

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 710 105 B1**

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: **C22C 19/05** (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)
B22D 21/00 (2006.01)
B22D 27/04 (2006.01)

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01233/15

(22) Anmeldedatum: 27.08.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.03.2016

(30) Priorität: 05.09.2014 US 14/478,258

(24) Patent erteilt: 15.10.2019

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.10.2019

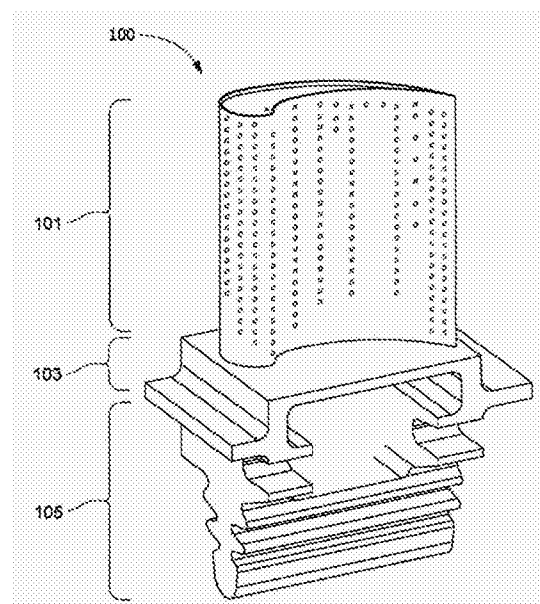
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Arthur S. Peck, Greenville, SC 29615 (US)
Warren Tan King, Greenville, SC 29615 (US)
Jon Conrad Schaeffer, Greenville, SC 29615 (US)

(74) Vertreter:
General Electric Technology GmbH Global Patent
Operations – Europe, Brown-Boveri-Strasse 7
5400 Baden (CH)

(54) **Superlegierungsgegenstand auf Nickelbasis und Verfahren zur Herstellung des Superlegierungsgegenstands.**

(57) Es werden ein Gegenstand und ein Verfahren zur Herstellung eines Einkristallgussstücks offenbart. Der Gegenstand enthält eine Einkristall-Superlegierung auf Nickelbasis mit einer Zusammensetzung, die mehr als etwa 80 ppm Bor (B) und eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur mit mindestens einer Korngrenze aufweist. Eine Zeitstandfestigkeit des Gegenstands wird bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad weitgehend bewahrt. Das Verfahren zur Herstellung eines Einkristallgussstücks enthält ein Positionieren einer Form auf einer Kühlplatte, wobei die Form einen Einkristallselektor aufweist, Bereitstellen einer geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis in der Form, wobei die geschmolzene Zusammensetzung mehr als etwa 80 ppm Bor (B) enthält, Abkühlen der geschmolzenen Zusammensetzung mit der Kühlplatte und Ausbilden eines unidirektionalen Temperaturgradienten durch Herausholen der Form aus dem Inneren einer Wärmequelle, um das Einkristallgussstück herzustellen, das eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur mit mindestens einer Korngrenze aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung ist auf einen Einkristall-Superlegierungsgegenstand und auf ein entsprechendes Herstellungsverfahren gerichtet.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Heissgaswegkomponenten von Gasturbinen und Flugzeugtriebwerken, insbesondere Turbinenlaufschaufeln, -leitschaufeln, Düsen und stationäre Mäntel, arbeiten bei erhöhten Temperaturen, häufig von über 1093,3 °C (2000 °F). Die Superlegierungszusammensetzungen, die verwendet werden, um Heissgaswegkomponenten herzustellen, sind häufig Einkristall-Superlegierungszusammensetzungen auf Nickelbasis.

[0003] Die Festigkeit der Heissgaswegkomponenten wird häufig anhand der Korngrenzenfestigkeit der Komponente gemessen. Heutige Akzeptanzkriterien an Korngrenzen industrieller Gasturbinenlaufschaufeln beinhalten typischerweise eine Fehlpassung von höchstens 12 Grad in einem Schaufelblatt und eine Fehlpassung von bis zu 18 Grad an anderen Stellen. Aufgrund der Korngrenzen-Akzeptanzkriterien ist die Giessprozessausbeute an Heissgaswegkomponenten gering, was zu erhöhten Produktionskosten und mehr Ausschussstellen führt.

[0004] Eine Methode zur Steigerung der Ausbeute beinhaltet die Hinzufügung von Elementen, wie Bor und/oder Kohlenstoff, um die Korngrenzenfestigkeit von gerichtet erstarrten (DS) Superlegierungen zu erhöhen. Obwohl Bor und/oder Kohlenstoff die Korngrenzenfestigkeit der DS-Superlegierungen erhöhen können/kann, wirken sie auch als Schmelzpunktniedriger. Die Erniedrigung des Schmelzpunkts senkt die Schmelzbeginttemperatur und beschränkt die Wärmebehandlung der DS-Superlegierungen, wodurch die Entwicklung von maximalen Festigkeiten innerhalb der Komponente verringert wird. Aufgrund der Erniedrigung des Schmelzpunkts kommt man von der Zugabe von Bor und/oder Kohlenstoff wieder ab.

[0005] Eine andere Methode zur Erhöhung der Ausbeute beinhaltet das Modifizieren des Fertigungsprozesses, um Heissgaswegkomponenten mit verringerter Korngrenzenfehlpassung, beispielsweise Einkristallkomponenten, herzustellen. Jedoch weisen viele Komponenten, die mit heutigen Einkristall-Fertigungsverfahren hergestellt werden, immer noch Korngrenzen auf. Ähnlich wie bei DS-Superlegierungen senkt die Zugabe von Bor und/oder Kohlenstoff zu Einkristallkomponenten den Schmelzpunkt. Ausserdem erschwert die Erhöhung eines Bor- und/oder Kohlenstoffanteils die Fertigung von Einkristallkomponenten. Ferner wird angestrebt, dass Einkristallkomponenten keine Korngrenzen haben, und daher ist die Zugabe von Bor und/oder Kohlenstoff bei der Herstellung von Einkristallkomponenten häufig beschränkt. Da die Korngrenzenfehlpassung in Einkristallkomponenten bei deren Herstellung den Akzeptanzkriterien häufig nicht genügt, werden viele Einkristallkomponenten verschrottet, wodurch die Fertigungskosten steigen.

[0006] In der Technik besteht ein Bedarf an Gegenständen und Verfahren mit Verbesserungen der Eigenschaften der hergestellten Komponenten.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0007] Die Erfindung beinhaltet ein Einkristall-Superlegierungsgegenstand mit einer Superlegierung auf Nickelbasis mit einer Zusammensetzung, die mehr als etwa 80 ppm Bor (B) enthält. Der Gegenstand beinhaltet eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur, die mindestens eine Korngrenze aufweist, wobei der Gegenstand eine Zeitstandfestigkeit aufweist, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird.

[0008] Der zuvor erwähnte Gegenstand kann ferner zwischen etwa 80 ppm und etwa 130 ppm Bor (B) umfassen.

[0009] Insbesondere kann der Gegenstand vorzugsweise zwischen etwa 80 ppm und etwa 100 ppm Bor (B) umfassen.

[0010] In einer Ausführungsform des Gegenstands kann die Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, umfassen: etwa 5,75% bis etwa 6,25% Chrom (Cr); etwa 7,0% bis etwa 8,0% Cobalt (Co); etwa 6,2% bis etwa 6,7% Aluminium (Al); bis zu etwa 0,04% Titan (Ti); etwa 6,4% bis etwa 6,8% Tantal (Ta); etwa 6,0% bis etwa 6,5% Wolfram (W); etwa 1,3% bis etwa 1,7% Molybdän (Mo); etwa 0,03% bis etwa 0,11% Kohlenstoff (C); etwa 0,008% bis etwa 0,013% Bor (B); etwa 0,12% bis etwa 0,18% Hafnium (Hf); und zu übrigen Teilen Nickel (Ni) und zufällige Verunreinigungen.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform des Gegenstands kann die Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, umfassen: etwa 9,5% bis etwa 10,0% Chrom (Cr); etwa 7,0% bis etwa 8,0% Cobalt (Co); etwa 4,1% bis etwa 4,3% Aluminium (Al); etwa 3,35% bis etwa 3,65% Titan (Ti); etwa 5,75% bis etwa 6,25% Wolfram (W); etwa 1,3% bis etwa 1,7% Molybdän (Mo); etwa 4,6% bis etwa 5,0% Tantal (Ta); etwa 0,03% bis etwa 0,11% Kohlenstoff (C); etwa 0,008% bis etwa 0,013% Bor (B); etwa 0,04% bis etwa 0,6% Niob (Nb), etwa 0,1% bis etwa 0,2% Hafnium (Hf); und zu übrigen Teilen Nickel (Ni) und zufällige Verunreinigungen.

[0012] Der Gegenstand jeder beliebigen der oben erwähnten Arten kann eine Heissgaswegkomponente einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks sein, wobei die Heissgaswegkomponente Temperaturen von mindestens etwa 1093,3 °C (2000 °F) ausgesetzt werden kann.

[0013] Insbesondere kann die Heissgaswegkomponente aus der Gruppe ausgewählt sein, die aus einer Laufschaufel, einer Leitschaufel, einer Düse, einer Düse und einem stationären Mantel besteht.

[0014] Der Gegenstand jeder beliebigen der oben erwähnten Arten kann ferner als Akzeptanzkriterium einen Fehlpassungswinkel von bis zu 40 Grad aufweisen.

[0015] Insbesondere kann der zuletzt erwähnte Gegenstand ferner Kleinwinkelgrenzen umfassen, die bis zu 10 Grad Fehlpassung beinhalten.

[0016] Zusätzlich oder alternativ dazu kann der Gegenstand ferner Grosswinkelgrenzen aufweisen, die mehr als 10 Grad Fehlpassung beinhalten.

[0017] Der Gegenstand jeder der oben erwähnten Arten kann gerichtet erstarrt sein.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform beinhaltet ein einkristalliner Superlegierungsgegenstand eine Superlegierung auf Nickelbasis, die eine Zusammensetzung aufweist, die, in Gewichtsprozent, umfasst: zwischen etwa 5,75% und etwa 6,25% Chrom (Cr); zwischen etwa 7,0% und etwa 8,0% Cobalt (Co); zwischen etwa 6,2% und etwa 6,7% Aluminium (Al); bis zu etwa 0,04% Titan (Ti); zwischen etwa 6,4% und etwa 6,8% Tantal (Ta); zwischen etwa 6,0% und etwa 6,5% Wolfram (W); zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Molybdän (Mo); zwischen etwa 0,03% und etwa 0,11% Kohlenstoff (C); zwischen etwa 0,008% und etwa 0,013% Bor (B); zwischen etwa 0,12% und etwa 0,18% Hafnium (Hf); und zu übrigen Teilen Nickel (Ni) und zufällige Verunreinigungen. Der Gegenstand ist gerichtet erstarrt und beinhaltet eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur, die mindestens eine Korngrenze aufweist, wobei der Gegenstand eine Zeitstandfestigkeit aufweist, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Einkristall-Superlegierungsgegenstands aus einer Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis das Positionieren einer Form auf einer Kühlplatte, wobei die Form einen Einkristallselektor aufweist, das Bereitstellen der Form innerhalb einer Wärmequelle, das Bereitstellen einer geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis in der Form, wobei die geschmolzene Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis mehr als etwa 80 ppm Bor (B) aufweist, das Kühlen der geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis mit der Kühlplatte, um Kristallkeimkörner zu bilden, und das Ausbilden eines unidirektionalen Temperaturgradienten durch Herausheben der Form aus dem Inneren der Wärmequelle. Die unidirektionale Temperatur ruft ein Wachstum von Stengelkristallen aus den Kristallkeimkörnern hervor, und nur einer von den Stengelkristallen wird durch den Einkristallselektor in einen Körperabschnitt der Form gelassen, um ein Einkristallgussstück zu bilden. Das Einkristallgussstück beinhaltet eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur, die mindestens eine Korngrenze aufweist, wobei das Gussstück eine Zeitstandfestigkeit aufweist, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird.

[0020] Das zuvor erwähnte Verfahren kann ferner mehr als etwa 100 ppm Bor (B) umfassen.

[0021] In jedem beliebigen der oben erwähnten Verfahren kann die Form ferner einen Startblock zwischen der Kühlplatte und dem Einkristallselektor aufweisen.

[0022] Insbesondere kann der Startblock einen säulenförmigen Startblock umfassen.

[0023] In dem Verfahren jeder beliebigen der oben erwähnten Arten kann der Einkristallselektor ferner einen helixartigen Einkristallselektor umfassen.

[0024] Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Einkristallgussstück eine Heissgaswegkomponente einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks umfassen, wobei die Heissgaswegkomponente aus der Gruppe bestehend aus einer Laufschaufel, einer Leitschaufel, einer Düse, einer Dichtung und einem stationären Mantel ausgewählt ist.

[0025] In einer Ausführungsform des Verfahrens kann die Zeitstandfestigkeit, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird, eine erhöhte Ausbeute an Einkristallgussstücken ermöglichen.

[0026] Das Verfahren jeder beliebigen der oben erwähnten Arten kann ferner das Erwärmen der Form auf eine Temperatur zwischen etwa 1500 und etwa 1700 °C umfassen.

[0027] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden ausführlicheren Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen deutlicher werden, die anhand von Beispielen die Prinzipien der Erfindung veranschaulichen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028]

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Turbinenlaufschaufel gemäss einer Ausführungsform der Erfindung.

Wenn möglich werden in allen Zeichnungen die gleichen Bezugszeichen verwendet, um gleiche Teile darzustellen.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0029] Es ist ein Gegenstand und ein Verfahren zum Herstellen eines Gegenstands bereitgestellt. Im Vergleich zu Verfahren und Gegenständen, die nicht eines oder mehrere von den hierin offenbarten Merkmalen verwenden, erfüllen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung höhere Korngrenzen-Akzeptanzkriterien, senken die Fertigungskosten,

erhöhen die Giessprozessausbeute, erhöhen die Korngrenzenfestigkeit, verringern die Standzeitverkürzung im Zusammenhang mit der Korngrenze oder leisten eine Kombination davon.

[0030] Wenn Elemente verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, sollen die Artikel «ein, eine» und «der, die das» bedeuten, dass mindestens eines von den Elementen vorhanden ist. Die Begriffe «umfassen» «beinhalten» und «aufweisen» sollen inklusiv sein und bedeuten, dass zusätzliche Elemente ausser den aufgeführten Elementen vorhanden sein können.

[0031] In einer Ausführungsform enthält ein Gegenstand einen im Wesentlichen einkristallinen Gegenstand, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Heissgaswegkomponente einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks. In einer anderen Ausführungsform enthält die Heissgaswegkomponente irgendeine Komponente, die Temperaturen von mindestens etwa 2000 °F ausgesetzt wird. In einer weiteren Ausführungsform wird der im Wesentlichen einkristalline Gegenstand anhand eines Einkristallprozesses hergestellt. Wie in Fig. 1 dargestellt ist, enthält ein geeigneter Gegenstand zum Beispiel eine Turbinenlaufschaufel oder ein Turbinenblatt 100. Die Turbinenlaufschaufel 100 enthält einen Schaufelblattabschnitt 101, einen Plattformabschnitt 103 und einen Fussabschnitt 105. Andere geeignete Gegenstände beinhalten beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Leitschaufel, eine Düse, eine Dichtung, einen stationären Mantel, andere rotierende Maschinenteile oder eine Kombination davon.

[0032] Der Fachmann weiss, dass ein wirklich «einkristalliner Gegenstand» aus einem einzigen Korn gebildet wird, was für eine Einkristallinität durch den ganzen Gegenstand hindurch sorgt. Das einzelne Korn hat keine Korngrenzen, d.h. Regionen mit ungerichteter Struktur zwischen aneinander angrenzenden Körnern mit unterschiedlicher kristallographischer Ausrichtung oder Fehlpassung. Wie hierin verwendet, umfassen «im Wesentlichen einkristalliner Gegenstand» und «im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur» Gegenstände und Mikrostrukturen, von denen zumindest ein Teil einkristallin ist und von denen ein Teil Korngrenzen beinhalten kann. Ausserdem können die Begriffe «bikristalliner Gegenstand» und «im Wesentlichen einkristalliner Gegenstand» austauschbar verwendet werden, um einen Gegenstand zu bezeichnen, von dem zumindest ein Teil einkristallin ist. Falls Korngrenzen, die auch als Grenzwinkelfehlpassung bezeichnet werden, vorhanden sind, beinhalten sie Kleinwinkelgrenzen (low angle boundaries, LAB) und/oder Grosswinkelgrenzen (high angle boundaries, HAB). Kleinwinkelgrenzen beinhalten im Allgemeinen Grenzen zwischen einander benachbarten Körnern mit unterschiedlicher kristallographischer Ausrichtung oder mit einer Fehlpassung von bis zu 10 Grad, während Grosswinkelgrenzen Grenzen zwischen einander benachbarten Körnern mit unterschiedlicher kristallographischer Ausrichtung oder einer Fehlpassung von mehr als etwa 10 Grad beinhalten. Die Einteilung in Klein- und Grosswinkelgrenzen mag vom Einzelnen und von Organisationen unterschiedlich vorgenommen werden, es sei jedoch klargestellt, dass solche Einteilungsvarianten von der vorliegenden Offenbarung berücksichtigt werden.

[0033] Der Einkristallprozess enthält, ohne darauf beschränkt zu sein, das Bereitstellen einer Superlegierungsschmelze in einer Form, die auf einer Kühlplatte steht, und das Herausholen der Form aus dem Inneren einer Wärmequelle. Das Bereitstellen der Superlegierungsschmelze in der Form enthält beispielsweise das Gießen der Superlegierungsschmelze in die Form, das Erwärmen der Superlegierungsschmelze innerhalb der Wärmequelle oder eine Kombination davon. Die Form enthält einen Startblock, einen Einkristallselektor und einen Körperabschnitt, der einer Form des einkristallinen Gegenstands entspricht. In einer Ausführungsform enthält der Startblock, ohne darauf beschränkt zu sein, einen säulenförmigen Startblock, der auf oder benachbart zu der Kühlplatte angeordnet ist. Die Kühlplatte stellt eine verringerte Temperatur bereit, welche die Superlegierungsschmelze im Startblock kühlt und Kristallkeimkörner angrenzend an die Kühlplatte ausbildet. Das Herausholen der Form aus dem Inneren der Wärmequelle sorgt für eine Strahlungskühlung der Superlegierungsschmelze in der Form, wobei die Strahlungskühlung für einen unidirektionalen Temperaturgradienten sorgt, der ein Wachstum von Stengelkristallen aus den an die Kühlplatte angrenzenden Kristallkeimkörnern erzeugt. In einer anderen Ausführungsform enthält der Einkristallselektor, ohne darauf beschränkt zu sein, einen helixförmigen Kornselektor, der zwischen dem Startblock und dem Körperabschnitt angeordnet ist. Die Stengelkristalle treten unten in den Kornselektor ein, während die Form herausgeholt wird, und ein einzelnes Korn tritt oben am Kornselektor aus. Das einzelne Korn, das oben aus dem Kornselektor tritt, füllt den Körperabschnitt der Form, um den einkristallinen Gegenstand zu bilden.

[0034] In einer weiteren Ausführungsform enthält der Prozess ausserdem jede beliebige geeignete Metalltemperatur zur Ausbildung des einkristallinen Gegenstands. Zum Beispiel beinhalten geeignete Metalltemperaturen, ohne darauf beschränkt zu sein, zwischen etwa 1450 und etwa 1700 °C, zwischen etwa 1500 und etwa 1700 °C, zwischen etwa 1500 und etwa 1650 °C, zwischen etwa 1500 und etwa 1600 °C, zwischen etwa 1525 und 1575 °C oder irgendeine(n) Kombination, Unterkombination, Bereich oder Unterbereich davon. In einem anderen Beispiel beinhalten geeignete Temperaturen eine Formtemperatur, die zwischen etwa 25 und etwa 200 °C höher ist als die eines Stengelkristall-Wachstumsprozesses, die zwischen etwa 25 und etwa 150 °C höher ist als die eines Stengelkristall-Wachstumsprozesses, die zwischen etwa 15 und etwa 100 °C höher ist als die eines Stengelkristall-Wachstumsprozesses, oder irgendeine(n) Kombination, Unterkombination, Bereich oder Unterbereich davon. Die im Vergleich zu einem Stengelkristall-Wachstumsprozess erhöhte Temperatur des Prozesses verringert oder eliminiert die Keimbildung von falschen Körnern während der Bereitstellung der Superlegierungsschmelze.

[0035] Der im Wesentlichen einkristalline Gegenstand enthält eine Superlegierung auf Nickelbasis. Die Superlegierung des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands enthält einen erhöhten Anteil von Bor (B) im Vergleich zu heutigen einkristallinen Gegenständen, die bis zu 50 ppm B aufweisen. Der erhöhte B-Anteil enthält, ohne darauf beschränkt zu sein, mindestens etwa 80 ppm B, mindestens etwa 90 ppm B, mindestens etwa 100 ppm B, zwischen etwa 80 ppm und

etwa 130 ppm B, zwischen etwa 80 ppm und etwa 100 ppm B oder irgendeine(n) Kombination, Unterkombination, Bereich oder Unterbereich davon. Zum Beispiel enthält die Superlegierung eines im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands eine Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, von zwischen etwa 5,75% und etwa 6,25% Chrom (Cr); zwischen etwa 7,0% und etwa 8,0% Cobalt (Co); zwischen etwa 6,2% und etwa 6,7% Aluminium (Al); bis zu etwa 0,04% Titan (Ti); zwischen etwa 6,4% und etwa 6,8% Tantal (Ta); zwischen etwa 6,0% und etwa 6,5% Wolfram (W); zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Molybdän (Mo); zwischen etwa 0,03% und etwa 0,11% Kohlenstoff (C); zwischen etwa 0,008% und etwa 0,013% Bor (B); zwischen etwa 0,12% und etwa 0,18% Hafnium (Hf); und zu übrigen Teilen Nickel (Ni) und zufällige Verunreinigungen.

[0036] In einem anderen Beispiel enthält die Superlegierung eine Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, von zwischen etwa 9,5% und etwa 10,0% Chrom (Cr); zwischen etwa 7,0% und etwa 8,0% Cobalt (Co); zwischen etwa 4,1% und etwa 4,3% Aluminium (Al); zwischen etwa 3,35% und etwa 3,65% Titan (Ti); zwischen etwa 5,75% und etwa 6,25% Wolfram (W); zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Molybdän (Mo); zwischen etwa 4,6% und etwa 5,0% Tantal (Ta); zwischen etwa 0,03% und etwa 0,11% Kohlenstoff (C); zwischen etwa 0,008% und etwa 0,013% Bor (B); zwischen etwa 0,04% und etwa 0,6% Niob (Nb), zwischen etwa 0,1% und etwa 0,2% Hafnium (Hf); und zu übrigen Teilen Nickel (Ni) und zufällige Verunreinigungen.

[0037] Der erhöhte Boranteil verbessert die Brucheigenschaften des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands. Die Verbesserung der Brucheigenschaften enthält, ohne darauf beschränkt zu sein, die Erhöhung der Korngrenzenfestigkeit, die Erhöhung der Zeitstandfestigkeit, die Verringerung oder Eliminierung einer Standzeitverkürzung in Verbindung mit einer erhöhten Korngrenzenfehlpassung oder eine Kombination davon. In einer Ausführungsform erfüllen die verbesserten Brucheigenschaften höhere Anforderungen an den im Wesentlichen einkristallinen Gegenstand. Die wegen des erhöhten Boranteils verbesserten Brucheigenschaften erfüllen höhere Akzeptanzkriterien wegen einer höheren Toleranz des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands gegenüber Grosswinkelgrenzen. Zum Beispiel enthält der im Wesentlichen einkristalline Gegenstand mit dem erhöhten Boranteil eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur, die eine Bruchfestigkeit (d.h. die Korngrenzenfestigkeit und/oder die Zeitstandfestigkeit) bewahrt oder im Wesentlichen bewahrt, wenn der Winkel der Fehlpassung grösser wird.

[0038] In einer Ausführungsform bewahrt die im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands, der den erhöhten Boranteil aufweist, die Zeitstandfestigkeit bei einer Korngrenzenfehlpassung von bis zu 40 Grad oder bewahrt diese im Wesentlichen. Die Zeitstandfestigkeit eines bikristallinen Gegenstands, der 90 ppm Bor enthält, wird bis zu einer Fehlpassung von 40 Grad bewahrt, was eine Verringerung oder Eliminierung der Standzeitverkürzung bei zunehmendem Fehlpassungswinkel belegt. Im Gegensatz dazu nimmt die Zeitstandfestigkeit eines bikristallinen Gegenstands ohne Bor mit grösser werdendem Fehlpassungswinkel zu, was eine Verschärfung der Standzeitverkürzung belegt. Das Fehlpassungswinkel-Akzeptanzkriterium von bis zu 40 Grad ist eine deutliche Steigerung gegenüber heutigen Akzeptanzkriterien, die beispielsweise eine Fehlpassung von 12 Grad für Korngrenzen eines Schaufelblattes und eine Fehlpassung von bis zu 18 Grad an anderen Stellen der Turbinenschaufel mit zwischen 30 und 50 ppm Bor umfassen.

[0039] Das erhöhte Fehlpassungswinkel-Akzeptanzkriterium, das durch den erhöhten Boranteil ermöglicht wird, erhöht eine Ausbeute des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands durch Verringerung oder Eliminierung von Ausschuss des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands mit bis zu 40 Grad Korngrenzenfehlpassung. Die erhöhte Ausbeute des im Wesentlichen einkristallinen Gegenstands vergrössert die Effizienz und/oder senkt die Fertigungskosten.

[0040] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf eine oder mehrere Ausführungsformen beschrieben worden ist, wird der Fachmann erkennen, dass verschiedene Änderungen daran vorgenommen und Äquivalente für Elemente davon eingetauscht werden können, ohne vom Bereich der Erfindung abzuweichen. Ausserdem können zahlreiche Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Material an die Lehren der Erfindung anzupassen, ohne von deren Wesen und Bereich abzuweichen. Daher soll die Erfindung nicht auf die als beste Weise zur Ausführung der Erfindung betrachtete konkrete Ausführungsform beschränkt werden, sondern die Erfindung enthält alle Ausführungsformen, die im Umfang der beigefügten Ansprüche liegen.

[0041] Es werden ein Gegenstand und ein Verfahren zur Herstellung eines Einkristallgussstücks offenbart. Der Gegenstand enthält eine Einkristall-Superlegierung auf Nickelbasis mit einer Zusammensetzung, die mehr als etwa 80 ppm Bor (B) und eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur mit mindestens einer Korngrenze aufweist. Eine Zeitstandfestigkeit des Gegenstands wird bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von etwa 40 Grad weitgehend bewahrt. Das Verfahren zur Herstellung eines Einkristallgussstücks enthält ein Positionieren einer Form auf einer Kühlplatte, wobei die Form einen Einkristallselektor aufweist, Bereitstellen einer geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis in der Form, wobei die geschmolzene Zusammensetzung mehr als etwa 80 ppm Bor (B) enthält, Abkühlen der geschmolzenen Zusammensetzung mit der Kühlplatte und Ausbilden eines unidirektionalen Temperaturgradienten durch Herausholen der Form aus dem Inneren einer Wärmequelle, um das Einkristallgussstück herzustellen, das eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur mit mindestens einer Korngrenze aufweist.

Patentansprüche

1. Einkristall-Superlegierungsgegenstand, der aufweist:
eine Superlegierung auf Nickelbasis mit einer Zusammensetzung, die mehr als 80 ppm Bor B enthält;

wobei der Gegenstand eine im Wesentlichen einkristalline Mikrostruktur aufweist, die mindestens eine Korngrenze aufweist, wobei der Gegenstand eine Zeitstandfestigkeit aufweist, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird.

2. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach Anspruch 1, der ferner zwischen 80 ppm und 130 ppm Bor B, vorzugsweise zwischen 80 ppm und 100 ppm Bor B, aufweist.
3. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, aufweist:
5,75% bis 6,25% Chrom Cr;
7,0% bis 8,0% Cobalt Co;
6,2% bis 6,7% Aluminium Al;
bis zu 0,04% Titan Ti;
6,4% bis 6,8% Tantal Ta;
6,0% bis 6,5% Wolfram W;
1,3% bis 1,7% Molybdän Mo;
0,03% bis 0,11% Kohlenstoff C;
0,008% bis 0,013% Bor B;
0,12% bis 0,18% Hafnium Hf; und
zu übrigen Teilen Nickel Ni und zufällige Verunreinigungen.
4. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, aufweist:
9,5% bis 10,0% Chrom Cr;
7,0% bis 8,0% Cobalt Co;
4,1% bis 4,3% Aluminium Al;
3,35% bis 3,65% Titan Ti;
5,75% bis 6,25% Wolfram W;
1,3% bis 1,7% Molybdän Mo;
4,6% bis 5,0% Tantal Ta;
0,03% bis 0,11% Kohlenstoff C;
0,008% bis 0,013% Bor B;
0,4% bis 0,6% Niob Nb;
0,1% bis 0,2% Hafnium Hf; und
zu übrigen Teilen Nickel Ni und zufällige Verunreinigungen.
5. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Gegenstand eine Heissgaswegkomponente einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks ist und wobei die Heissgaswegkomponente Temperaturen von mindestens 1093,3 °C, 2000 °F, standhält;
wobei die Heissgaswegkomponente aus der Gruppe ausgewählt sein kann, die aus einer Laufschaufel, einer Leitschaufel, einer Düse, einer Dichtung und einem stationären Mantel besteht.
6. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach einem der vorangehenden Ansprüche, der ferner einen Fehlpassungswinkel einer Fehlpassung der Korngrenzen von bis zu 40 Grad aufweist.
7. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach Anspruch 6, der ferner Kleinwinkelgrenzen aufweist, die bis zu 10 Grad Fehlpassung beinhalten, und/oder der ferner Grosswinkelgrenzen aufweist, die mehr als 10 Grad Fehlpassung beinhalten.
8. Einkristall-Superlegierungsgegenstand nach Anspruch 1, wobei der Gegenstand gerichtet erstarrt ist.
9. Verfahren zur Herstellung eines Einkristall-Superlegierungsgegenstands nach Anspruch 1, wobei das Verfahren aufweist:
Positionieren einer Form auf einer Kühlplatte, wobei die Form einen Einkristallselektor aufweist;
Bereitstellen der Form im Inneren einer Wärmequelle;
Bereitstellen der geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis in der Form;
Abkühlen der geschmolzenen Superlegierungszusammensetzung auf Nickelbasis mit der Kühlplatte, um Kristallkeime zu bilden; und
Ausbilden eines unidirektionalen Temperaturgradienten durch Herausholen der Form aus dem Inneren der Wärmequelle;
wobei die unidirektionale Temperatur ein Wachstum von Stengelkristallen aus den Kristallkeimkörnern hervorruft und nur einer von den Stengelkristallen durch den Einkristallselektor in einen Körperabschnitt der Form hindurchgelangt, um das Einkristallgussstück zu bilden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei mehr als 100 ppm Bor B bereitgestellt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Form ferner mit einem Startblock zwischen der Kühlplatte und dem Einkristallselektor ausgebildet wird, wobei der Startblock säulenförmig ausgebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–11, wobei der Einkristallselektor ferner helixförmig ausgebildet wird; und/oder wobei das Einkristallgussstück als Heissgaswegkomponente einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks ausgebildet wird, wobei die Heissgaswegkomponente aus der Gruppe bestehend aus einer Laufschaufel, einer Leitschaufel, einer Düse, einer Dichtung und einem stationären Mantel ausgewählt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9–12, wobei die Zeitstandfestigkeit, die bis zu einer Korngrenzenfehlpassung von 40 Grad im Wesentlichen bewahrt wird, eine erhöhte Ausbeute an Einkristallgussstücken ermöglicht.
14. Das Verfahren nach einem der Ansprüche 9–13, das ferner ein Erwärmen der Form auf eine Temperatur zwischen 1500 und 1700 °C aufweist.

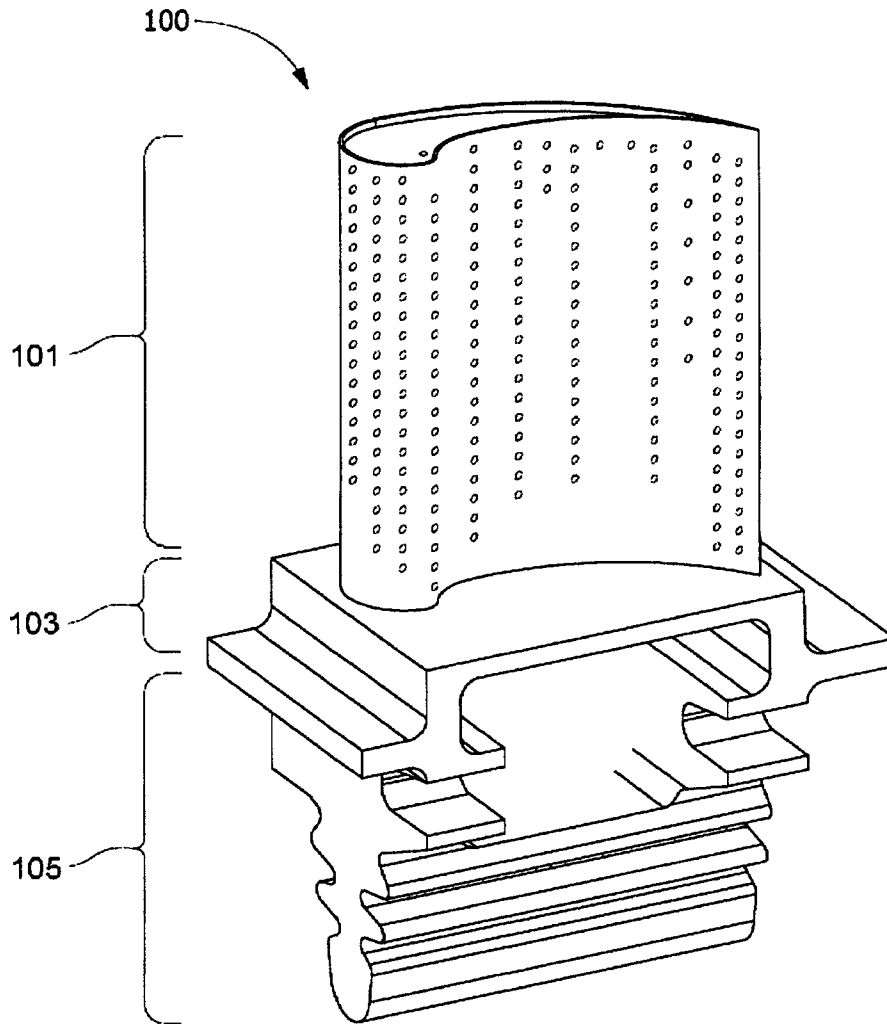


FIG. 1