(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Dezember 2007 (13.12.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/140748 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 1/00 (2006.01) *F01D 25/00* (2006.01)
F01D 5/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000971

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2007 (31.05.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 026 704.4 8. Juni 2006 (08.06.2006) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE]; Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **VOSSBERG, Andreas** [DE/DE]; Kircher Vorfeld 30, 30916 Isernhagen (DE). **RÖSLER, Hans, Joachim** [DE/DE]; Lammer Heide 161, 38116 Braunschweig (DE). **PIEGERT, Sebastian** [DE/DE]; Wendenring 16, 38114 Braunschweig (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **MTU AERO ENGINES GMBH**; Intellectual Property Management, Postfach 50 06 40, 80976 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD OF PRODUCING OR REPAIRING TURBINE OR ENGINE COMPONENTS, AND A COMPONENT, NAMELY A TURBINE OR ENGINE COMPONENT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG ODER REPARATUR VON TURBINEN- ODER TRIEBWERKSBAUTEILEN, SOWIE BAUTEIL, NÄMLICH TURBINEN- ODER TRIEBWERKSBAUTEIL

Alloy	Ni	Cr	Co	Mo	W	Re	Al	Ta	Ti	Nb	Y	Hf	Pd	B
A2	Bal.	10.0	10.0	4,0			4,0	2,0		1.0	0,5	4,0	4,0	1.8
René 80	Bal.	14,0	9.5	4,0	4,0		3.0		5.0					0.02
René N-5	Bal.	7,0	7,5	1,5	4,0	3,0	6,2	6,5						

(57) **Abstract:** The invention relates to a method of producing or repairing single-crystalline turbine or engine components, in which a braze filler metal is heated to a temperature which is greater than or equal to the melting temperature of this braze filler metal. The molten mass, thus produced, of the braze filler metal is then introduced into a crack formed in the turbine or engine component or into a gap formed between two turbine or engine components. The temperature of the braze filler metal is then controlled in a non-isothermal manner during an epitaxial solidification process of this braze filler metal. This method, which can be used, for example, in connection with turbine or engine components made of a nickel-base alloy, has the advantage over conventional methods that it permits a quicker brazing repair of turbine or engine components, in particular in the case of large gap or crack widths, and in addition this method can bring about a state in which the repaired regions again have a single-crystalline structure and thus have the corresponding high mechanical strength, oxidation resistance and re-melting temperature.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung oder Reparatur von einkristallinen Turbinen- oder Triebwerksbauteilen, bei dem ein Lotes auf eine Temperatur aufgeheizt wird, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lotes ist. Anschließend wird die damit entstandene Schmelze des Lotes in einen in dem Turbinen- oder Triebwerksbauteil ausgebildeten Riss oder in einen zwischen zwei Turbinen- oder Triebwerksbauteilen ausgebildeten Spalt eingebracht. Anschließend wird die Temperatur des Lotes während eines eptitaktisches Erstarrungsprozesses dieses Lotes nicht-isotherm gesteuert. Dieses Verfahren, das sich beispielsweise im Zusammenhang mit Turbinen- oder Triebwerksbauteilen aus einer Nickel-Basis-Legierung anwenden lässt, weist gegenüber herkömmlichen Verfahren den Vorteil auf, dass es, insbesondere bei großen Spalt- bzw. Rissbreiten, eine schnellere Lötreparatur von Turbinen- oder Triebwerksbauteilen ermöglicht und darüber hinaus mit diesem Verfahren bewirkt werden kann, dass die reparierten Bereiche wieder eine einkristalline Struktur, und damit die entsprechende hohe mechanische Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Wiederaufschmelztemperatur aufweisen.

WO 2007/140748 A1

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Verfahren zur Herstellung oder Reparatur von Turbinen- oder Triebwerksbauteilen, sowie Bauteil, nämlich Turbinen- oder Triebwerksbauteil

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung oder Reparatur von Turbinen- oder Triebwerksbauteilen sowie ein Bauteil, nämlich Turbinen- oder Triebwerksbauteil.

Aus der US 5,732,467 ist ein Verfahren zur Reparatur von Oberflächenrissen bekannt, wobei das aus einer Superlegierung bestehende Substrat eine gerichtet erstarrte Struktur aufweist. Der gereinigte Riss wird mit dem Substratmaterial befüllt. Der beschichtete Riss wird dann für eine gewisse Zeit einer erhöhten Temperatur und einem isostatischen Druck ausgesetzt, ohne dass die Mirkostruktur des Substrats geändert wird.

Die US 5,666,643 offenbart ein Verfahren zur Reparatur von Bauteilen aus kobalt- und nickelbasierten Superlegierungen mittels Löten. Bei diesem Verfahren wird ein aus zwei Komponenten bestehendes Lotmaterial verwendet, dessen eine Komponente die (eigentliche) Lotlegierung bildet, und dessen andere Komponente von Partikeln gebildet wird, die hochschmelzend und entweder einkristallin, gerichtet erstarrt oder polykristallin sind. Bei dieser Gestaltung weicht die Mikrostruktur des reparierten Risses von der des Substrates ab, was zu Festigkeitsbeeinträchtigungen innerhalb der verfüllten Risse führt, und zwar insbesondere dann, wenn diese in Bereichen mit Spannungskonzentrationen positioniert sind.

Ähnliche Probleme ergeben sich in der Regel stets bei solchen Reparaturverfahren, bei denen die Mikrostruktur des Substrats nicht wiederhergestellt wird, wie zum Beispiel im Zusammenhang mit den aus der US 4,381,944 oder der US 5,437,737 bekannten Verfahren, wobei bei diesen Verfahren jeweils die Lotlegierung mit einem Additivwerkstoff versehen wird, um die Festigkeit der verfüllten Spalte zu steigern.

Ein anderer Ansatz ist bei dem in der US 5,156,321 offenbarten Verfahren insofern gegeben, als dort ein Sinterprozess verwendet wird, um die Reparatur effektiver zu gestalten.

Zwei ähnliche Lötverfahren werden in der US 4,830,934 sowie der US 5,240,491 offenbart, die für polykristalline bzw. gerichtet erstarrte Superlegierungen bestimmt sind, wie sie beispielsweise in der US 4,288,247 beschrieben werden. Dabei besteht das Reparatursystem aus mindestens drei verschiedenen Metallpulvern. Diese verschiedenen Metallpulver erfüllen dabei verschiedene Funktionen. Die Metallpulver einer ersten Gruppe sind dabei hochschmel-

zend und weisen einen relativ hohen Anteil an Mo, Re und W auf; diese Metallpulver schmelzen bei dem Lötvorgang nicht oder nur teilweise auf. Die Metallpulver einer zweiten und der verbleibenden dritten Gruppe sorgen für ein entsprechendes Fließverhalten des Lötsystems. Die Metallpulver der zweiten Gruppe enthalten dabei B und / oder Si als Schmelzpunkterniedriger, und die Metallpulver der dritten Gruppe weisen dabei eutektische Zusammensetzungen auf und unterstützen beim Lötvorgang als flüssige Phase das Verfüllen. Die Erstarrung wird durch einen isothermen Lötvorgang herbeigeführt, dem ein abgestufter Diffusionszyklus folgt, wobei aber keine einkristalline Verfüllung des Spaltes erreicht wird. Das Baukastenprinzip ermöglicht dabei einen flexiblem Umgang mit der Mikrostruktur des Spaltes und den mechanischen Eigenschaften, welche durchaus die Eigenschaften der Substrate erzielen.

Ein ähnliches Baukastenprinzip ist in der US 2002/0157737 A1 offenbart. Gemäß der dortigen Offenbarung wird ein niedrigschmelzendes Pulver, das bis zu 1% Ti, W, Re, Mo, Nb, Hf, Pd, Pt, Ir, Ru, C, Si und / oder Zr enthalten kann, mit mindestens einem hochschmelzenden Pulver gemischt. Die Löttemperatur beträgt dabei 1260°C (10-40 min) und wird wiederum von einem abgestuften Diffusionszyklus gefolgt. Es scheint so zu sein, dass die Zeitstandfestigkeit nahe der des Substrates liegt.

Gemäß der Offenbarung der EP 1 226 896 A2 wird René 80 Pulver mit einer ternär eutektischen Lotlegierung versetzt, die etwa 15% Cr, 3,5 % B und zusätzlich bis zu 1,5 % Fe enthält. Das Mischungsverhältnis beträgt dabei 65:35 zugunsten des René 80. Die Löttemperatur liegt zwischen 1175°C und 1215°C und wird etwa 20 min gehalten. Dabei entsteht eine Lötnaht mit polykristalliner Mikrostruktur. Das Reparaturteil kann hierbei über verschiedene Techniken auf das Bauteil appliziert werden, wie z.B. als Paste, Knete oder über vorgesinterte Platten. Vorgesinterte Platten können beispielsweise derart erzeugt werden, dass Superlegierungsbleche pulvermetallurgisch hergestellt werden, wie es in der GB 2153845 A offenbart ist.

Die US 6,325,871 offenbart einen isotherm geführten Lötzyklus, mittels welchem Bauteile aus gegossenen Superlegierungen verbunden werden können. Dabei werden Folien verwendet, deren Borgehalt 1 bis 3 Gew.-% beträgt.

Ein ähnliches Verfahren ist aus der US 6,508,000 für Einlagen bekannt geworden. In dieser Druckschrift ist ein auf Spaltweiten von bis zu 25 µm limitierter Lötprozess über temporär

gesteuerte Flüssigkeitsphasen offenbart, mit welchem Turbinenblätter und Leitschaufeln repariert werden können.

Ein weiterer Ansatz ist in der US 6,968,991 für einkristalline Komponenten offenbart. Dabei wird das Lotmaterial in Form einer viskosen Masse (Farbe), die aus Lotmaterial, Additivwerkstoff, Binder und einem Träger besteht, auf den vorher mechanisch geschlossenen und punktgeschweißten Riss aufgetragen, dessen Breite maximal 0,05 mm betragen darf. Der Lötvorgang an sich dauert bis zu 20 min und wird bei einer Temperatur von 1204°C durchgeführt. Nach einem sich hieran anschließenden Abkühlvorgang auf 816°C wird wieder auf 1204°C geheizt, so dass die Schmelztemperaturerniedriger aus dem Spalt in den Grundwerkstoff eindiffundieren.

In der US 6,629,368 wird insbesondere eine isotherme Lötreparatur von einkristallinen Turbinenschaufeln offenbart, die eine einkristalline Struktur in den gelöteten Bereichen wiederherzustellen scheint. Nachteilig ist bei der Gestaltung gemäß der US 6,629,368, dass die Gefahr von Grundwerkstoffschädigungen besteht und dass das Verfahren unwirtschaftlich lange Prozesszeiten beinhaltet.

Ferner offenbart die US 6,629,368 ein Verfahren, gemäß welchem ein isothermes epitaktisches Ausheilen von Rissen an einkristallinen Materialien vorgesehen ist.

Nachteilig an den aus der US 4,830,934 oder der US 5,240,491 oder der US 5,732,467 oder der US 5,666,643 oder der US 4,381,944 oder der US 5,437,737 bekannten Gestaltungen ist, dass die Bauteile dort nach der Reparatur nicht die ursprüngliche mechanische Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Wiederaufschmelztemperatur besitzen, bzw. die Bauteile im Hinblick auf diese Kriterien nach der Reparatur deutlich verschlechtert sind.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine für den Bereich der Flugtriebwerke bzw. Turbinen geeignete Möglichkeit zum Fügen und / oder Reparieren von Bauteilen zu schaffen, mittels welcher die mechanischen und physikalischen Eigenschaften im Füge- bzw. Reparaturbereich nicht oder zumindest in verhältnismäßig geringen Maße beeinträchtigt werden.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen. Ein erfindungsgemäßes Bauteil, nämlich Turbinen- oder Triebwerksbauteil, ist Gegenstand des Anspruchs 8 oder des Anspruchs 10. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Es wird also erfindungsgemäß insbesondere ein Verfahren, insbesondere Hochtemperaturlötverfahren, zur Herstellung oder Reparatur von, insbesondere einkristallinen, Turbinen- oder Triebwerksbauteilen vorgeschlagen, das die folgenden Schritten aufweist: Aufheizen eines Lotes auf eine Temperatur, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lotes ist; Verbringen der bei diesem Aufheizen entstehenden Schmelze des Lotes in einen in dem Turbinen- oder Triebwerksbauteil ausgebildeten Riss oder in einen zwischen zwei Turbinen- oder Triebwerksbauteilen ausgebildeten Spalt oder in einen, insbesondere durch Materialabtrag, beschädigten Bereich eines Turbinen- oder Triebwerksbauteils; und nicht-isothermes Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Lotes während eines eptitaktisches Erstarrungsprozesses dieses Lotes.

Im Sinne der vorliegenden Offenbarung bzw. Erfindung ist unter einem Lot insbesondere eine Lotlegierung zu verstehen, oder ein Mehrkomponenten-Lötsystem, das als Komponenten des Mehrkomponenenten-Lötsystems eine Lotlegierung und mindestens einen, wie beispielsweise genau einen oder genau zwei oder genau drei oder mehr als drei, Additivwerkstoff(e) ausweist oder aus einer Lotlegierung und mindestens einem, wie beispielsweise genau einem oder genau zwei oder genau drei oder mehr als drei, Additivwerkstoff(en) besteht.

Mittels eines derartigen Verfahrens, das insbesondere auf einer nicht-isothermen, epitaktischen Erstarrung eines Lotes in einem Riss oder einem Spalt oder in einen beschädigten Bereich eines Bauteils bzw. Werkstoffs, wie z.B. Nickelbasis-Legierung, basiert, kann beispielsweise der Erstarrungsvorgang des Lotes gegenüber bekannten Verfahren, bei denen der Erstarrungsvorgang isotherm erfolgt, - zumindest bei signifikanten Spaltbreiten, wie solche, die größer oder gleich 200 µm sind, verkürzt werden. Gerade bei einkristallinen Substraten bzw. einkristallinen zu reparierenden Bauteilen, wie beispielsweise einkristalline Turbinen- oder Triebwerksbauteile bzw. einkristalline Turbinenschaufeln, stellt das erfindungsgemäße Verfahren eine gute Basis dafür bereit, dass im reparierten Bereich auch nach der Reparatur eine einkristalline oder zumindest eine gerichtet-erstarrte Struktur gegeben ist und somit die mechanischen und physikalischen Eigenschaften in hohem Maße wiederhergestellt werden können.

Das Lot kann beispielsweise in Form einer viskosen Paste aufgebraucht bzw. in den Riss oder Spalt verbracht bzw. auf die schadhaften Stellen aufgetragen werden. Die Viskosität kann beispielsweise durch Vermengen der Metallpulver mit einem organischen Binder erreicht werden. Der Anteil des Binders kann beispielsweise 5 bis 15 Gew.-%, insbesondere 5 bis 10 Gew.-% oder 8 bis 12 Gew.-%, besonders bevorzugt im Wesentlichen 10%, des Pulvergemisches betragen.

Das epitaktische Erstarren des Lotes erfolgt in vorteilhafter Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit bzw. bei sinkender, insbesondere streng monoton sinkender, Temperatur der Probe bzw. des Turbinen- oder Triebwerksbauteils bzw. des Lotes. In vorteilhafter Gestaltung sinkt die Temperatur dabei linear. Das Abkühlen bzw. Sinken der Temperatur beim epitaktischen Erstarren erfolgt insbesondere gesteuert bzw. geregelt.

Gemäß einer besonders zu bevorzugenden Weiterbildung wird das Abkühlen beim erfindungsgemäßen Verfahren, also insbesondere beim Hochtemperaturlöten, d.h. auch beim epitaktischen Löten, mittels einer Offensteuerung im Hochvakuum geregelt. Dabei können beispielsweise Sollwerte mittels eines EDV-Programms vorgegeben werden und die Istwerte mittels Thermoelementen an der Probe bzw. am Bauteil bzw. am Turbinen- oder Triebwerksbauteil bzw. im Bereich des Lotes – zur Vereinfachung wird im Folgenden anstelle der vorgenannten Auflistung auch abgekürzt von Probe gesprochen - ermittelt bzw. gemessen werden. Vorzugsweise wird die Probe nicht aktiv gekühlt, wobei das Abkühlen über einen natürlichen Wärmeverlust der Probe bewirkt wird (Strahlungswärme), wenn die Wärmequelle, insbesondere Heizung, abgeschaltet wird. Um eine gezielte bzw. vorbestimmte Abkühlrate einzustellen bzw. zu steuern bzw. zu regeln, kann bei zu hoher Abkühlrate gegengeheizt werden. Die Aufheizung kann wieder durch Strahlungswärme erfolgen, die von Heizelementen abgegeben wird.

Anzumerken ist, dass die erwähnte Ofenregelung nur beispielhafter Art ist, und beispielsweise auch andere Wärmequellen bzw. Wärmeübertragungen vorgesehen sein können, wie zum Beispiel beim Löten unter Schutzgas die Wärmeübertragung über Gasmoleküle (Kinetik) oder beim induktiven Löten die Wärmeübertragung durch Induktion.

In vorteilhafter Ausgestaltung sinkt die Temperatur gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren – wie erwähnt – während des epitaktischen Erstarrungsprozesses, allerdings mit einer geringeren Abkühlrate als sie nach dem epitaktischen Erstarrungsprozesses sinkt.

Beispielsweise können während des epitaktischen Erstarrungsprozesses die Abkühlraten zwischen 100 K/min und 0,001 K/min, vorzugsweise 20 K/min und 0,01 K/min, vorzugsweise 10 K/min und 0,01 K/min, vorzugsweise 5 K/min und 0,01 K/min, vorzugsweise 0,5 K/min und 0,08 K/min liegen. Beim Abkühlen nach dem epitaktischen Erstarrungsprozess sind Abkühlraten besonders bevorzugt, die kleiner als 100 K/min, bevorzugt kleiner als 80 K/min , bevorzugt kleiner als 60 K/min, bevorzugt kleiner als 40 K/min, bevorzugt kleiner als 20 K/min, bevorzugt kleiner als 10 K/min, bevorzugt kleiner als 5 K/min, bevorzugt kleiner als 2 K/min, wobei die Abkühlrate konstant oder nicht-konstant sein kann.

Als Lot kann bei dem Verfahren beispielsweise eine Lotlegierung verwendet werden, die eine Zusammensetzung entsprechend der folgenden Tabelle aufweist:

Element	Ni	Cr	Co	Mo	Al	Ta	Nb	Y	Hf	Pd	B	Si
Anteil in Gew.%	Bal.	5-17	8-15	1-5	2-8	0-8	0-2	0-1	0-4	0,5-4	0,5-2	0-1

oder entsprechend der folgenden Tabelle

Element	Ni	Cr	Co	Mo	Al	Ta	Nb	Y	Hf	Pd	B	Si
Anteil in Gew.%	Bal.	5-17	8-15	1-5	2-8	1-8	0,1-2	0,1-1	1-4	0,5-5	0,5-2,5	0,1-1

oder entsprechend der folgenden Tabelle

Element	Ni	Cr	Co	Ta	AL	B
Anteil in Gew.%	Bal .	14,8-15,8	9,5-11	3-3,8	3,2-3,7	2,1-2,5

wobei letzteres Beispiel dem kommerziellen Lot D-15 entspricht.

Durch Bal. wird dabei insbesondere angezeigt, dass hierdurch, also hier durch Nickel (Ni), die Summe der Gewichtsanteile auf 100% ergänzt werden soll bzw. wird.

In vorteilhafter Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass das Lot einen Additivwerkstoff auf Nickelbasis aufweist, der beispielsweise neben Nickel ein oder mehrere der folgenden Elemente:

Element	Cr	Co	W	Mo	Al	Ta	Ti	Re	Fe	Nb	Y	Hf
Anteil in Gew.%	≤30	≤20	≤15	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤5	≤5	≤5	≤5

Element	Pd	C	B	Si	Ni
Anteil in Gew.%	≤5	≤1	≤1	≤1	Bal

oder ein oder mehrere der folgenden Elemente

Element	Cr	Co	W	Mo	Al	Ti	C	Zr
Anteil in Gew.%	13,7-14,3	9-10	3,7-4,3	3,7-4,3	2,8-3,2	4,8-5,2	0,15-0,19	0,03-0,1

Element	B	Ni
Anteil in Gew.%	0,01-0,02	Bal

aufweist.

Im Folgenden sollen anhand der Fig. Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert werden, ohne dass die Erfindung hierdurch auf diese eingeschränkt werden soll. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Temperaturverlauf, der bei einem beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahren gegeben sein kann;

Fig. 2 beispielhafte Zusammensetzungen von Werkstoffen, die im Zusammenhang mit einem erfindungsgemäßen Verfahren, und insbesondere dem beispielhaften, anhand der Fig. 1 oder Fig. 3 erläuterten erfindungsgemäßen Verfahren, verwendet werden können; und

Fig. 3 einen weiteren beispielhaften Temperaturverlauf, der bei einem weiteren beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahren gegeben sein kann.

Fig. 1 zeigt einen beispielhaften Temperatur-Zeit-Verlauf 1 für ein Lot, der im Rahmen eines beispielhaften erfindungsgemäßen Löt- bzw. Reparaturverfahren bzw. einer beispielhaften erfindungsgemäßen Lötreparatur für Nickelbasiswerkstoffe bzw. für Turbinenschaufeln aus einem Nickelbasiswerkstoff gegeben sein kann. Der Nickelbasiswerkstoff bzw. die Turbinenschaufel aus einem Nickelbasiswerkstoff kann dabei einkristallin gestaltet sein oder polykristallin oder gerichtet erstarrt..

Dieses Verfahren wird hier anhand eines Beispieles erläutert, gemäß welchem der Nickelbasiswerkstoff bzw. die Turbinenschaufel einen auszuheilenden bzw. zu befüllenden Riss oder Spalt aufweist oder einen auszuheilenden Bereich, der beispielsweise eine Breite bzw. Höhe von bis zu 500 µm aufweist.

Das Lot kann beispielsweise ein nickelbasiertes borhaltiges Lot sein. Das Bor dient dabei als Schmelzpunkterniedriger und weist in Nickel eine hohe Mobilität auf. Zusätzlich kann das Lot Palladium enthalten, welches ebenfalls ein Schmelzpunkterniedriger ist und zusätzlich die Randlöslichkeit von Bor im ternären Ni-Pd-B-System steigert. Das Lot kann weiterhin einen, mehrere oder alle der γ'-Bildner Al, Nb und Ta enthalten, so dass mit einer geeigneten Wärmebehandlung im Anschluss an den nicht-isothermen epitaktischen Erstarrungsvorgang (der im Folgenden noch angesprochen wird) eine Ausscheidungshärtung durchgeführt werden kann und in bevorzugter Weiterbildung durchgeführt wird.

Im Hinblick auf beispielhafte Lotwerkstoffe, denen ggf. noch ein Additivwerkstoff hinzugefügt wird bzw. ist, kann beispielsweise einer der Werkstoffe vorgesehen sein, die in der DE 103 56 562 A1 der Anmelderin in den Absätzen [0006] bis [0069] bzw. in den Ansprüchen 1 bis 23 offenbart sind. Zu diesem Zweck werden die angesprochenen Passagen der DE 103 56 562 A1 durch Bezugnahme zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht, wobei sich die Anmelderin ausdrücklich vorbehält, als Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung Gestaltungen zu beanspruchen, bei denen die in den genannten Passagen der DE 103 56 562 A1 offenbarten Werkstoffe als Lote vorgesehen sind.

Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass der Lotwerkstoff eine Zusammensetzung entsprechend der folgenden Tabelle aufweist:

Element	Ni	Cr	Co	Mo	Al	Ta	Nb	Y	Hf	Pd	B	Si
Anteil in Gew.%	Bal.	5-17	8-15	1-5	2-8	1-8	0,1-2	0,1-1	1-5	0,5-5	0,5-2,5	0,1-1

Durch Bal. wird dabei insbesondere angezeigt, dass hierdurch, also hier durch Nickel (Ni) die Summe der Gewichtsanteile auf 100% ergänzt werden soll bzw. wird.

Eine besonders vorteilhafte Lotzusammensetzung ist in der zweiten Zeile der Tabelle gemäß Fig. 2 beschrieben (A2-Lotlegierung).

Der Lotlegierung kann ein Additivwerkstoff hinzugefügt werden bzw. sein. Dieser Additivwerkstoff kann beispielsweise auf Nickelbasis ausgebildet sein. Es kann vorgesehen sein, dass der Anteil des Additivwerkstoffs, der der Lotlegierung hinzugefügt ist, größer als 20 Gew.-%, bevorzugt größer als 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 20 und 60 Gew.-%, bevorzugt zwischen 25 und 50 Gew.-%, bevorzugt zwischen 30 und 50 Gew.-%, bevorzugt zwischen 40 und 50 Gew.-%, besonders bevorzugt 50 Gew.-% des Lotes ausmacht. Der Additivwerkstoff kann beispielsweise René 80 sein, dessen Zusammensetzung in der Zeile 3 der Fig. 2 dargestellt ist.

Wie bereits angesprochen ist das Substrat, d.h. der auszuheilende Werkstoff, bzw. die Turbinenschaufel nickelbasiert. Das Substrat, d.h. der auszuheilende Werkstoff, bzw. die Turbinenschaufel kann ferner polykristallin, kolumnar gerichtet erstarrt oder einkristallin sein. Anzumerken ist allerdings, dass besondere Vorteile des Verfahrens nur bei kolumnar gerichteten bzw. einkristallinen Materialien zum Tragen kommen.

Der beispielhafte Temperatur-Zeit-Verlauf 1 gemäß Fig. 1 bezieht sich – zumindest im Hinblick auf die angegebenen Temperatur- und Zeitwerte – beispielhaft auf Materialien bzw. Substrate bzw. Bauteile oder Turbinenschaufeln aus einer einkristallinen Nickel-Basis-Superlegierung René N-5 bzw. ist für eine einkristalline Nickel-Basis-Superlegierung René N-5 optimiert. Die Zusammensetzung einer solchen Nickel-Basis-Superlegierung René N-5 ist in Fig. 2 in der letzten Zeile dargestellt. Anzumerken ist allerdings, dass das Verfahren beispielsweise auch bei einer kolumnar gerichtet erstarrten bzw. einkristallinen Superlegierungen, insbesondere Nickel-Basis-Legierung, angewendet werden kann.

Gemäß einem beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahren, wie insbesondere einem Verfahren, dessen Verlauf der Temperaturführung für das nicht-isotherme (d.h. vorzugsweise abnehmende Temperatur) epitaktische Löten von Nickel-Basis-Werkstoffen in Fig. 1 dargestellt ist, wird zunächst ein Lot auf eine Temperatur aufgeheizt, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lots ist. Es wird also insbesondere bis zu einer Temperatur aufgeheizt, in der das Lot teilweise oder vollständig schmelzflüssig vorliegt.

Anschließend wird dann die bei diesem Aufheizen entstehende Schmelze des Lotes in einen in dem Turbinen- oder Triebwerksbauteil ausgebildeten Riss oder in einen zwischen zwei Turbinen- oder Triebwerksbauteilen ausgebildeten Spalt oder auf einen zu reparierenden Bereich verbracht. Dieses kann auch zeitlich parallel bzw. zeitlich überlappend zum Aufheizen erfolgen, alternativ allerdings auch nach dem Aufheizen.

Wie der Temperatur-Zeit-Verlauf 1 gemäß Fig. 1 zeigt, ist das Aufheizen dort so, dass bis zu einer Temperatur aufgeheizt wird, die zwischen 1200°C und 1260°C liegt, um das Lot vollständig zu erschmelzen und den Spalt mit Schmelze zu verfüllen. Der Bereich des Aufheizens ist in Fig. 1 durch das Bezugszeichen 10 verdeutlicht. Eine vollständige Auflösung kann beispielsweise erreicht werden, wenn die Erschmelztemperatur 15-45 Minuten gehalten wird. Dies ist in Fig. 1 durch den Bereich 12 verdeutlicht. Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass auf ein solches Halten der Erschmelztemperatur verzichtet wird, oder dass das Halten der Temperatur, das nach dem Aufheizen und vor dem eptitaktischen Erstarrungsprozess erfolgt, für eine Zeitdauer erfolgt, die von der vorgenannten Zeitdauer abweicht. Sofern ein solches Halten der Temperatur vorgesehen ist, ist allerdings insbesondere vorgesehen, dass das Halten der Temperatur kürzer dauert als der anschließende epitaktische Erstarrungsprozess. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das Halten der Temperatur weniger als 50%, bevorzugt weniger als 40%, bevorzugt weniger als 30%, bevorzugt weniger als 20%, bevorzugt weniger als 10%, bevorzugt weniger als 5%, bevorzugt weniger als 3%, bevorzugt weniger als 1% der Zeitdauer beansprucht, die der epitaktische Erstarrungsprozess bzw. ein dabei gegebenes Abkühlen beansprucht.

Bei dem bereits angesprochenen, sich anschließenden epitaktischen Erstarrungsprozess des Lotes wird die Temperatur des Lotes nicht-isotherm geführt bzw. gesteuert. Es wird also insbesondere der epitaktische Erstarrungsprozess nicht-isotherm geführt, indem von der Erschmelztemperatur stetig – z. B. in Form einer Rampe – abgekühlt wird, so dass das Material im Spalt oder Riss homogen, also ohne eutektische Inseln, epitaktisch erstarrt. Das nicht-

isotherme epitaktische Erstarren erfolgt bei dem beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahren, dessen Temperatur-Zeit-Verlauf 1 in Fig. 1 dargestellt ist, innerhalb von 2 bis 25 Stunden. In diesem Beispiel wird dabei die Temperatur des Lotes auf 1050°C bis 1200°C abgekühlt.

Die nicht-isotherme Temperaturführung beim epitaktischen Erstarren ist in Fig. 1 schematisch durch den Bereich mit dem Bezugszeichen 14 dargestellt.

Der beschriebene Vorgang bzw. das nicht-isotherme epitaktische Erstarren gemäß dem beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahren hat insbesondere drei Effekte zur Folge:

Der erste Effekt besteht darin, dass das Bor ähnlich wie bei den isothermen epitaktischen Erstarrungsprozessen in den Grundwerkstoff eindiffundiert. Der zweite Effekt besteht darin, dass die Randlöslichkeit des Bors im Nickel bis zu einer Temperatur von 1093°C gesteigert wird. Der dritte Effekt besteht darin, dass sich schmelzpunkterniedrigende Elemente in der Schmelze anreichern und damit einem Absenken der Liquidustemperatur Rechnung getragen wird.

Nach dem epitaktischen Erstarren wird – wie im Bereich 16 angedeutet – die Temperatur wieder auf Umgebungstemperatur zurückgeführt, was gesteuert oder nicht gesteuert erfolgen kann.

Insbesondere das Ausführungsbeispiel zeigt eine strukturkonforme, nicht-isotherme Lötreparatur von einkristallinen Turbinenschaufeln. Bei der Anwendung dieses Lötverfahrens besitzen die reparierten Bereiche wieder eine einkristalline Struktur und damit die zugehörige hohe mechanische Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Wiederaufschmelztemperatur. Die Temperaturbeständigkeit ist also – beispielsweise im Unterschied zur Gestaltung gemäß der US 6,629,368 B1 - nicht isotherm, sondern nicht-isotherm mit sinkender Temperatur, so dass der Lötprozess erheblich beschleunigt wird.

Nach dem Stand der Technik verfügen nämlich Turbinenbauteile aus einkristallinen Nickel-Basis-Legierungen, die Thermoermüdungsrisse und Materialabtrag als betriebsbedingte Schadensbilder aufweisen, bei der Anwendung der bisher im Flugturbinenbereich etablierten Lötverfahren in den reparierten Bereichen nicht über eine einkristalline Struktur. Dadurch besitzen sie nach der Reparatur auch nicht die ursprüngliche mechanische Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Wiederaufschmelztemperatur. Gemäß dem anhand der Fig. erläuterten Aus-

führungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird hingegen die einkristalline Struktur und somit auch die mechanischen und physikalischen Eigenschaften weitestgehend wieder hergestellt.

Zumindest das anhand des Ausführungsbeispiels erläuterte erfindungsgemäße Lötverfahren beruht also auf einer nicht-isothermen, epitaktischen Erstarrung eines Lotes in einem Riss oder Spalt oder Fläche einer Nickel-Basis-Legierung, so dass die Kristallstruktur, d. h. Orientierung und Gitter des Kristalls des Substrats, aufgenommen wird. Isotherm geführte epitaktische Erstarrungsvorgänge sind Stand der Technik, wobei ihr Nachteil darin besteht, dass der Erstarrungsvorgang für signifikante Spaltbreiten, wie beispielsweise Spaltbreiten von 200 µm, sehr zeitaufwändig ist, da hier lediglich das Bohr aus dem Spalt herausdiffundiert wird, um somit die Liquidustemperatur der Legierung anzuheben. Da sich mit der einsetzenden Erstarrung Elemente in der Schmelze anreichern, die zu einer Erniedrigung der Liquidustemperatur führen, ist ein Nachführen der Löttemperatur über eine Rampe vorteilhaft, um den Erstarrungsvorgang zu beschleunigen, auch ohne das Bor vollständig aus dem Spalt heraus zu diffundieren.

Wie insbesondere das Ausführungsbeispiel zeigt, werden erfindungsgemäß etliche Vorteile ermöglicht. Bei der Anwendung des beispielhaften erfindungsgemäßen Verfahrens besitzen die Lotgefüge in den reparierten Bereichen wieder eine einkristalline Struktur, die damit die zugehörige hohe mechanische Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Wiederaufschmelztemperatur aufweist.

Dadurch, dass die Temperaturführung nicht-isotherm mit sinkender Temperatur ist, wird der Lötprozess erheblich beschleunigt. Dadurch wird der einkristalline Grundwerkstoff der Turbinenbauteile geringer thermisch belastet und geschädigt, und das Lötverfahren ist darüber hinaus aufgrund seiner kürzeren Prozessdauer wirtschaftlicher.

Während der epitaktischen Erstarrung ist also insbesondere vorgesehen (vergleiche Bereich 14), dass die Temperatur bzw. Löttemperatur nicht-isotherm ist und absinkt, und zwar insbesondere streng monoton absinkt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung oder Reparatur von, insbesondere einkristallinen, Turbinen- oder Triebwerksbauteilen mit den Schritten:
   - Aufheizen eines Lotes auf eine Temperatur, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lotes ist;
   - Verbringen der bei diesem Aufheizen entstehenden Schmelze des Lotes in einen in dem Turbinen- oder Triebwerksbauteil ausgebildeten Riss oder in einen zwischen zwei Turbinen- oder Triebwerksbauteilen ausgebildeten Spalt oder in einen beschädigten Bereich eines Turbinen- oder Triebwerksbauteils; und
   - nicht-isothermes Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Lotes bzw. Turbinen- bzw. Triebwerksbauteils während eines eptitaktischen Erstarrungsprozesses dieses Lotes.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lotes ist und auf die das Lot aufgeheizt wird, im Bereich von 1100°C bis 1300°C liegt.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Lotes während eines eptitaktischen Erstarrungsprozesses dieses Lotes derart nicht-isotherm gesteuert wird, dass die Temperatur des Lotes während des eptitaktisches Erstarrungsprozesses streng monoton fällt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Lotes während eines eptitaktischen Erstarrungsprozesses dieses Lotes derart nicht-isotherm gesteuert wird, dass die Temperatur des Lotes während des eptitaktischen Erstarrungsprozesses in Form einer Rampe bzw. linear streng monoton fällt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die konstante oder durchschnittliche Abkühlrate des Lotes während des eptitaktischen Erstarrungsprozesses des Lotes mindestens 0,001 K/min beträgt, insbesondere im Bereich von 100 K/min bis 0,001 K/min liegt.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aufheizen eines Lotes auf eine Temperatur, die größer oder gleich der Schmelztemperatur dieses Lotes ist und vor dem eptitaktisches Erstarrungsprozesses des Lotes für das vollständige Schmelzen oder zum Erhöhen des Anteils der Schmelze die Temperatur für eine vorbestimmte Zeitperiode gehalten wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lot eine Lotlegierung ist, der ein Additivwerkstoff hinzugefügt ist, wobei der Gewichtsanteil des Additivwerkstoffs im Gemisch aus der Lotlegierung und dem Additivwerkstoff zwischen 0,001 Gew.-% und 99 Gew.-%, insbesondere 25 Gew.-% und 50 Gew.-%, beträgt.

8. Bauteil, nämlich Turbinen- oder Triebwerksbauteil, welches einen mit einem Lot zumindest teilweise, insbesondere vollständig, befüllten Spalt oder Riss oder beschädigten Bereich aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Lot einkristallin oder zumindest gerichtet-erstarrt ausgebildet ist und Palladium enthält.

9. Bauteil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Lot einkristallin ausgebildet ist und neben Palladium ferner Hafnium, Yttrium und Bor enthält.

10. Bauteil nämlich Turbinen- oder Triebwerksbauteil, insbesondere Bauteil gemäß Anspruch 8 oder Anspruch 9, hergestellt oder repariert mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7.

Fig. 1

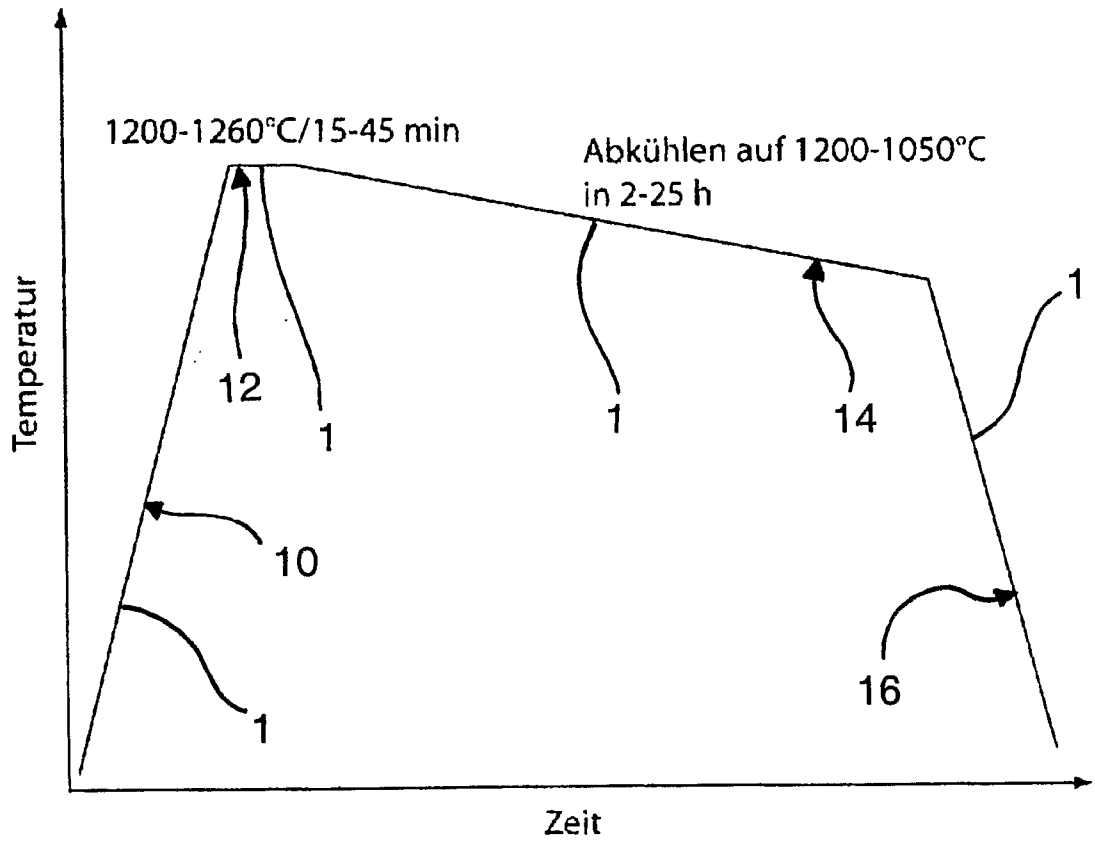
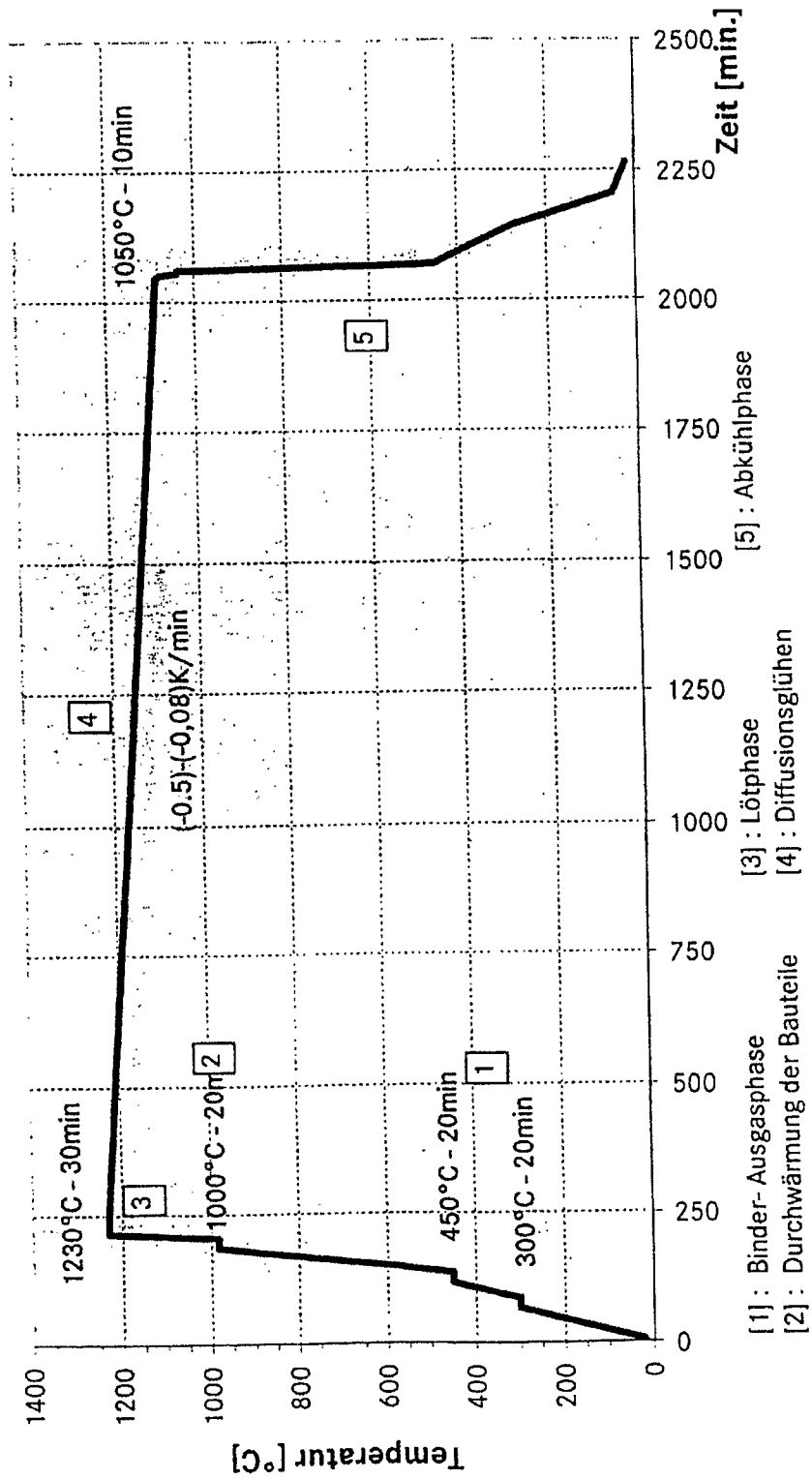


Fig. 2

Alloy	Ni	Cr	Co	Mo	W	Re	Al	Ta	Ti	Nb	Y	Hf	Pd	B
A2	Bal.	10.0	10.0	4,0			4,0	2,0		1.0	0,5	4,0	4,0	1.8
René 80	Bal.	14,0	9.5	4,0	4,0		3,0		5.0					0.02
René N-5	Bal.	7,0	7,5	1,5	4,0	3,0	6,2	6,5						

Fig. 3


Temperatur [°C]
Zeit [min.]
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
2500
2250
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
250
0
1230°C - 30min
1000°C - 20min
450°C - 20min
300°C - 20min
1050°C - 10min
(-0,5)-(-0,08)K/min
1
2
3
4
5
[1] : Binder- Ausgasphase
[2] : Durchwärmung der Bauteile
[3] : Lötphase
[4] : Diffusionsglühen
[5] : Abkühlphase

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2007/000971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B23K1/00 F01D5/00 F01D25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 629 368 B2 (SCHNELL ALEXANDER [CH] ET AL) 7 October 2003 (2003-10-07) cited in the application	1-7
Y	figures 1,2 column 1, line 61 - column 2, line 32 column 3, line 41 - column 4, line 54	8-10
X	DE 103 56 562 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 30 June 2005 (2005-06-30)	1-7
Y	paragraphs [0001], [0008] - [0106] table 1	8-10

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
5 September 2007	24/09/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Brown, Andrew

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2007/000971

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/50323 A2 (ROLLS ROYCE CORP [US]; CHESNES RICHARD P [US]; XU RAYMOND RUIWEN [US]) 27 June 2002 (2002-06-27) pages 1-2 page 5, lines 15-18 page 6, lines 10-16 page 12, line 15 - page 13, line 11	1-7
X	EP 1 258 312 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 20 November 2002 (2002-11-20) abstract paragraphs [0001], [0002], [0012], [0013], [0019], [0020], [0022] - [0026]	1-7
X,P	EP 1 790 745 A (SIEMENS AG [DE]; MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 30 May 2007 (2007-05-30) abstract paragraphs [0001], [0002], [0019], [0064]	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2007/000971

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6629368 B2	07-10-2003	AT 283936 T	15-12-2004
		CA 2385821 A1	14-11-2002
		DE 60107541 D1	05-01-2005
		DE 60107541 T2	08-12-2005
		EP 1258545 A1	20-11-2002
		JP 2003049253 A	21-02-2003
		US 2003066177 A1	10-04-2003
DE 10356562 A1	30-06-2005	WO 2005054528 A1	16-06-2005
		EP 1702081 A1	20-09-2006
		JP 2007518877 T	12-07-2007
		US 2007175546 A1	02-08-2007
WO 0250323 A2	27-06-2002	AU 4509802 A	01-07-2002
		BR PI0116068 A	21-11-2006
		DE 60118246 T2	08-03-2007
		EP 1341639 A2	10-09-2003
		ES 2260327 T3	01-11-2006
		JP 2005500908 T	13-01-2005
		PT 1341639 T	31-08-2006
		US 2002157737 A1	31-10-2002
EP 1258312 A	20-11-2002	CN 1401458 A	12-03-2003
		JP 2003048065 A	18-02-2003
		KR 20020087340 A	22-11-2002
		MX PA02002839 A	12-11-2004
		SG 99968 A1	27-11-2003
		US 2002185198 A1	12-12-2002
EP 1790745 A	30-05-2007	WO 2007060230 A1	31-05-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/000971

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B23K1/00 F01D5/00 F01D25/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B23K F01D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 629 368 B2 (SCHNELL ALEXANDER [CH] ET AL) 7. Oktober 2003 (2003-10-07) in der Anmeldung erwähnt	1-7
Y	Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 32 Spalte 3, Zeile 41 - Spalte 4, Zeile 54	8-10
X	DE 103 56 562 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 30. Juni 2005 (2005-06-30)	1-7
Y	Absätze [0001], [0008] - [0106] Tabelle 1	8-10

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. September 2007	24/09/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Brown, Andrew

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/000971

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/50323 A2 (ROLLS ROYCE CORP [US]; CHESNES RICHARD P [US]; XU RAYMOND RUIWEN [US]) 27. Juni 2002 (2002-06-27) Seiten 1-2 Seite 5, Zeilen 15-18 Seite 6, Zeilen 10-16 Seite 12, Zeile 15 - Seite 13, Zeile 11	1-7
X	EP 1 258 312 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 20. November 2002 (2002-11-20) Zusammenfassung Absätze [0001], [0002], [0012], [0013], [0019], [0020], [0022] - [0026]	1-7
X,P	EP 1 790 745 A (SIEMENS AG [DE]; MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 30. Mai 2007 (2007-05-30) Zusammenfassung Absätze [0001], [0002], [0019], [0064]	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/000971

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6629368 B2	07-10-2003	AT 283936 T	15-12-2004
		CA 2385821 A1	14-11-2002
		DE 60107541 D1	05-01-2005
		DE 60107541 T2	08-12-2005
		EP 1258545 A1	20-11-2002
		JP 2003049253 A	21-02-2003
		US 2003066177 A1	10-04-2003
DE 10356562 A1	30-06-2005	WO 2005054528 A1	16-06-2005
		EP 1702081 A1	20-09-2006
		JP 2007518877 T	12-07-2007
		US 2007175546 A1	02-08-2007
WO 0250323 A2	27-06-2002	AU 4509802 A	01-07-2002
		BR PI0116068 A	21-11-2006
		DE 60118246 T2	08-03-2007
		EP 1341639 A2	10-09-2003
		ES 2260327 T3	01-11-2006
		JP 2005500908 T	13-01-2005
		PT 1341639 T	31-08-2006
		US 2002157737 A1	31-10-2002
EP 1258312 A	20-11-2002	CN 1401458 A	12-03-2003
		JP 2003048065 A	18-02-2003
		KR 20020087340 A	22-11-2002
		MX PA02002839 A	12-11-2004
		SG 99968 A1	27-11-2003
		US 2002185198 A1	12-12-2002
EP 1790745 A	30-05-2007	WO 2007060230 A1	31-05-2007