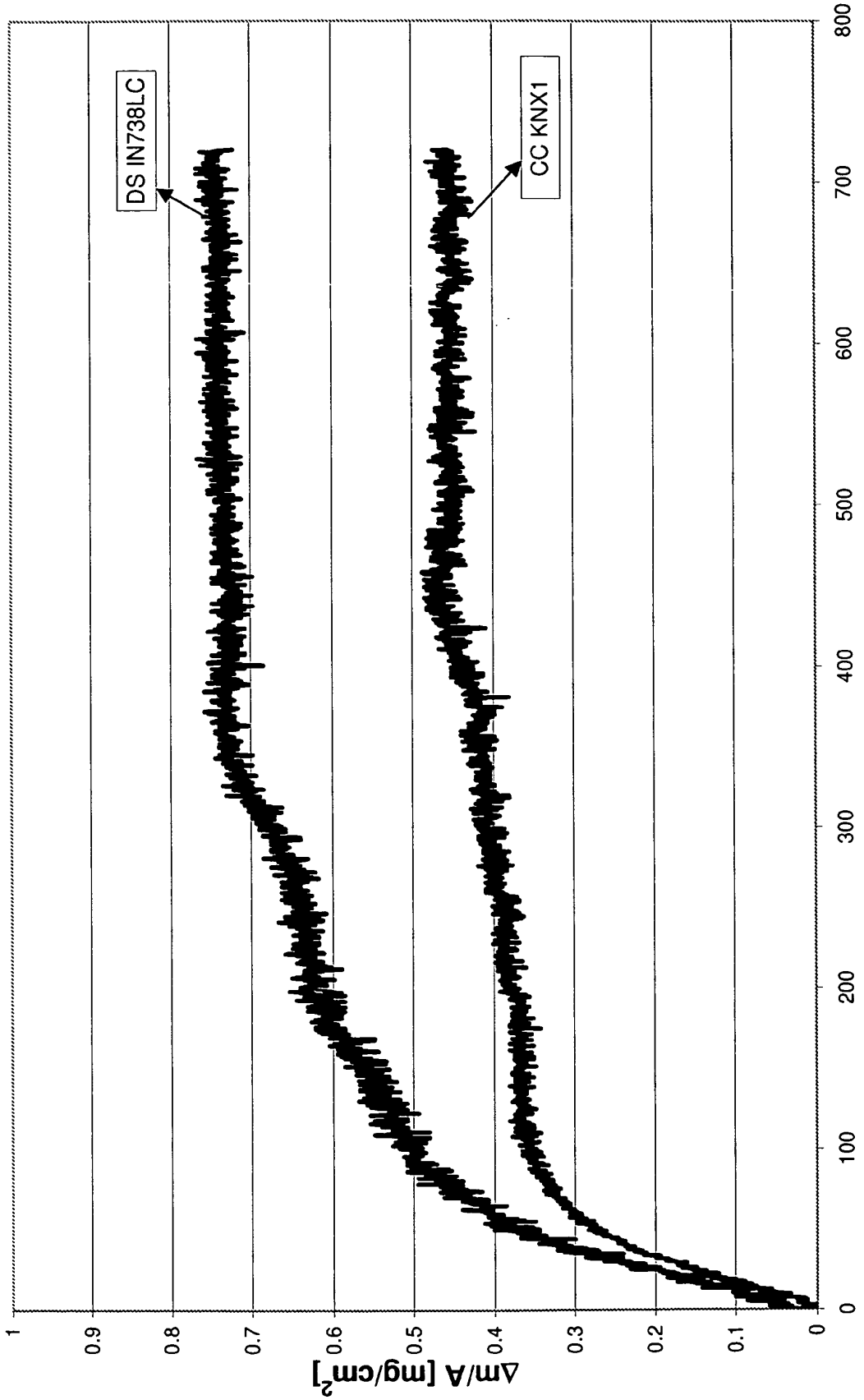

DS IN738LC
CC KNX1
Δm/A [mg/cm²]
t [min]
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
100
200
300
400
500
600
700
800

Fig. 2

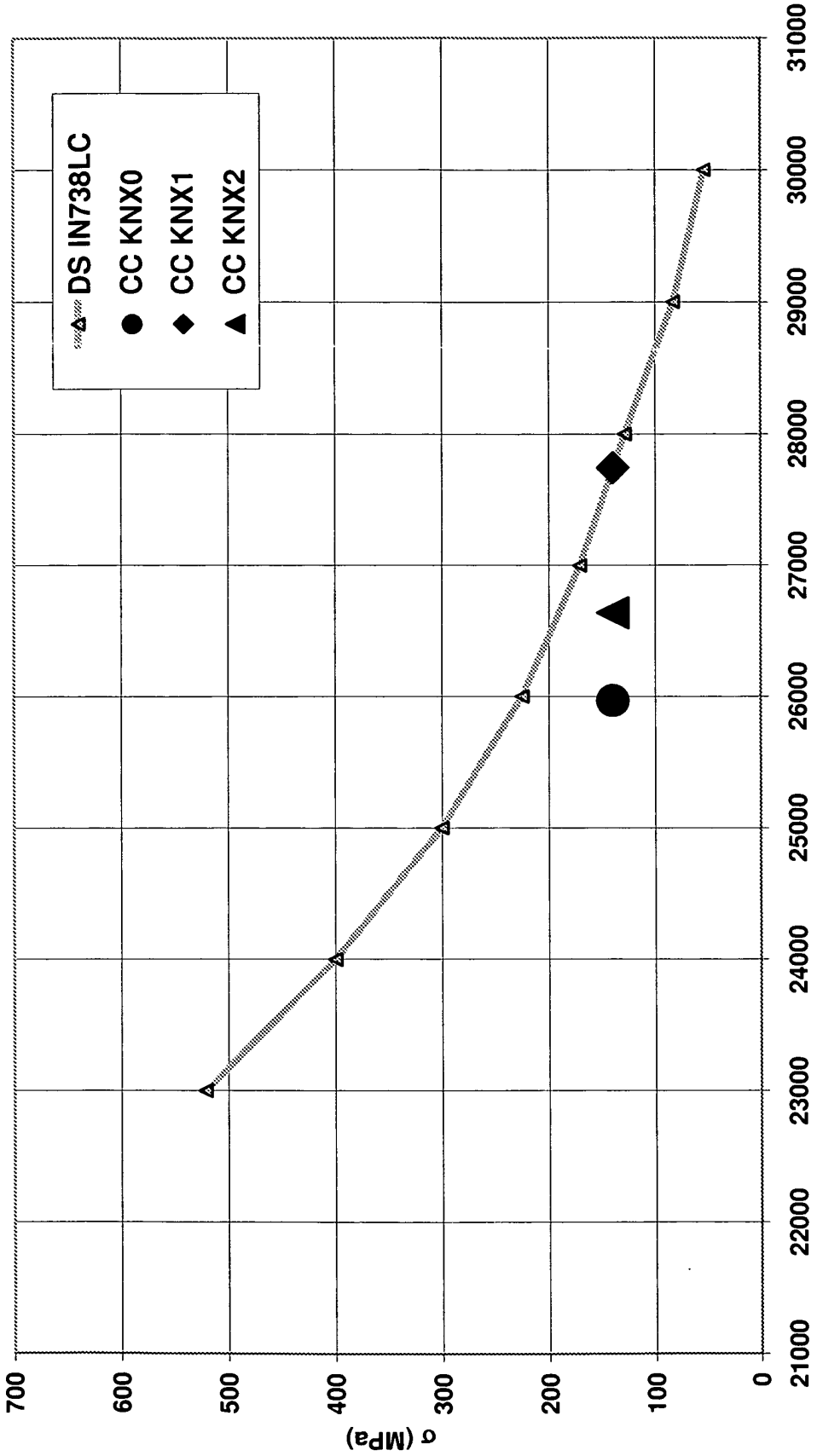

DS IN738LC
CC KNX0
CC KNX1
CC KNX2
σ (MPa)
700
600
500
400
300
200
100
0
21000
22000
23000
24000
25000
26000
27000
28000
29000
30000
31000
Larson-Miller Parameter; PLM (C20)

Fig. 3

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 4643782 A **[0002] [0004]**
- EP 0208645 A **[0002]**
- US 5270123 A **[0002]**
- GB 2234521 A **[0006]**
- EP 1359231 B1 **[0007] [0020]**