(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 17 156 T2** 2007.10.04

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 442 163 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 17 156.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB02/03595**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 762 676.1**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/035946**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.09.2002**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **01.05.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.08.2004**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **27.12.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.10.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***C30B 13/00*** (2006.01)
C30B 29/52 (2006.01)
C22C 19/05 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
01122818 **22.09.2001** **EP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(73) Patentinhaber:
ALSTOM Technology Ltd., Baden, CH

(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München

(72) Erfinder:
BEZENCON, Cyrille, 3971 Chermignon, CH; HOEBEL, Matthias, CH-5210 Windisch, CH; KHAN, S., Abdus, 5400 Baden, CH; KONTER, Maxim, CH-5313 Klingnau, CH; KURZ, Wilfried, 1093 La Comversion S. Lutry, CH; SCHNELL, Alexander, CH-5408 Ennetbaden, CH

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR ZÜCHTUNG EINER MCRALY-BESCHICHTUNG UND EIN MIT MCRALY-BESCHICHTETER GEGENSTAND**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur epitaxialen Züchtung einer MCrAlY-Beschichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und einen Gegenstand gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 5, der mit der MCrAlY-Beschichtung beschichtet ist.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Bauteile, die zur Verwendung im Hochtemperaturbereich konstruiert werden, z.B. Laufschaufeln oder Leitschaufeln einer Gasturbine, werden für gewöhnlich mit beständigen Beschichtungen beschichtet. Die Beschichtung schützt das Basismaterial gegen Korrosion und Oxidation infolge der Wärmewirkung der heißen Umgebung und besteht aus einer Legierung, die hauptsächlich die Elmente Al und Cr verwendet. Die meisten Turbinenbauteile werden zum Schutz gegen Oxidation und/oder Korrosion zum Beispiel mit einer MCrAlY-Beschichtung (Basisbeschichtung) beschichtet, und einige werden auch mit einer Wärmesperrebeschichtung (TBC für engl. thermal barrier coating) zur Wärmeisolierung beschichtet. MCrAlY-Schutzdeckbeschichtungen sind im Stand der Technik allgemein bekannt. Es handelt sich dabei um eine Familie von Hochtemperaturbeschichtungen, wobei M aus einem von Eisen, Nickel und Kobalt oder einer Kombination davon ausgewählt wird. Als ein Beispiel offenbaren US-A-3,528,861 oder US-A-4,585,481 solch eine Art von oxidationsbeständigen Beschichtungen. US-A-4,152,223 offenbart ebenfalls solch ein Beschichtungsverfahren und die Beschichtung selbst. Neben der γ/β-MCrAlY-Beschichtung gibt es eine andere Klasse von MCrAlY-Deckbeschichtungen, welche auf einer γ/γ'-Gamma/Gamma-Grundstruktur basieren. Die Vorteile von γ/γ'-Beschichtungen sind, dass sie eine vernachlässigbare Wärmeausdehnungsabweichung mit der Legierung des zugrunde liegenden Turbinengegenstands aufweisen. Für eine höhere Wärmeermüdungsbeständigkeit ist die γ/γ'-Beschichtung im Vergleich zur γ/β-Art von MCrAlY-Beschichtungen zweckdienlicher. Eine höhere Wärmeermüdungsbeständigkeit in Beschichtungen ist höchst wünschenswert, da ein Fehler der meisten Turbinenlaufschaufeln und -leitschaufeln bei einer erhöhten Temperatur normalerweise wärmeermüdungsgesteuert ist.

[0003] Unter γ/γ'-Beschichtungen und γ/β-Beschichtungen war das Gebiet der γ/β-Beschichtungen ein aktiver Forschungsbereich, und es wurde eine Reihe von Patenten erteilt. Zum Beispiel werden eine NiCrAlY-Beschichtung in US-A-3,754,903 und eine CoCrAlY-Beschichtung in US-A-3,676,058 beschrieben. US-A-4,346,137 offenbart eine NiCoCrAlY-Beschichtung mit verbesserter Hochtemperaturermüdungsbeständigkeit. US-A-4,419,416, US-A-4,585,481, RE-32,121 und US-A-A-4,743,514 beschreiben MCrAlY-Beschichtungen, die Si und Hf enthalten. US-A-4,313,760 offenbart eine Superlegierungsbeschichtungszusammensetzung mit guter Oxidations-, Korrosions- und Ermüdungsbeständigkeit.

[0004] Im Gegensatz zu den γ/β-Beschichtungen ist die γ/γ'-Art von MCrAlY-Beschichtungen, die z.B. aus US-A-4,973,445 bekannt ist, verhältnismäßig neu. Das einzigartige Merkmal dieser Art von γ/γ'-Beschichtungen ist, dass in Kombination mit einer hohen Dehnbarkeit ihre Wärmeausdehnungsabweichung nahe null ist, was diese Beschichtungen wärmeermüdungsbeständiger macht. Die Beschränkungen sind jedoch ein niedriger Aluminiumgehalt und infolgedessen ihr niedriges Aluminiumreservoir.

[0005] Außerdem offenbart US-A-4,758,480 eine Klasse von Beschichtungen, deren Zusammensetzung auf der Zusammensetzung des zugrunde liegenden Substrats basiert. Die Ähnlichkeit in der Phasenstruktur und in der chemischen Zusammensetzung macht die mechanischen Eigenschaften der Beschichtung ähnlich jenen des Substrats, wodurch ein thermomechanisch reduzierter Schaden während des Betriebs verringert wird. Wenn diese Beschichtung jedoch durch herkömmliche Mittel auf das Einkristallsubstrat aufgetragen wird, erzeugt der Unterschied im E-Modul zwischen der <010> orientierten Oberflächenschicht des Substrats und den willkürlich orientierten Beschichtungskörnern einen großen TMF-Schaden.

[0006] US-A-5,232,789 offenbart die weitere Verbesserung der TMF-Eigenschaften des Beschichtungs-Substrat-Systems. Die Beschichtung, welche eine Zusammensetzung und Phasenstruktur ähnlich der Substratlegierung aufweist, weist eine mindestens 1000-mal feinkörnigere Struktur auf, die durch eine Spezialtechnologie erzeugt wird. Der unterste Grenzflächenabschnitt der feinkörnigen Beschichtung wächst epitaxial und weist daher dieselbe Kristallorientierung wie das Substrat auf. Das epitaxiale Wachstum löst auch das Problem der Beschichtungs/Substrat-Grenzflächenhaftung.

[0007] Das System eines Einkristallsubstrats und der Mehrkristallbeschichtung weist jedoch noch immer einen großen Unterschied im mechanischen Verhalten zwischen dem Substrat und der Beschichtung auf, da

jede gleichachsige Struktur einen E-Modul besitzt, der viel höher als jene für ein Einkristallmaterial in der <001> Richtung ist. Ein höherer E-Modul drückt sich in einer kürzeren TMF-Lebensdauer der Beschichtung im Vergleich zum Substrat aus (obwohl die Spannungen auf die Substrat-Beschichtungs-Grenzfläche im Vergleich zum herkömmlichen Beschichtungs-Substrat-System wesentlich reduziert sind). Mehrfache Korngrenzen verringern die Kriechbeständigkeit der feinkörnigen Beschichtung drastisch, was schließlich die Lebensdauer des gesamten Schaufelsystems bestimmt.

[0008] Daher offenbart US-A-6,024,792 im Allgemeinen ein Verfahren zur Erzeugung von Monokristallstrukturen auf Substraten mit Monokristallstrukturen durch Verwenden eines Energiestrahls von hoher Energie von einer Energiequelle. Das Material, welches in die Monokristallstruktur einzuführen ist, wird dem geschmolzenen Bereich des Substrats zugeführt. Das zugeführte Material wird vollständig geschmolzen. Ein ähnliches Verfahren ist aus EP-A1-740 977 bekannt.

[0009] Insbesondere offenbart EP-A-1 001 055 eine MCrAlY-Beschichtung und ein Verfahren zum Auftragen der Beschichtung, wobei die Beschichtung epitaxial auf dem Basismaterial ist und die Beschichtung mit einer Einkristallstruktur gezüchtet wird. Die Beschichtung wird durch Laserplattieren aufgetragen. Es stellte sich in Wirklichkeit heraus, dass es schwierig war, eine fehlerfreie epitaxiale Beschichtung mit dem in diesem Dokument erwähnten γ (Gamma) /γ' (Gammagrundierung)-bildenden Beschichtungsmaterial zu züchten. Bei Verwenden anderer im Handel erhältlicher hoch oxidationsbeständiger Legeierungen für den Laserplattierungsprozess kann die Einkristallmikrostruktur nicht aufrechterhalten werden. Wärmerisssprünge und die Aufspaltung der Einkristallverfestigung treten in der plattierten Struktur auf, was zur Bildung von unerwünschten gleichachsigen Körnern führt.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Auftragen einer γ/β-MCrAlY-Beschichtung zu finden und den Parameter eines fehler- und rissfreien Beschichtungsmaterials, welches mit dem Basismaterial epitaxial ist, und außerdem den Parameter des Auftragverfahrens im Einzelnen zu bestimmen. Die epitaxiale Beschichtung wird auf dem Einkristallsubstrat gezüchtet, was bedeutet, dass sie dieselbe kristallografische Orientierung wie das Substrat aufweist.

[0011] Gemäß der Erfindung wurde ein Verfahren zum Auftragen einer MCrAlY-Haftbeschichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 gefunden, wobei das MCrAlY-Beschichtungsmaterial auf der Oberfläche des Gegenstands geschmolzen und epitaxial fest werden gelassen wird, und wobei während der Verfestigung des aufgetragenen MCrAlY-Beschichtungsmaterials zuerst eine γ (Gamma)-Phase und anschließend eine β (Beta)-Phase fest werden gelassen wird.

[0012] Gemäß der Erfindung wurde eine MCrAlY-Haftbeschichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 5 gefunden, wobei die MCrAlY eine γ/β-Phase aufweist, und zuerst die γ (Gamma)-Phase abgeschieden wird, und anschließend die β (Beta)-Phase sich in den Bereichen zwischen Dendriten verfestigt.

[0013] Vorteilhafterweise weist die MCrAlY-Beschichtung ein Verfestigungsintervall ΔT_0 auf, das kleiner als 30 °C ist, wodurch sie ein Temperaturintervall ΔT_1 der letzten 5 % Flüssigkeit aufzuweisen hat, das kleiner als 15 °C ist. Beide Faktoren bestimmen die Breite der breiigen Zone, wobei die Wärmerissanfälligkeit während des Plattierungsprozesses umso geringer ist, je schmaler die breiige Zone ist. Schmale breiige Zone bedeutet, dass wenig Flüssigkeit zwischen Dendriten Schrumpfspannungen während des Prozesses ausgesetzt ist.

[0014] Die chemische Zusammensetzung der neuen Beschichtung sollte so nahe als möglich an der eutektischen Linie der γ- und β-Phase, auf der γ-Phasenseite der eutektischen Linie des ternären Phasendiagramms Nickel – Aluminium – Chrom, sein. Wenn die chemische Zusammensetzung der Beschichtung nahe der eutektischen Linie ist, ist die Änderung in der chemischen Zusammensetzung der restlichen Flüssigkeit während des Verfestigungsprozesses geringer, was zu einer rissfreien und einkristallinen Plattierung führt.

[0015] Als ein Beispiel weist die Beschichtung die folgende Zusammensetzung (Gew.-%) auf: 15 bis 30 % Cr, 5,0 bis 10 % Al, 0,1 bis 1,2 % Si, 0,4 bis 1,2 % Y, 0 bis 0,1 Hf, 0,1 bis 1,2 Ta, Rest Ni oder Co, wobei Σ (Al + Si) < 11,5 Gew.-%, Σ (Si + Ta) < 2,5 Gew.-%, Σ (Y + Hf + Zr + La) < 1,5 Gew.-%, C: maximal 0,03 Gew.-%, Ca: 0 bis 1 Gew.-%, und Mg: 0 bis 1 Gew.-%.

[0016] Gemäß der Erfindung und, um ein kleines Verfestigungsintervall zu erhalten, weist die Beschichtung eine Beigabe von (Gew.-%) Si < 1,0 %, Hf < 0,5 %, Y < 0,5 %, Ta < 3 % und Zr < 0,3 % einzeln oder eine

Kombination davon auf. Für eine erhöhte Oxidationsbeständigkeit weist die Beschichtung eine Beigabe von Fe, Ga, Mg und Ca einzeln oder eine Kombination davon auf.

[0017] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird die MCrAlY-Beschichtung durch Laserplattieren mit einer Dicke von 100 bis 300 µm aufgetragen, und der Gegenstand ist ein Gasturbinenbauteil, das aus einer nickelbasierten Superlegierung hergestellt ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Die Erfindung ist in der beiliegenden Zeichnung veranschaulicht, in welcher

[0019] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Laserplattierprozesses darstellt,

[0020] Fig. 2 ein Beispiel einer epitaxialen γ/β-MCrAlY-Beschichtung gemäß der Erfindung darstellt, und

[0021] Fig. 3 ein Beispiel einer nicht epitaxialen γ/β-MCrAlY-Beschichtung darstellt.

[0022] Die Zeichnungen stellen nur Teile dar, die für die Erfindung wichtig sind.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur epitaxialen Züchtung einer MCrAlY-Beschichtung **6** mit einer γ/β-Mikrostruktur auf einer Oberfläche **5** eines Gegenstands **4**, wie beispielsweise Laufschaufeln oder Leitschaufeln von Gasturbinen oder irgendeines anderes Teils, welches einer Hochtemperaturumgebung ausgesetzt ist. Der Gegenstand **4** weist eine Einkristall- oder SX-Struktur auf und kann, als ein Beispiel, aus einer nickelbasierten Superlegierung hergestellt sein. Nickelbasierte Superlegierungen sind im Stand der Technik z.B. aus dem Dokument US-A-5,888,451, US-A-5,759,301 oder aus US-A-4,643,782 bekannt, was als „CMSX-4" bekannt ist. Im Allgemeinen stellt Fig. 1 einen Laserplattierungsprozess dar, welcher durch Auftreffenlassen von Teilchen des MCrAlY-Beschichtungsmaterials mit einem Pulverstrahl **1** auf ein Schmelzbad **2**, das durch gesteuertes Laserheizen gebildet ist, indem der Laserstrahl **3** die Oberfläche **5** des Einkristallgegenstands **4** sukzessive abtastet. Der Pfeil **7** stellt die Richtung der Bewegung über den Gegenstand **4** dar.

[0024] Die Laserplattierungstechnologie wurde verwendet, um eine epitaxiale MCrAlY-Beschichtung **6** mit einer Dicke von 100 bis 300 µm auf den Einkristallsuperlegierungsgegenstand **4** aufzutragen. Die Beschichtung **6** weist eine γ/β-Struktur auf und wird auf dem Gegenstand **4** epitaxial gezüchtet, was bedeutet, dass sie dieselbe Kristallorientierung wie der Gegenstand **4** aufweist.

[0025] Gemäß der Erfindung wird während der Verfestigung der geschmolzenen MCrAlY-Beschichtung **6** auf einer Oberfläche **5** eines Gegenstands **4** infolge der Zusammensetzung der MCrAlY-Beschichtung zuerst eine γ (Gamma)-Phase und anschließend eine β (Beta)-Phase fest werden gelassen. Die γ- oder γ'-Phasen innerhalb der MCrAlY-Beschichtungen und in superlegierungsbasierten Materialien sind kubisch-flächenzentriert (fcc für engl. face-cubic centered) strukturiert. Eine β-Phase ist dagegen kubisch-basiszentriert (bcc für engl. base-cubic centered) strukturiert, d.h. es besteht eine Fehlanpassung der Kristallgitter zwischen der γ- und der β-Phase. Wenn die β-Phase auf dem γ-Substrat wächst, verhindert dieser Kristallstrukturunterschied ein epitaxiales Wachstum des MCrAlY-Kristalls. Es treten eine Keimbildung der β-Phase und ein Wachstum von willkürlich orientierten Körnern ein. Die kristallografische Orientierung und die Struktur des Substrats werden in der Plattierung nicht wiedergegeben. Wenn die β-Phase die zweite Phase ist, die sich verfestigt, was bedeutet, dass die β-Phase sich in den Bereichen zwischen Dendriten verfestigt, entwickelten sich primäre γ-Dendriten epitaxial mit dem Substrat. Eine Keimbildung wird vermieden, und die fcc-Struktur des Substrats wird durch säulenartiges Wachstum von γ-Dendriten in die Plattierung ausgebreitet. Die kristallografische Orientierung und die Struktur des Substrats werden in der Plattierung wiedergegeben.

[0026] Außerdem stellte sich heraus, dass das Verfestigungsintervall ΔT_0 ein kritischer Parameter für eine erfolgreiche rissfreie Züchtung der MCrAlY-Beschichtung **6** mit der γ/β-Struktur ist. Das Verfestigungsintervall ΔT_0 der Beschichtung **6** muss schmal, z.B. kleiner als 30 °C, sein, um ein hohes Risiko einer Wärmerissbildung zu vermeiden.

[0027] Daher sollte die chemische Zusammensetzung der neuen Beschichtung **6** nahe der eutektischen Linie der γ- und β-Phase, auf der γ-Phasenseite der eutektischen Linie des ternären Phasendiagramms Nickel – Aluminium – Chrom, sein. Wenn die chemische Zusammensetzung der Beschichtung nahe der eutektischen Linie

ist, ist die Änderung in der chemischen Zusammensetzung in der restlichen Flüssigkeit während des Verfestigungsprozesses geringer, was zu einer rissfreien und einkristallinen Plattierung führt.

[0028] Infolge der zuvor erwähnten Gegebenheiten weist die Beschichtung eine sehr geringe Wärmerissanfälligkeit während der Verfestigung auf. Demnach ist die Beschichtung rissfrei. Anschließend gewährt die Plattierung der γ/β-Beschichtung eine höhere Flexibilität bei den Laserprozessparametern, wie beispielsweise Plattierungsgeschwindigkeit und Laserleistung, was zu einem größeren Prozessfenster führt.

[0029] Eine γ/β-MCrAlY-Beschichtung 6 gemäß der Erfindung weist den folgenden bevorzugten Bereich auf von (Gew.-%): 15 bis 30 % Cr, 5,0 bis 10 % Al, 0,1 bis 1,2 % Si, 0,4 bis 1,2 % Y, 0 bis 0,1 Hf, 0,1 bis 1,2 Ta, Rest Ni oder Co und unvermeidliche Verunreinigungen, wobei Σ (Al + Si) < 11,5 %, Σ (Si + Ta) < 2,5 %, Σ (Y + Hf + Zr + La) < 1,5 %, C: maximal 0,03 %, Ca: 0 bis 1 %, und Mg: 0 bis 1 %.

[0030] In einer vorteilhaften Ausführungsform muss die Konzentration von geringfügigen Elementen in der Beschichtung, d.h. Y, Hf, Si, Zr und Ta, eingestellt werden, um das Verfestigungsverhalten der Beschichtungslegierung zu bestimmen. Einige dieser Elemente, z.B. Si, erweitern das Verfestigungsintervall. Dies führt zur Bildung von Flüssigkeit mit niedrigen Soliduspunktphasen zwischen Dendriten, was zur Wärmerisserscheinungen (Verfestigungssprüngen) führt. Die Konzentration der geringfügigen Elemente, wie beispielsweise Y, Zr und Ta, muss eingestellt werden, um die Bildung von Sprödbruchphasen zu vermeiden, welche diese Elemente enthalten und für Zerspringen unter Restspannungen, die während des Abkühlens nach der Verfestigung erzeugt werden, anfällig sind. Demnach sind gemäß der Erfindung und, um ein kleines Verfestigungsintervall zu erhalten, die folgenden Bedingungen zu erfüllen (Gew.-%): Si < 1,0 %, Hf < 0,5 %, Y < 0,5 %, Ta < 3 % und Zr < 0,3 %.

[0031] Ein anderer wichtiger Faktor ist, dass die letzten 5 Flüssigkeit unter 15 °C sein müssen. Beide Faktoren, das kleine Verfestigungsintervall und das Temperaturintervall ΔT_1 der letzten 5 % Flüssigkeit, bestimmen die Breite der breiigen Zone, wobei die Wärmerissanfälligkeit während des Plattierungsprozesses umso geringer ist, je schmaler die breiige Zone ist. Schmale breiige Zone bedeutet, dass wenig Flüssigkeit zwischen Dendriten Schrumpfspannungen während des Prozesses ausgesetzt ist.

[0032] Die Beschichtung **6** kann die Elemente Si, Hf und Zr und eine kleine Beigabe von Ta, Fe, Ga, Mg und Ca einzeln oder einer Kombination davon enthalten, sowie für eine erhöhte Oxidationsbeständigkeit.

[0033] Beispiele für die Beschichtung gemäß der Erfindung sind in Tabelle 1 dargestellt (Gew.-%).

Bsp.	Ni	Co	Cr	Al	Re	Ta	Si	Y	ΔT_0[°C]
I	Rest	24	12	11,5	3	0,5	1,2	0,5	100
II	Rest	36	22	10	-	-	-	1	80
III	Rest	40	23	8	-	1	0,5	0,4	25

Tabelle 1

[0034] Das ΔT_0 von Beschichtung I, II beziehungsweise III beträgt 100 °C, 80 °C und 25 °C. Die Beschichtung I konnte infolge der Tatsache, dass hier eine Betaphase zuerst auftritt, nicht epitaxial gezüchtet werden, weshalb eine gleichachsige Struktur ausgebildet ist. Die Beschichtung II verhielt sich ebenfalls ähnlich. Gemäß der Erfindung konnte die Beschichtung III fehlerfrei und epitaxial gezüchtet werden.

[0035] Wenn andererseits die Laserparameter, wie z.B. etwa Laserleistung, Abtastgeschwindigkeit und Schutzgas, für das Auftragen der MCrAlY-Einkristallbeschichtung **6** auf ein Einkristallbasismaterial optimiert und gegenseitig ausgeglichen werden, ermöglicht die Legierungskonstruktion der neuen MCrAlY-Beschichtungen die Aufrechterhaltung und die Züchtung der SX-Beschichtung.

[0036] Das Beispiel von Fig. 2 stellt ein Werkstück als ein Ergebnis einer Beschichtung von dieser Erfindung mit einer vollständigen SX-Struktur und ohne Risse dar. Die Bedingungen der angehängten Ansprüche wurden erfüllt. Die sehr gleichmäßige und parallele Dendritenstruktur zeigt die SX-Struktur der Plattierung an, dies wurde auch mit der Kikuchi-Technik der Elektronenrückstreubeugung (EBSD für engl. Electron Back Scattering Diffraction) nachgewiesen.

[0037] Im Gegensatz dazu stellt Fig. 3 ein Beispiel einer nicht epitaxialen Keimbildung am CMSX-4-Substrat

mit einer Beschichtung gemäß Beispiel I in Tabelle 1 dar. Sie stellt eine Legierung dar, wobei die β-Phase die erste Phase ist, die sich verfestigt. Die hellen Dendriten, welche sichtbar sind, sind das wieder geschmolzene Basismaterial. Obwohl mit optimierten Laserparametern plattiert, war das Beschichtungsmaterial sehr schwer aufzutragen. Außerhalb des Bereichs der Bedingungen der Ansprüche ist sie sehr anfällig für Wärmeriss und Aufspaltung der Einkristallstruktur.

BEZUGSZEICHEN

Bezugszeichenliste

1 Pulverstrahl
2 Schmelzbad
3 Laserstrahl
4 Gegenstand
5 Oberfläche des Gegenstands **4**
6 Beschichtung
7 Bewegungsrichtung
ΔT_0 Verfestigungsintervall der Beschichtung **6**
ΔT_1 Verfestigungsintervall der letzten 5 % Flüssigkeit der Beschichtung **6**

Patentansprüche

1. Verfahren zum epitaxialen Wachstum einer MCrAlY-Beschichtung (**6**) auf einer Oberfläche (**5**) eines Gegenstands (**4**), wobei der Gegenstand (**4**) eine Einkristallstruktur aufweist, die MCrAlY-Beschichtung (**6**) eine γ/β-Struktur aufweist und das Beschichtungsmaterial auf der Oberfläche (**5**) des Gegenstands (**4**) geschmolzen und epitaxial erstarrt wird, und wobei während der Erstarrung des aufgetragenen MCrAlY-Beschichtungsmaterials zuerst eine γ (Gamma)-Phase und anschließend eine β (Beta)-Phase erstarrt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) sich in einem Erstarungsintervall (ΔT_0) erstarrt, das kleiner als 30 °C ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die letzten 5 % Flüssigkeit der MCrAlY-Beschichtung (**6**) sich in einem Temperaturintervall erstarren, das kleiner als 15 °C ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) durch Laserplattieren aufgetragen wird.

5. Gegenstand (**4**) mit einer Oberfläche (**5**) und einer Einkristallstruktur, wobei der Gegenstand (**4**) mit einer MCrAlY-Schutzbeschichtung (**6**) beschichtet ist, diese MCrAlY (**6**) epitaxial auf der Oberfläche (**5**) des Gegenstands (**4**) gewachsen ist, wobei die MCrAlY eine γ/β-Struktur aufweist und zuerst eine γ (Gamma)-Phase abgeschieden wird und anschließend eine β (Beta)-Phase sich in den Bereichen zwischen den Dendriten verfestigt.

6. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) ein Erstarrungsintervall (ΔT_0) aufweist, das kleiner als 30 °C ist.

7. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) ein Temperaturintervall (ΔT_1) der letzten 5 % Flüssigkeit aufweist, das kleiner als 15 °C ist.

8. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die chemische Zusammensetzung der neuen Beschichtung (**6**) nahe der eutektischen Linie der γ- und β-Phase, auf der γ-Phasenseite der eutektischen Linie des ternären Phasendiagramms Nickel – Aluminium – Chrom, ist.

9. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) eine Dicke von 100 bis 300 µm aufweist.

10. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) durch Laserplattieren aufgetragen ist.

11. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die MCrAlY-Beschichtung (**6**) rissfrei ist.

12. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die Beschichtung (**6**) die folgende Zusammensetzung aufweist (Gew.-%): 15 bis 30 % Cr, 5,0 bis 10 % Al, 0,1 bis 1,2 % Si, 0,4 bis 1,2 % Y, 0 bis 0,1 Hf, 0,1 bis 1,2 Ta, Rest Ni oder Co und unvermeidliche Verunreinigungen, wobei Σ (Al + Si) < 11,5 Gew.-%, Σ (Si + Ta) < 2,5 Gew.-%, Σ (Y + Hf + Zr + La) < 1,5 Gew.-%, C: maximal 0,03 Gew.-%, Ca: 0 bis 1 Gew.-%, und Mg: 0 bis 1 Gew.-%.

13. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die Beschichtung (**6**) eine Beigabe von (Gew.-%) Si < 1,0 %, Hf < 0,5 %, Y < 0,5 %, Ta < 3 % und Zr < 0,3 % einzeln oder eine Kombination davon aufweist.

14. Gegenstand (**4**) nach Anspruch 5, wobei die Beschichtung (**6**) eine Beigabe von Fe, Ga, Mg und Ca einzeln oder eine Kombination davon aufweist.

15. Gegenstand (**4**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 14, wobei er ein Gasturbinenbauteil ist, das aus einer Nickelbasis-Superlegierung hergestellt ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

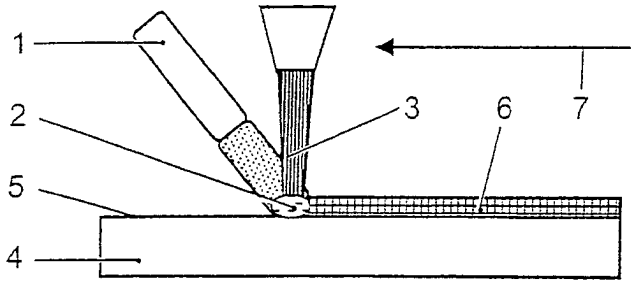

Fig. 1

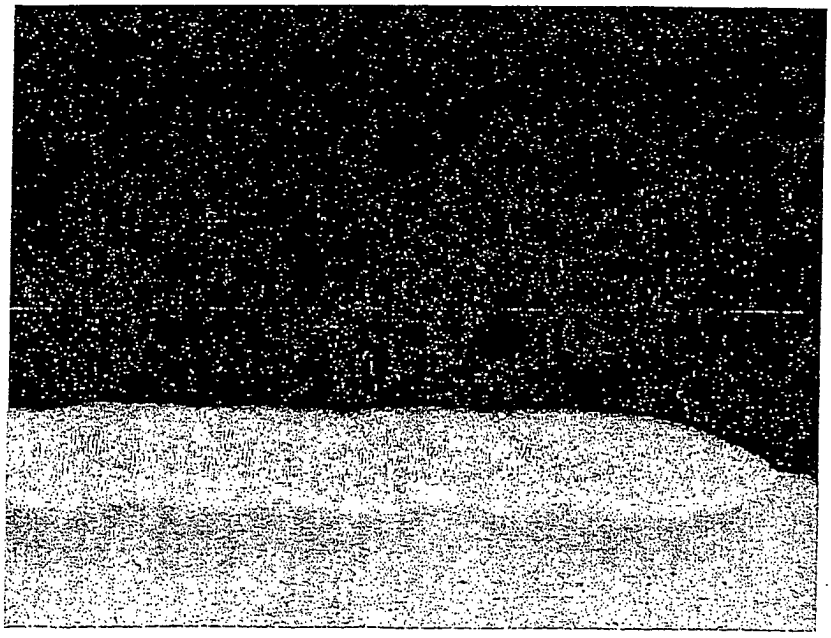

Fig. 2

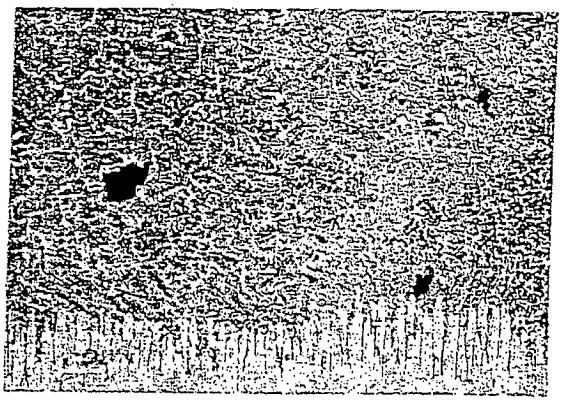

Fig. 3