

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

710 180 A2

(51) Int. Cl.: F01D 5/18 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

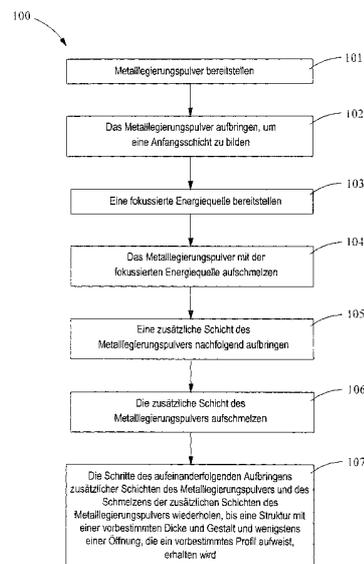
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

<p>(21) Anmeldenummer: 01376/15</p> <p>(22) Anmeldedatum: 22.09.2015</p> <p>(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2016</p> <p>(30) Priorität: 25.09.2014 US 14/496,766</p>	<p>(71) Anmelder: General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)</p> <p>(72) Erfinder: Benjamin Paul Lacy, Greenville, SC 29615 (US) David Edward Schick, Greenville, SC 29615 (US) Srikanth Chandrudu Kottilingam, Greenville, SC 29615 (CH)</p> <p>(74) Vertreter: R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14 6300 Zug (CH)</p>
---	---

(54) **Gegenstand und Verfahren zur Herstellung eines Gegenstands.**

(57) Es sind ein Gegenstand und ein Verfahren zur Herstellung formgestalteter Kühllöcher in einem Gegenstand geschaffen. Das Verfahren enthält die Schritte des Auftragens eines Metalllegierungspulvers, um eine Anfangsschicht zu bilden, die wenigstens eine Öffnung enthält, des Schmelzens des Metalllegierungspulvers mit einer fokussierten Energiequelle, um die Pulverschicht in eine Metalllegierungsbahn umzuwandeln, des darauffolgenden Auftrags einer zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers, um eine Schicht zu bilden, die wenigstens eine Öffnung enthält, die der wenigstens einen Öffnung in der Anfangsschicht entspricht, des Schmelzens der zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle zur Erhöhung der Bahndicke und des Wiederholens der Schritte des aufeinanderfolgenden Auftrags und Aufschmelzens der zusätzlichen Schichten des Metalllegierungspulvers, bis eine Struktur, die wenigstens eine Öffnung mit einem vorbestimmten Profil enthält, erhalten wird. Die Struktur wird an einem Substrat befestigt, um den Gegenstand herzustellen.



Beschreibung

ERKLÄRUNG ZUR BUNDESSTAATLICH GEFÖRDERTEN FORSCHUNG

[0001] Diese Erfindung wurde mit Unterstützung der US-Regierung unter dem Auftrag Nummer DE-FC26-05N T42 643, der von dem Energieministerium erteilt wurde, gemacht. Die US-Regierung hat bestimmte Rechte an dieser Erfindung.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gegenstand und ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstands. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen Gegenstand, der Kühllöcher enthält, und ein Verfahren zum Herstellen von Kühllöchern in einem Gegenstand.

HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

[0003] Turbinensysteme werden ständig modifiziert, um den Wirkungsgrad zu steigern und Kosten zu senken. Ein Verfahren zur Steigerung des Wirkungsgrads eines Turbinensystems umfasst eine Erhöhung der Betriebstemperatur des Turbinensystems. Um die Temperatur zu erhöhen, muss das Turbinensystem aus Materialien konstruiert sein, die derartigen Temperaturen während eines kontinuierlichen Einsatzes standhalten können.

[0004] Zusätzlich zu einer Modifizierung der Materialien und Beschichtungen von Komponenten umfasst ein übliches Verfahren zur Erhöhung der Temperaturbeständigkeit einer Turbinenkomponente, die Verwendung komplexer Kühlkanäle. Die komplexen Kühlkanäle werden häufig in Metallen und Legierungen erzeugt, die in Hochtemperaturregionen von Gasturbinen verwendet werden. Ein derzeitiges Verfahren zur Erzeugung der komplexen Kühlkanäle umfasst ein aufwendiges Bohren, wie beispielsweise mit einem Laser oder einem Wasserstrahl. Ein weiteres Verfahren zur Erzeugung der Kühlkanäle umfasst eine aufwendige elektroerosive Bearbeitung.

[0005] Jedoch können die komplexen Kühlkanäle durch Bohren oder elektroerosive Bearbeitung schwierig zu erzeugen sein, was einen erhöhten Ausschuss zur Folge haben kann, der dazu beiträgt, die Kosten in die Höhe zu treiben. Insbesondere ist es mit derzeitigen Verfahren schwierig, formgestaltete Löcher zu erzeugen. Ausserdem wird es zunehmend schwierig, entweder durch Bohren oder durch eine elektroerosive Bearbeitung kleine formgestaltete Löcher zu erzeugen.

[0006] Ein Gegenstand und ein Verfahren mit Verbesserungen des Prozesses und/oder der Eigenschaften der erzeugten Komponenten würde in der Technik erwünscht sein.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] In einem Aspekt umfasst ein Verfahren zur Herstellung formgestalteter Kühllöcher in einem Gegenstand die Schritte: Bereitstellen eines Metalllegierungspulvers, Auftragen des Metalllegierungspulvers unter Ausbildung einer Anfangsschicht bis auf eine vorausgewählte Dicke und mit einer vorausgewählten Gestalt, wobei die vorausgewählte Gestalt wenigstens eine Öffnung enthält, Bereitstellen einer fokussierten Energiequelle, Schmelzen des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle unter Umwandlung der Pulverschicht zu einer Metalllegierungsbahn, nachfolgendes Auftragen einer zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers unter Ausbildung einer Schicht mit einer zweiten vorausgewählten Dicke und einer zweiten vorausgewählten Gestalt über der Metalllegierungsbahn, wobei die zweite vorausgewählte Gestalt wenigstens eine Öffnung enthält, die der wenigstens einen Öffnung in der Anfangsschicht entspricht, und Schmelzen der zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle unter Erhöhung der Bahndicke und Erzeugung wenigstens einer Öffnung mit einem vorbestimmten Profil.

[0008] Das zuvor erwähnte Verfahren kann ferner ein Wiederholen der Schritte des nachfolgenden Auftrags zusätzlicher Schichten des Metalllegierungspulvers und des Schmelzens der zusätzlichen Schichten des Metalllegierungspulvers aufweisen, wobei jede der zusätzlichen Schichten die Bahndicke erhöht, bis die Struktur, insbesondere eine Struktur mit einer vorbestimmten Dicke und Gestalt und wenigstens einer Öffnung, die ein vorbestimmtes Profil aufweist, erhalten wird.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Verfahren die zusätzlichen Schritte des Bereitstellens eines Substrats und des Befestigens der Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt und der wenigstens einen Öffnung, die das vorbestimmte Profil aufweist, an dem Substrat aufweisen.

[0010] Das zuletzt erwähnte Verfahren kann ferner die zusätzlichen Schritte des Maskierens der wenigstens einen Öffnung, die das vorbestimmte Profil aufweist, und des Aufbringens einer Beschichtung über einer freiliegenden Oberfläche der befestigten Struktur mit der vorbestimmten Dicke aufweisen.

[0011] Zusätzlich oder als eine Alternative kann das Verfahren ferner den zusätzlichen Schritt des Erzeugens von Dosierlöchern in dem Substrat durch die wenigstens eine Öffnung, die das vorbestimmte Profil aufweist, hindurch aufweisen, wobei die Dosierlöcher einen Durchgang für ein Fluid durch die befestigte Struktur hindurch bereitstellen, wobei der Durchgang die wenigstens eine Öffnung, die das vorbestimmte Profil aufweist, enthält.

[0012] Weiter zusätzlich oder als eine weitere Alternative kann die Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt an dem Substrat durch einen Prozess befestigt werden, der aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der Schweißen, Hartlöten und Diffusionsschweißen gehören.

[0013] In jedem beliebigen Verfahren der zuletzt erwähnten bevorzugten Ausführungsform kann die Struktur mit der vorbestimmten Gestalt über der äusseren Oberfläche des Substrats befestigt werden.

[0014] Jedes beliebige Verfahren der zuletzt erwähnten bevorzugten Ausführungsform kann ferner einen Schritt des Modifizierens einer Substratoberfläche aufweisen, um einen Kanal zu schaffen, der der Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt entspricht und diese aufnimmt.

[0015] In jedem beliebigen vorstehend erwähnten Verfahren kann das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung ein bogenförmig gestaltetes Profil sein.

[0016] Alternativ kann das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung ein konisch gestaltetes Profil sein.

[0017] Ferner kann das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung eine Öffnung von wenigstens 254 μm (0,010 Zoll) aufweisen.

[0018] Noch weiter kann das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung mit einer Oberfläche der Struktur einen Winkel bilden, wobei der Winkel aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der bis zu 90°, zwischen 10° und 50° und etwa 30° gehören, wobei 90° eine Öffnung darstellt, die zu der Oberfläche der Struktur senkrecht ausgerichtet ist.

[0019] In dem Verfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art können die Anfangsschicht und jede zusätzliche Schicht des Metallierungspulvers bis zu einer Dicke im Bereich von 20–100 μm (0,0008–0,004 Zoll) aufgetragen werden.

[0020] In dem Verfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die Struktur mit einer vorbestimmten Dicke in dem Bereich von 250–6350 μm (0,010–0,250 Zoll) geschaffen werden.

[0021] In einer Implementierung des Verfahrens der zuletzt erwähnten bevorzugten Ausführungsform kann das Substrat eine Legierung aufweisen, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der Gamma-Strich-Superlegierungen und rostfreie Stähle gehören.

[0022] In dem zuletzt erwähnten Verfahren können die Gamma-Strich-Superlegierungen aus der Gruppe von Zusammensetzungen ausgewählt sein, die in Gewichtsprozent bestehen aus: etwa 9,75% Chrom, etwa 7,5% Kobalt, etwa 4,2% Aluminium, etwa 3,5% Titan, etwa 1,5% Molybdän, etwa 6,0% Wolfram, etwa 4,8% Tantal, etwa 0,5 Niob, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor und einem Rest aus Nickel; etwa 7,5% Kobalt, etwa 7,0% Chrom, etwa 6,5% Tantal, etwa 6,2% Aluminium, etwa 5,0% Wolfram, etwa 3,0% Rhenium, etwa 1,5% Molybdän, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor, etwa 0,01% Yttrium und einem Rest Nickel; und zwischen etwa 8,0% und etwa 8,7% Cr, zwischen etwa 9% und etwa 10% Co, zwischen etwa 5,25% und etwa 5,75% Al, bis zu etwa 0,9% Ti (z.B. zwischen etwa 0,6% und etwa 0,9%), zwischen etwa 9,3% und etwa 9,7% W, bis zu etwa 0,6% Mo (z.B. zwischen etwa 0,4% und etwa 0,6%), zwischen etwa 2,8% und etwa 3,3% Ta, zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Hf, bis zu etwa 0,1% C (z.B. zwischen etwa 0,07% und etwa 0,1%), bis zu etwa 0,02% Zr (z.B. zwischen etwa 0,005% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,02% B (z.B. zwischen etwa 0,01% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,2% Fe, bis zu etwa 0,12% Si, bis zu etwa 0,1% Mn, bis zu etwa 0,1% Cu, bis zu etwa 0,01% P, bis zu etwa 0,004% S, bis zu etwa 0,1 Nb, und einem Rest Nickel.

[0023] In einer weiteren Implementierung des Verfahrens der zuletzt erwähnten bevorzugten Ausführungsform kann die Struktur eine Legierung aufweisen, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der rostfreie Stähle, Superlegierungen und Legierungen auf Kobaltbasis gehören.

[0024] In dem zuletzt erwähnten Verfahren können die Superlegierungen aus der Gruppe von Zusammensetzungen ausgewählt sein, die in Gewichtsprozent bestehen aus: etwa 0,15–0,20% Kohlenstoff, etwa 15,70–16,30% Chrom, etwa 8,00–9,00% Kobalt, etwa 1,50–2,00% Molybdän, etwa 2,40–2,80% Wolfram, etwa 1,50–2,00% Tantal, etwa 0,60–1,10% Niob, etwa 3,20–3,70% Titan, etwa 3,20–3,70% Aluminium, etwa 0,005–0,015% Bor, etwa 0,05–0,15% Zirkonium, maximal etwa 0,50% Eisen, maximal etwa 0,20% Mangan, maximal etwa 0,30% Silizium, maximal etwa 0,015% Schwefel und einem Rest Nickel; etwa 5% Eisen, zwischen etwa 20% und etwa 23% Chrom, bis zu etwa 0,5% Silizium, zwischen etwa 8% und etwa 10% Molybdän, zwischen etwa 3,15% und etwa 4,15% Nb + Ta, bis zu etwa 0,5% Mangan, bis zu etwa 0,1% Kohlenstoff und einem Rest Nickel; etwa 50%–55% Nickel + Kobalt, etwa 17%–21% Chrom, etwa 4,75%–5,50% Niob + Tantal, etwa 0,08% Kohlenstoff, etwa 0,35% Mangan, etwa 0,35% Silizium, etwa 0,015% Phosphor, etwa 0,015% Schwefel, etwa 1,0% Kobalt, etwa 0,35%–0,80% Aluminium, etwa 2,80%–3,30% Molybdän, etwa 0,65%–1,15% Titan, etwa 0,001%–0,006% Bor, 0,15% Kupfer, Rest Eisen; und etwa 20% Chrom, etwa 10% Kobalt, etwa 8,5% Molybdän, maximal etwa 2,5% Titan, etwa 1,5% Aluminium, maximal etwa 1,5% Eisen, maximal etwa 0,3% Mangan, maximal etwa 0,15% Silizium, etwa 0,06% Kohlenstoff, etwa 0,005% Bor und einem Rest Nickel.

[0025] In dem Verfahren jeder beliebigen vorstehend erwähnten Art kann der Schritt des Bereitstellens der fokussierten Energiequelle ein Bereitstellen der fokussierten Energiequelle enthalten, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der eine Laservorrichtung und eine Elektronenstrahlvorrichtung gehören.

[0026] Insbesondere kann der Schritt des Bereitstellens der Laservorrichtung ein Bereitstellen einer Laservorrichtung enthalten, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der ein Faserlaser, ein CO₂-Laser und ein ND-YAG-Laser gehören.

[0027] Speziell kann der Schritt des Bereitstellens eines Lasers ein Bereitstellen eines Faserlasers, der in dem Leistungsbereich von 125–500 Watt bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 400–1200 mm/Sek arbeitet, enthalten.

[0028] In jedem beliebigen Verfahren, bei dem das Substrat eine Legierung aufweist, die aus der Gruppe, zu der Gamma-Strich-Superlegierungen und rostfreie Stähle gehören, ausgewählt ist, kann der Schritt des Befestigens Hartlöten sein, wobei ein Lotmaterial aus der Gruppe ausgewählt sein kann, zu der eine Bor-Nickel-Legierung und eine Silizium-Nickel-Legierung gehören.

[0029] Zusätzlich oder als eine Alternative kann das Verfahren ferner, wenn der Schritt des Befestigens ein Schweißen eines Substrats aus einer Gamma-Strich-Superlegierung ist, ein Schweißzusatzmaterial aufweisen, das eine Legierung aufweist, die eine Zusammensetzung enthält, die aus der Gruppe ausgewählt ist, die in Gewichtsprozent besteht aus: etwa 0,015% Bor, etwa 0,05% bis etwa 0,15% Kohlenstoff, etwa 20% bis etwa 24% Chrom, etwa 3% Eisen, etwa 0,02% bis etwa 0,12% Lanthium, etwa 1,25% Mangan, etwa 20% bis etwa 24% Nickel, etwa 0,2% bis etwa 0,5% Silizium, etwa 13% bis etwa 15% Wolfram und einem Rest Kobalt; und etwa 22% Chrom, etwa 16% Eisen, etwa 9% Molybdän, etwa 1,5% Kobalt, etwa 0,6% Wolfram, etwa 0,10% Kohlenstoff, etwa 1% Mangan, etwa 1% Silizium, etwa 0,008% Bor und einem Rest Nickel.

[0030] Alternativ kann das Verfahren ferner, wenn der Schritt des Befestigens Schweißen eines Substrats aus einem rostfreien Stahl ist, ein Schweißzusatzmaterial aufweisen, das einen rostfreien Stahl aufweist.

[0031] Das Verfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann ferner nach dem Abschluss des Schrittes des Wiederholens der Schritte des aufeinanderfolgenden Auftragens die zusätzlichen Schritte aufweisen: heissisostatisches Verpressen der Struktur bei einer erhöhten Temperatur und einem erhöhten Druck, die ausreichen, um die Struktur weiter zu verfestigen; und Lösungsglühen der Struktur, die das verfestigte Metalllegierungspulver aufweist, bei einer erhöhten Temperatur und für eine Zeitdauer, die zum Verteilen segregierter Legierungselemente innerhalb der Struktur ausreichen.

[0032] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform enthält ein Gegenstand ein metallisches Substrat und eine Struktur, die ein durch direktes Metall-Laser-Schmelzen geschmolzenes Material mit einer vorbestimmten Dicke, das an dem metallischen Substrat befestigt ist, enthält, wobei die Struktur wenigstens eine Öffnung mit einem vorbestimmten Profil aufweist. Die Struktur ist durch das Verfahren einer beliebigen vorstehend erwähnten Art erzeugt. Der Gegenstand enthält ferner einen Durchgang durch die Struktur, der die wenigstens eine Öffnung und ein zugehöriges Dosierloch enthält.

[0033] Der zuvor erwähnte Gegenstand kann eine Turbinenleitschaufel oder eine Turbinenlaufschaufel aufweisen.

[0034] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierteren Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen offenkundig, die anhand eines Beispiels die Prinzipien der Erfindung veranschaulichen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035]

- Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Herstellung von Kühllöchern.
- Fig. 2 zeigt eine Prozessansicht eines Verfahrens zur Herstellung von Kühllöchern.
- Fig. 3 zeigt eine Perspektivansicht von Kühllöchern, die unter Verwendung von direktem Metall-Laser-Schmelzen erzeugt worden sind.
- Fig. 4 zeigt eine Perspektivansicht eines Gegenstands, der einen daran gesicherten Streifen mit durch direktes Metall-Laser-Schmelzen erzeugten Kühllöchern enthält.
- Fig. 5 zeigt eine Perspektivansicht eines Gegenstands, der einzelne durch direktes Metall-Laser-Schmelzen erzeugte Kühllöcher enthält, die daran gesichert sind.
- Fig. 6 zeigt eine Querschnittsansicht eines durch direktes Metall-Laser-Schmelzen gestalteten und bemessenen Kühllochs, das an einem Gegenstand gesichert ist, gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.
- Fig. 7 zeigt einen Querschnitt eines durch direktes Metall-Laser-Schmelzen gestalteten und bemessenen Kühllochs, das an einem beschichteten Gegenstand fixiert ist, gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.
- Fig. 8 zeigt einen Querschnitt eines durch direktes Metall-Laser-Schmelzen gestalteten Kühllochs, das über einem bemessenen Loch in einem Gegenstand fixiert ist, gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.
- Fig. 9 zeigt einen Querschnitt eines durch direktes Metall-Laser-Schmelzen gestalteten Kühllochs, das über einem bemessenen Loch in einem beschichteten Gegenstand fixiert ist, gemäss einer Ausführungsform der Offenbarung.

[0036] Wenn es möglich ist, werden die gleichen Bezugszeichen überall in den Zeichnungen verwendet, um die gleichen Teile darzustellen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0037] Es sind ein Gegenstand mit Kühllöchern und ein Verfahren zum Herstellen eines Gegenstands, der Kühllöcher aufweist, geschaffen. Im Vergleich zu Gegenständen und Verfahren, die nicht eines oder mehrere der hier offenbarten Merkmale verwenden, erhöhen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung die Komplexität von Öffnungen, sie erhöhen die Kühllochkomplexität, erhöhen die Qualität der Öffnungen, steigern die Filmkühlung, verringern die Kühllochgrösse, verringern die Herstellungskosten von Kühllöchern, erzeugen formgestaltete Kühllöcher gesondert von einem Gegenstand, ermöglichen eine Reparatur von Kühllöchern zur Befestigung an einem Gegenstand, ergeben eine verbesserte Kontrolle über die Erzeugung fortschrittlicher Merkmale oder ermöglichen eine Kombination hiervon.

[0038] Bezugnehmend auf die Fig. 1–3 ist ein Verfahren 100 zur Herstellung einer Struktur 251 mit direktem Metall-Laser-Schmelzen (DMLM, Direct Metal Laser Melting) geschaffen. Z.B. enthält das Verfahren 100 in einer Ausführungsform ein Herstellen formgestalteter Kühllöcher in einem Gegenstand. Das Verfahren 100 schafft jede beliebige Gestalt für die Struktur 251, das Kühlloch in der Struktur 251 oder jedes beliebige sonstige Merkmal in der Struktur 251, einschliesslich einer Öffnung, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eines bemessenen Schlitzes oder eines gewinkelten Grabens mit Löchern. Zu geeigneten Formen gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, quadratische, rechteckige, dreieckige, kreisförmige, halbkreisförmige, ovale, trapezförmige, oktagonale Formen, Formen mit darin eingeformten Merkmalen, jede beliebige sonstige geometrische Gestalt oder eine Kombination von diesen. In einer weiteren Ausführungsform enthält das Verfahren 100 ein Bereitstellen eines Metalllegierungspulvers 201 (Schritt 101) und Auftragen des Metalllegierungspulvers 201, um eine anfängliche Pulverschicht 202 zu bilden (Schritt 102). Die anfängliche Pulverschicht 202 weist eine vorausgewählte Dicke 203 und eine vorausgewählte Gestalt auf, die wenigstens eine erste Öffnung 204 enthält. In einer weiteren Ausführungsform wird eine fokussierte Energiequelle 210 bereitgestellt (Schritt 103).

[0039] Zu geeigneten fokussierten Energiequellen gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, eine Laservorrichtung, eine Elektronenstrahlvorrichtung oder eine Kombination von diesen. Die Laservorrichtung enthält eine beliebige Laservorrichtung, die in einem Leistungsbereich und bei einer Vorschubgeschwindigkeit zum Aufschmelzen des Metalllegierungspulvers 201 arbeitet, wie beispielsweise, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, ein Faserlaser, ein CO₂-Laser oder ein ND-YAG-Laser. In einer Ausführungsform enthält der Leistungsbereich, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, zwischen 125 und 500 Watt, zwischen 150 und 500 Watt, zwischen 150 und 400 Watt oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Teilbereich von diesen. In einer weiteren Ausführungsform enthält die Vorschubgeschwindigkeit, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, zwischen 400 und 1200 mm/Sek, zwischen 500 und 1200 mm/Sek, zwischen 500 und 1000 mm/Sek oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Teilbereich von diesen. Z.B. arbeitet die fokussierte Energiequelle 210 in einer weiteren Ausführungsform in dem Leistungsbereich zwischen 125 und 500 Watt, bei der Vorschubgeschwindigkeit zwischen 400 und 1200 mm/Sek für eine bis drei Konturdurchgänge. In einer weiteren Ausführungsform weist die fokussierte Energiequelle 210 einen Schraffurabstand zwischen etwa 0,08 mm und 0,2 mm auf.

[0040] Die fokussierte Energiequelle 210 wird auf die anfängliche Pulverschicht 202 gerichtet, um das Metalllegierungspulver 201 aufzuschmelzen (Schritt 104) und die anfängliche Pulverschicht 202 in eine Metalllegierungsbahn 211 umzuwandeln. Als nächstes enthält das Verfahren 100 ein darauffolgendes Auftragen eines zusätzlichen Metalllegierungspulvers 201 (Schritt 105) über der Metalllegierungsbahn 211, um eine zusätzliche Schicht 222 mit einer zweiten vorausgewählten Dicke 223 und einer zweiten vorausgewählten Gestalt zu bilden. Die zweite vorausgewählte Gestalt enthält wenigstens eine zweite Öffnung 224, die der wenigstens einen ersten Öffnung 204 in der anfänglichen Pulverschicht 202 entspricht, wobei die beiden Öffnungen einen Durchgang zur Fluidübertragung schaffen. Nach dem Auftragen der zusätzlichen Schicht 222 des Metalllegierungspulvers 201 (Schritt 105) enthält das Verfahren 100 ein Aufschmelzen der zusätzlichen Schicht 222 (Schritt 106) mit der fokussierten Energiequelle 210, um eine Bahndicke 233 der Metalllegierungsbahn 211 zu erhöhen und wenigstens eine kombinierte Öffnung 234 zu erzeugen, die ein vorbestimmtes Profil aufweist.

[0041] Die Schritte des darauffolgenden Auftragens der zusätzlichen Schicht 222 des Metalllegierungspulvers 201 (Schritt 105) und des Schmelzens der zusätzlichen Schicht 222 (Schritt 106) können anschliessend wiederholt werden (Schritt 107), bis eine Struktur 251 mit einer vorgestimmten Dicke, einer vorbestimmten Gestalt und wenigstens einer einzigen endgültigen Öffnung 254, die ein vorbestimmtes Profil aufweist, erhalten wird. Die Struktur 251 enthält eine Dichte von z.B. zwischen 90% und 100%, zwischen 95% und 99%, zwischen 98% und 99%, zwischen 99% und 99,8% oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Teilbereich von diesen. Nach dem Wiederholen der aufeinanderfolgenden Auftrags- und Aufschmelzungsschritte (Schritt 107) wird die Struktur 251 heissisostatisch verpresst (HIP-gepresst), lösungsgeglüht und/oder spannungsarmgeglüht. Z.B. wird die Struktur 251 in einer Ausführungsform für 3–5 Stunden bei einer erhöhten Temperatur zwischen 1149 °C und 1260 °C (2100 °F und 2300 °F) und einem erhöhten Druck zwischen 68,95 MPa und 137,9 MPa (10.000 PSI) heissisostatisch verpresst. Das heissisostatische Verpressen verfestigt die Struktur 251 weiter, um die Dichte der Struktur 251 von z.B. zwischen etwa 98% und 100% auf zwischen etwa 99,5% und 99,8% zu erhöhen. In einer weiteren Ausführungsform kann die Struktur 251 zusätzlich zu dem heissisostatischen Verpressen für 1–2 Stunden im Vakuum bei einer erhöhten Temperatur zwischen 1093 °C und 1205 °C (2000 °F und 2200 °F) durch Lösungsglügen behandelt (Lösungsgeglüht) werden. In einer weiteren Ausführungsform wird die Struktur 251 für 1–3 Stunden im Vakuum bei einer erhöhten Temperatur zwischen 1038 °C und 1149 °C (1900 °F und 2100 °F) wärmebehandelt. Es wird von Fachleuten auf dem Gebiet erkannt werden, dass die Temperaturen für das heiss-

sisostatische Verpressen und die Temperaturen für die Wärmebehandlung stark von der Zusammensetzung der Pulver und den gewünschten Eigenschaften abhängen.

[0042] Die vorausgewählte Dicke 203 der anfänglichen Pulverschicht 202 und die zweite vorausgewählte Dicke 223 jeder der zusätzlichen Schichten 222 umfasst eine Dicke in dem Bereich von 20–100 µm (0,0008–0,004 Zoll), 20–80 µm (0,0008–0,0032 Zoll), 40–60 µm (0,0016–0,0024 Zoll) oder eine beliebige sonstige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen sonstigen Bereich oder Teilbereich von diesen. Die vorausgewählte Dicke 203 ist gleich oder unterschiedlich von der zweiten vorausgewählten Dicke 223, die für jede der zusätzlichen Schichten 222 variiert oder aufrechterhalten wird. Die vorbestimmte Dicke der Struktur 251 ist aus der vorausgewählten Dicke 203 der anfänglichen Pulverschicht 202 und der zweiten vorausgewählten Dicke 223 jeder der zusätzlichen Schichten 222 gebildet. Auf der Basis der vorausgewählten Dicke 203, der zweiten vorausgewählten Dicke 223 und/oder davon, wie viele der zusätzlichen Schichten 222 aufgetragen werden, umfasst die vorbestimmte Dicke der Struktur 251 jede beliebige geeignete Dicke in dem Bereich von 250–350000 µm (0,010–13,78 Zoll), 250–200000 (0,010–7,87 Zoll), 250–50000 µm (0,010–1,97 Zoll), 250–6350 µm (0,010–0,250 Zoll) oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Teilbereich von diesen.

[0043] In einer Ausführungsform ist das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung 254 gestaltet, um ein Fluidströmungsprofil, wie beispielsweise zur Filmkühlung einer heißen Komponente, zu schaffen. In einem Beispiel enthält das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung 254 ein bogenförmig gestaltetes Profil. In einem weiteren Beispiel enthält das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung 254 ein konisch gestaltetes Profil. Zu anderen Beispielen gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, zickzackförmige Profile, kreisförmige Profile, ovale Profile, polygonal geformte Profile oder Kombinationen von diesen. In einer weiteren Ausführungsform enthält das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung 254 eine Öffnung von wenigstens 254 µm (0,010 Zoll), wenigstens 381 µm (0,015 Zoll), wenigstens 508 µm (0,020 Zoll) oder eine beliebige sonstige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen sonstigen Bereich oder Teilbereich von diesen. In einer weiteren Ausführungsform bildet das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung 254 einen Winkel mit einer Oberfläche der Struktur 251. Der Winkel umfasst z.B. bis zu 90°, zwischen 10° und 50°, etwa 30° oder eine beliebige Kombination, Unterkombination, einen beliebigen Bereich oder Teilbereich von diesen, wobei bei 90° die wenigstens eine Öffnung 254 senkrecht zu der Oberfläche der Struktur 251 ausgerichtet ist.

[0044] Bezugnehmend auf die Fig. 4–5 enthält das Verfahren 100 in einer Ausführungsform ein Bereitstellen eines Substrats 401, wie beispielsweise eines metallischen Substrats, und Befestigen der Struktur 251 an dem Substrat 401.

[0045] In einer weiteren Ausführungsform bildet das Substrat 401 wenigstens einen Teil eines Gegenstands, der unter erhöhten Temperaturen arbeitet. Zu Gegenständen, die unter erhöhten Temperaturen arbeiten, gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, Gasturbinenkomponenten, wie beispielsweise Laufschaufeln, Leitschaufeln, Schaufelblätter oder beliebige sonstige Komponenten, die Kühllöcher erfordern. In einer weiteren Ausführungsform ist der Gegenstand entweder ein neu hergestellter oder ein bestehender Gegenstand, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, ein Gegenstand für eine Reparatur oder zum Aufrüsten.

[0046] Das Substrat 401 enthält eine beliebige geeignete Zusammensetzung, die auf dem Gegenstand basiert, und die Struktur 251 enthält eine beliebige geeignete Zusammensetzung zur Befestigung an dem Substrat 401. Zu geeigneten Zusammensetzungen für das Substrat 401 gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, eine Legierung, wie beispielsweise eine Gamma-Strich-Superlegierung oder ein rostfreier Stahl. In einer Ausführungsform umfasst die Gamma-Strich-Superlegierung z.B. eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 9,75% Chrom, etwa 7,5% Kobalt, etwa 4,2% Aluminium, etwa 3,5% Titan, etwa 1,5% Molybdän, etwa 6,0% Wolfram, etwa 4,8% Tantal, etwa 0,5 Niob, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor und einem Rest Nickel. In einem weiteren Beispiel umfasst die Gamma-Strich-Superlegierung eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 7,5% Kobalt, etwa 7,0% Chrom, etwa 6,5% Tantal, etwa 6,2% Aluminium, etwa 5,0% Wolfram, etwa 3,0% Rhenium, etwa 1,5% Molybdän, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor, etwa 0,01% Yttrium und einem Rest Nickel. In einem weiteren Beispiel umfasst die Gamma-Strich-Superlegierung eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, zwischen etwa 8,0% und etwa 8,7% Cr, zwischen etwa 9% und etwa 10% Co, zwischen etwa 5,25% und etwa 5,75% Al, bis zu etwa 0,9% Ti (z.B. zwischen etwa 0,6% und etwa 0,9%), zwischen etwa 9,3% und etwa 9,7% W, bis zu etwa 0,6% Mo (z.B. zwischen etwa 0,4% und etwa 0,6%), zwischen etwa 2,8% und etwa 3,3% Ta, zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Hf, bis zu etwa 0,1% C (z.B. zwischen etwa 0,07% und etwa 0,1%), bis zu etwa 0,02% Zr (z.B. zwischen etwa 0,005% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,02% B (z.B. zwischen etwa 0,01% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,2% Fe, bis zu etwa 0,12% Si, bis zu etwa 0,1% Mn, bis zu etwa 0,1% Cu, bis zu etwa 0,01% P, bis zu etwa 0,004% S, bis zu etwa 0,1 Nb, und einem Rest Nickel.

[0047] Zu geeigneten Zusammensetzungen für die Struktur 251 gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, eine Legierung, wie beispielsweise rostfreier Stahl, eine Superlegierung oder eine Legierung auf Kobaltbasis. In einer Ausführungsform ist die Struktur 251 an einem gekühlten Bereich des Substrats 401 befestigt, was die Temperaturen der Struktur 251, denen sie ausgesetzt ist, reduziert. In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Legierung auf Kobaltbasis z.B. 70Co-27Cr-3Mo. In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Superlegierung, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 0,15–0,20% Kohlenstoff, etwa 15,70–16,30% Chrom, etwa 8,00–9,00% Kobalt, etwa 1,50–2,00% Molybdän, etwa 2,40–2,80% Wolfram, etwa 1,50–2,00% Tantal, etwa 0,60–1,10% Niob, etwa 3,20–3,70% Titan, etwa 3,20–3,70% Aluminium, etwa 0,005–0,015% Bor, etwa 0,05–0,15% Zirkonium, maximal etwa 0,50% Eisen, maximal etwa 0,20% Mangan, maximal etwa 0,30% Silizium, maximal etwa 0,015% Schwefel und einen Rest Nickel; eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 5% Eisen, zwischen etwa 20% und etwa 23%

Chrom, bis zu etwa 0,5% Silizium, zwischen etwa 8% und etwa 10% Molybdän, zwischen etwa 3,15% und 4,15% Nb + Ta, bis zu etwa 0,5% Mangan, bis zu etwa 0,1% Kohlenstoff und einem Rest Nickel; eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 50%–55% Nickel + Kobalt, etwa 17%–21% Chrom, etwa 4,75%–5,50% Niob + Tantal, etwa 0,08% Kohlenstoff, etwa 0,35% Mangan, etwa 0,35% Silizium, etwa 0,015% Phosphor, etwa 0,015% Schwefel, etwa 1,0% Kobalt, etwa 0,35%–0,80% Aluminium, etwa 2,80%–3,30% Molybdän, etwa 0,65%–1,15% Titan, etwa 0,001%–0,006% Bor, 0,15% Kupfer und einen Rest Eisen; und/oder eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 20% Chrom, etwa 10% Kobalt, etwa 8,5% Molybdän, maximal etwa 2,5% Titan, etwa 1,5% Aluminium, maximal etwa 1,5% Eisen, maximal etwa 0,3% Mangan, maximal etwa 0,15% Silizium, etwa 0,06% Kohlenstoff, etwa 0,005% Bor und einen Rest Nickel.

[0048] Die Struktur 251 und das Substrat 401 sind kompatibel. Wenn das Substrat 401 rostfreier Stahl ist, ist die Struktur 251 ebenfalls vorzugsweise aus rostfreiem Stahl. In ähnlicher Weise ist in dem Fall, dass das Substrat 401 aus einer Gamma-Strich-Superlegierung ist, die Struktur 251 ebenfalls aus einer Gamma-Strich-Superlegierung.

[0049] Das Befestigen der Struktur 251 an dem Substrat 401 umfasst Prozesse, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, Hartlöten, Schweißen, Diffusionsschweißen oder eine Kombination von diesen. In einer Ausführungsform, wenn das Befestigen der Struktur 251 an dem Substrat 401 Hartlöten umfasst, wird ein Lotmaterial, wie beispielsweise eine Bor-Nickel-Legierung und/oder eine Silizium-Nickel-Legierung, verwendet. In einer weiteren Ausführungsform wird, wenn das Befestigen der Struktur 251 an dem Substrat 401 ein Anschweißen der Struktur 251 an einer Gamma-Strich-Superlegierung umfasst, ein Schweisszusatzmaterial verwendet, wie beispielsweise ein Zusatzmaterial mit einer Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 0,015% Bor, etwa 0,05% bis etwa 0,15% Kohlenstoff, etwa 20% bis etwa 24% Chrom, etwa 3% Eisen, etwa 0,02% bis etwa 0,12% Lanthium, etwa 1,25% Mangan, etwa 20% bis etwa 24% Nickel, etwa 0,2% bis etwa 0,5% Silizium, etwa 13% bis etwa 15% Wolfram, und einem Rest Kobalt; und/oder eine Zusammensetzung von, in Gewichtsprozent, etwa 22% Chrom, etwa 16% Eisen, etwa 9% Molybdän, etwa 1,5% Kobalt, etwa 0,6% Wolfram, etwa 0,10% Kohlenstoff, etwa 1% Mangan, etwa 1% Silizium, etwa 0,008% Bor und einem Rest Nickel. In einer weiteren Ausführungsform, wenn das Befestigen der Struktur 251 an dem Substrat 401 ein Anschweißen der Struktur 251 an einem rostfreien Stahl umfasst, enthält das Schweisszusatzmaterial einen rostfreien Stahl.

[0050] Bezugnehmend auf die Fig. 6–9 wird die Struktur 251 entweder an einer modifizierten Oberfläche 601 des Substrats 401 (Fig. 6–8) oder über einer äusseren Oberfläche 901 des Substrats 401 (Fig. 9) angebracht. Die modifizierte Struktur 601 enthält ein Merkmal zur Aufnahme der Struktur 251, wobei das Merkmal der vorbestimmten Dicke und der vorbestimmten Gestalt der Struktur 251 entspricht. Wenn sie in dem Merkmal positioniert ist, ist die Struktur 251 gegenüber der äusseren Oberfläche 901 vertieft, liegt bündig mit dieser oder erstreckt sich über die äussere Oberfläche 901 hinaus. Zu geeigneten Merkmalen gehören, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, ein Kanal, eine Aussparung, ein Schlitz, eine Öffnung oder eine beliebige sonstige Modifikation, um die Struktur 251 wenigstens teilweise darin aufzunehmen.

[0051] In einer Ausführungsform wird die modifizierte Oberfläche 601 während der Herstellung des Substrats 401 erzeugt. In einer weiteren Ausführungsform wird die modifizierte Oberfläche 601 nach der Herstellung des Substrats 401, wie z.B. durch maschinelle Bearbeitung der äusseren Oberfläche 901 zur Bildung des Merkmals erzeugt. In einer weiteren Ausführungsform, wenn der Gegenstand den bestehenden Gegenstand umfasst, wird die modifizierte Oberfläche 601 durch Beseitigung bestehender Öffnungen, maschinelle Bearbeitung des bestehenden Gegenstands zur Bildung des Merkmals und/oder Reinigung des bestehenden Gegenstands für eine direkte Befestigung erzeugt.

[0052] Jede der Strukturen 251 enthält eine beliebige geeignete Anzahl der endgültigen Öffnungen 254. Auf der Basis der Anzahl der endgültigen Öffnungen 254 können mehr als eine einzige der Strukturen 251 an dem Substrat 401 befestigt werden. Wie in Fig. 4 veranschaulicht, können z.B. zwei der Strukturen 251 an dem Substrat 401 befestigt werden, wobei jede der Strukturen 251 eine der endgültigen Öffnungen 254 enthält. In einem weiteren Beispiel, wie in Fig. 5 veranschaulicht, ist eine einzelne der Strukturen 251 an dem Substrat 401 befestigt, wobei die Struktur 251 mehrere der endgültigen Öffnungen 254 enthält.

[0053] Jede von der wenigstens einen endgültigen Öffnung 254 stellt einen Durchgang für ein Fluid durch die Struktur 251 bereit. Wenn es erforderlich ist, wird zur Verlängerung des Durchgangs durch das Substrat 401 und zur Bildung des Kühllochs jede der wenigstens einen endgültigen Öffnung 254 mit einem zugehörigen bemessenen Loch 403 verbunden. In einer Ausführungsform sind sowohl die wenigstens eine endgültige Öffnung 254 als auch das bemessene Loch 403 in der Struktur 251 erzeugt, und sie erstrecken sich vollständig durch das Substrat 401 hindurch (Fig. 6 und 7). In einer modifizierten Ausführungsform ist die wenigstens eine endgültige Öffnung 254 über dem bemessenen Loch 403 positioniert, das in dem Substrat 401 ausgebildet ist (Fig. 8). In einer weiteren modifizierten Ausführungsform ist die Struktur 251 an dem Substrat 401 befestigt (Fig. 9), wobei das bemessene Loch 403 anschliessend in dem Substrat 401 ausgebildet wird. In einer noch weiteren modifizierten Ausführungsform wird ein Teil des bemessenen Lochs 403 in dem Substrat 251 erzeugt, und der Rest des bemessenen Lochs 403 wird in dem Substrat 401 entweder vor oder nach einer Befestigung der Struktur 251 erzeugt. Wenn das bemessene Loch 403 in dem Substrat 401 erzeugt wird, nachdem die Struktur 251 befestigt worden ist, wird das bemessene Loch 403 durch die wenigstens eine endgültige Öffnung 254 hindurch ausgebildet. Ein Ausbilden des bemessenen Lochs bzw. Dosierlochs 403 in dem Substrat 401 umfasst einen beliebigen geeigneten Prozess, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, Bohren.

[0054] In einer Ausführungsform enthält das Verfahren 100 ein Aufbringen einer Beschichtung 701, wie beispielsweise einer Haftvermittlerschicht und/oder einer Wärmeschutzbeschichtung (TBC, Thermal Barrier Coating), auf das Substrat

401. Die Haftvermittlerschicht umfasst eine beliebige geeignete Haftschicht, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, eine MCrAlY-Bindeschicht. Die Beschichtung 701 wird entweder vor oder nach der Befestigung der Struktur 251 an dem Substrat 401 aufgebracht. Z.B. wird in einer weiteren Ausführungsform die Struktur 251 an dem Substrat 401 befestigt, die wenigstens eine endgültige Öffnung 254 wird maskiert, und anschliessend wird die Haftvermittlerschicht und/ oder die TBC über dem freiliegenden Basismetall aufgesprüht. Alternativ wird die Beschichtung 701 auf das Substrat 401 aufgebracht und anschliessend von einem Bereich entfernt, um eine Befestigung der Struktur 251 zu erleichtern.

[0055] Während die Erfindung unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben worden ist, wird von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden, dass verschiedene Veränderungen vorgenommen werden können und Elemente durch Äquivalente ersetzt werden können, ohne dass von dem Umfang der Erfindung abgewichen wird. Ausserdem können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Material an die Lehren der Erfindung anzupassen, ohne von deren wesentlichen Rahmen abzuweichen. Folglich besteht die Absicht, dass die Erfindung nicht auf die spezielle Ausführungsform beschränkt sein soll, die als die beste Ausführungsart offenbart ist, die zur Ausführung dieser Erfindung bestimmt ist, sondern dass die Erfindung alle Ausführungsformen umfassen soll, die in den Umfang der beigefügten Ansprüche fallen.

[0056] Es sind ein Gegenstand und ein Verfahren zur Herstellung formgestalteter Kühllöcher in einem Gegenstand geschaffen. Das Verfahren enthält die Schritte des Auftragens eines Metalllegierungspulvers, um eine Anfangsschicht zu bilden, die wenigstens eine Öffnung enthält, des Schmelzens des Metalllegierungspulvers mit einer fokussierten Energiequelle, um die Pulverschicht in eine Metalllegierungsbahn umzuwandeln, des darauffolgenden Auftrags einer zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers, um eine Schicht zu bilden, die wenigstens eine Öffnung enthält, die der wenigstens einen Öffnung in der Anfangsschicht entspricht, des Schmelzens der zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle zur Erhöhung der Bahndicke und des Wiederholens der Schritte des aufeinanderfolgenden Auftrags und Aufschmelzens der zusätzlichen Schichten des Metalllegierungspulvers, bis eine Struktur, die wenigstens eine Öffnung mit einem vorbestimmten Profil enthält, erhalten wird. Die Struktur wird an einem Substrat befestigt, um den Gegenstand herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung formgestalteter Kühllöcher in einem Gegenstand, das die Schritte aufweist:
Bereitstellen eines Metalllegierungspulvers;
Auftragen des Metalllegierungspulvers unter Ausbildung einer Anfangsschicht bis zu einer vorausgewählten Dicke und mit einer vorausgewählten Gestalt, wobei die vorausgewählte Gestalt wenigstens eine Öffnung enthält;
Bereitstellen einer fokussierten Energiequelle;
Schmelzen des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle unter Umwandlung der Pulverschicht zu eine Metalllegierungsbahn;
nachfolgendes Auftragen einer zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers unter Ausbildung einer Schicht mit einer zweiten vorausgewählten Dicke und einer zweiten vorausgewählten Gestalt über der Metalllegierungsbahn, wobei die zweite vorausgewählte Gestalt wenigstens eine Öffnung enthält, die der wenigstens einen Öffnung in der Anfangsschicht entspricht; und
Schmelzen der zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle unter Erhöhung der Bahndicke und unter Ausbildung einer Struktur mit einer vorbestimmten Dicke und Gestalt und wenigstens einer Öffnung, die ein vorbestimmtes Profil aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner ein Wiederholen der Schritte des aufeinanderfolgenden Auftrags zusätzlicher Schichten des Metalllegierungspulvers und des Schmelzens der zusätzlichen Schichten des Metalllegierungspulvers aufweist, wobei jede der zusätzlichen Schichten die Bahndicke erhöht, bis die Struktur erhalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das die zusätzlichen Schritte aufweist:
Bereitstellen eines Substrats; und
Befestigen der Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt und der wenigstens einen Öffnung, die das vorbestimmte Profil aufweist, an dem Substrat.
4. Verfahren nach Anspruch 3, das ferner wenigstens einen der zusätzlichen Schritte aufweist:
Maskieren der wenigstens einen Öffnung mit dem vorbestimmten Profil und Aufbringen einer Beschichtung über einer freiliegenden Oberfläche der befestigten Struktur mit der vorbestimmten Dicke;
Ausbilden von Dosierlöchern in dem Substrat durch die wenigstens eine Öffnung mit dem vorbestimmten Profil hindurch, wobei die Dosierlöcher einen Durchgang für ein Fluid durch die befestigte Struktur hindurch bereitstellen, wobei der Durchgang die wenigstens eine Öffnung mit dem vorbestimmten Profil enthält; und/oder
Modifizieren einer Substratoberfläche, um einen Kanal zu schaffen, der der Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt entspricht und diese aufnimmt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Struktur mit der vorbestimmten Dicke und Gestalt an dem Substrat durch einen Prozess befestigt wird, der aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der Schweiessen, Hartlöten und Diffusions-schweiessen gehören; und/oder
wobei die Struktur mit der vorbestimmten Gestalt über der äusseren Oberfläche des Substrats angebracht wird.

CH 710 180 A2

6. Verfahren nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung ein bogenförmiges Profil oder ein konisch gestaltetes Profil ist.
7. Verfahren nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung eine Öffnung von wenigstens 254 µm (0,010 Zoll) enthält; und/oder wobei das vorbestimmte Profil der wenigstens einen Öffnung einen Winkel mit der Oberfläche der Struktur bildet, wobei der Winkel aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der bis zu 90°, zwischen 10° und 50° und etwa 30° gehören, wobei 90° eine Öffnung darstellt, die zu der Oberfläche der Struktur senkrecht ausgerichtet ist.
8. Verfahren nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anfangsschicht und jede zusätzliche Schicht des Metalllegierungspulvers bis zu einer Dicke im Bereich von 20–100 µm (0,0008–0,004 Zoll) aufgetragen werden; und/oder wobei die Struktur mit einer vorbestimmten Dicke in dem Bereich von 250–6350 µm (0,010–0,250 Zoll) geschaffen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Substrat eine Legierung aufweist, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der Gamma-Strich-Superlegierungen und rostfreie Stähle gehören; wobei die Gamma-Strich-Superlegierungen vorzugsweise aus der Gruppe von Zusammensetzungen ausgewählt sind, die, in Gewichtsprozent, bestehen aus: etwa 9,75% Chrom, etwa 7,5% Kobalt, etwa 4,2% Aluminium, etwa 3,5% Titan, etwa 1,5% Molybdän, etwa 6,0% Wolfram, etwa 4,8% Tantal, etwa 0,5 Niob, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor und einem Rest aus Nickel; etwa 7,5% Kobalt, etwa 7,0% Chrom, etwa 6,5% Tantal, etwa 6,2% Aluminium, etwa 5,0% Wolfram, etwa 3,0% Rhenium, etwa 1,5% Molybdän, etwa 0,15% Hafnium, etwa 0,05% Kohlenstoff, etwa 0,004% Bor, etwa 0,01% Yttrium und einem Rest Nickel; und zwischen etwa 8,0% und etwa 8,7% Cr, zwischen etwa 9% und etwa 10% Co, zwischen etwa 5,25% und etwa 5,75% Al, bis zu etwa 0,9% Ti (z.B. zwischen etwa 0,6% und etwa 0,9%), zwischen etwa 9,3% und etwa 9,7% W, bis zu etwa 0,6% Mo (z.B. zwischen etwa 0,4% und etwa 0,6%), zwischen etwa 2,8% und etwa 3,3% Ta, zwischen etwa 1,3% und etwa 1,7% Hf, bis zu etwa 0,1% C (z.B. zwischen etwa 0,07% und etwa 0,1%), bis zu etwa 0,02% Zr (z.B. zwischen etwa 0,005% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,02% B (z.B. zwischen etwa 0,01% und etwa 0,02%), bis zu etwa 0,2% Fe, bis zu etwa 0,12% Si, bis zu etwa 0,1% Mn, bis zu etwa 0,1% Cu, bis zu etwa 0,01% P, bis zu etwa 0,004% S, bis zu etwa 0,1 Nb, und einem Rest Nickel.
10. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Struktur eine Legierung aufweist, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der rostfreie Stähle, Superlegierungen und Legierungen auf Kobaltbasis gehören; wobei die Superlegierungen vorzugsweise aus der Gruppe von Zusammensetzungen ausgewählt sind, die, in Gewichtsprozent, bestehen aus: etwa 0,15–0,20% Kohlenstoff, etwa 15,70–16,30% Chrom, etwa 8,00–9,00% Kobalt, etwa 1,50–2,00% Molybdän, etwa 2,40–2,80% Wolfram, etwa 1,50–2,00% Tantal, etwa 0,60–1,10% Niob, etwa 3,20–3,70% Titan, etwa 3,20–3,70% Aluminium, etwa 0,005–0,015% Bor, etwa 0,05–0,15% Zirkonium, maximal etwa 0,50% Eisen, maximal etwa 0,20% Mangan, maximal etwa 0,30% Silizium, maximal etwa 0,015% Schwefel und einem Rest Nickel; etwa 5% Eisen, zwischen etwa 20% und etwa 23% Chrom, bis zu etwa 0,5% Silizium, zwischen etwa 8% und etwa 10% Molybdän, zwischen etwa 3,15% und etwa 4,15% Nb + Ta, bis zu etwa 0,5% Mangan, bis zu etwa 0,1% Kohlenstoff und einem Rest Nickel; etwa 50%–55% Nickel + Kobalt, etwa 17%–21% Chrom, etwa 4,75%–5,50% Niob + Tantal, etwa 0,08% Kohlenstoff, etwa 0,35% Mangan, etwa 0,35% Silizium, etwa 0,015% Phosphor, etwa 0,015% Schwefel, etwa 1,0% Kobalt, etwa 0,35%–0,80% Aluminium, etwa 2,80%–3,30% Molybdän, etwa 0,65%–1,15% Titan, etwa 0,001%–0,006% Bor, 0,15% Kupfer, Rest Eisen; und etwa 20% Chrom, etwa 10% Kobalt, etwa 8,5% Molybdän, maximal etwa 2,5% Titan, etwa 1,5% Aluminium, maximal etwa 1,5% Eisen, maximal etwa 0,3% Mangan, maximal etwa 0,15% Silizium, etwa 0,06% Kohlenstoff, etwa 0,005% Bor und einem Rest Nickel.
11. Verfahren nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bereitstellens der fokussierten Energiequelle ein Bereitstellen der fokussierten Energiequelle aufweist, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der eine Laservorrichtung und eine Elektronenstrahlvorrichtung gehören; wobei der Schritt des Bereitstellens der Laservorrichtung vorzugsweise ein Bereitstellen einer Laservorrichtung aufweist, die aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der ein Faserlaser, ein CO₂-Laser und ein ND-YAG-Laser gehören; wobei der Schritt des Bereitstellens eines Lasers ein Bereitstellen eines Faserlasers enthalten kann, der in dem Leistungsbereich von 125–500 Watt bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 400–1200 mm/Sek. arbeitet.
12. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner, wenn der Schritt des Befestigens Hartlöten ist, ein Lotmaterial aufweist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, zu der eine Bor-Nickel-Legierung und eine Silizium-Nickel-Legierung gehören; oder das ferner, wenn der Schritt des Befestigens Schweißen eines Substrats aus einer Gamma-Strich-Superlegierung ist, ein Schweißzusatzmaterial aufweist, das eine Legierung aufweist, die eine Zusammensetzung enthält, die aus der Gruppe ausgewählt ist, die, in Gewichtsprozent, besteht aus: etwa 0,015% Bor, etwa 0,05% bis etwa 0,15% Kohlenstoff, etwa 20% bis etwa 24% Chrom, etwa 3% Eisen, etwa 0,02% bis etwa 0,12% Lanthium, etwa 1,25% Mangan, etwa 20% bis etwa 24% Nickel, etwa 0,2% bis etwa 0,5% Silizium, etwa 13% bis etwa 15% Wolfram und einem Rest Kobalt; und etwa 22% Chrom, etwa 16% Eisen, etwa 9% Molybdän, etwa 1,5% Kobalt, etwa 0,6% Wolfram, etwa 0,10% Kohlenstoff, etwa 1% Mangan, etwa 1% Silizium, etwa 0,008% Bor und einem Rest Nickel; oder das ferner, wenn der Schritt des Befestigens Schweißen eines Substrats aus einem rostfreien Stahl ist, ein Schweißzusatzmaterial aufweist, das einen rostfreien Stahl aufweist.

13. Verfahren nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, das ferner nach dem Abschluss des Schrittes des Wiederholens der Schritte des aufeinanderfolgenden Auftragens ferner die zusätzlichen Schritte aufweist:
heissisostatisches Verpressen der Struktur unter einer erhöhten Temperatur und einem erhöhten Druck, die ausreichen, um die Struktur weiter zu verfestigen; und
Lösungsglühen der Struktur, die verfestigtes Metalllegierungspulver aufweist, unter einer erhöhten Temperatur und für eine Zeitdauer, die zur Verteilung segregierter Legierungselemente innerhalb der Struktur ausreichen.
14. Gegenstand, der aufweist:
ein metallisches Substrat; und
eine Struktur, die durch direktes Metall-Laser-Schmelzen geschmolzenes Material mit einer vorbestimmten Dicke aufweist, das an dem metallischen Substrat befestigt ist, wobei die Struktur gebildet ist durch
Bereitstellen eines Metalllegierungspulvers;
Auftragen des Metalllegierungspulvers, um eine Anfangsschicht mit einer vorausgewählten Dicke und einer vorausgewählten Gestalt zu bilden, die wenigstens eine Öffnung aufweist;
Schmelzen des Metalllegierungspulvers mit einer fokussierten Energiequelle unter Umwandlung der Pulverschicht in eine Metalllegierungsbahn;
 darauffolgendes Auftragen wenigstens einer zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers über der Metalllegierungsbahn, wobei jede der wenigstens einen zusätzlichen Schicht eine zusätzliche vorausgewählte Dicke und zusätzliche vorausgewählte Gestalt aufweist, wobei die zusätzliche vorausgewählte Gestalt wenigstens eine Öffnung enthält, die der wenigstens einen Öffnung in der Anfangsschicht entspricht; und
Schmelzen jeder der wenigstens einen zusätzlichen Schicht des Metalllegierungspulvers mit der fokussierten Energiequelle unter Vergrößerung der Dicke der Bahn und unter Ausbildung wenigstens einer Öffnung mit einem vorbestimmten Profil;
wobei der Gegenstand ferner einen Durchgang durch die Struktur enthält, der die wenigstens eine Öffnung und ein entsprechendes Dosierloch enthält.
15. Gegenstand nach Anspruch 14, wobei der Gegenstand eine Turbinenleitschaufel oder eine Turbinenlaufschaufel aufweist.

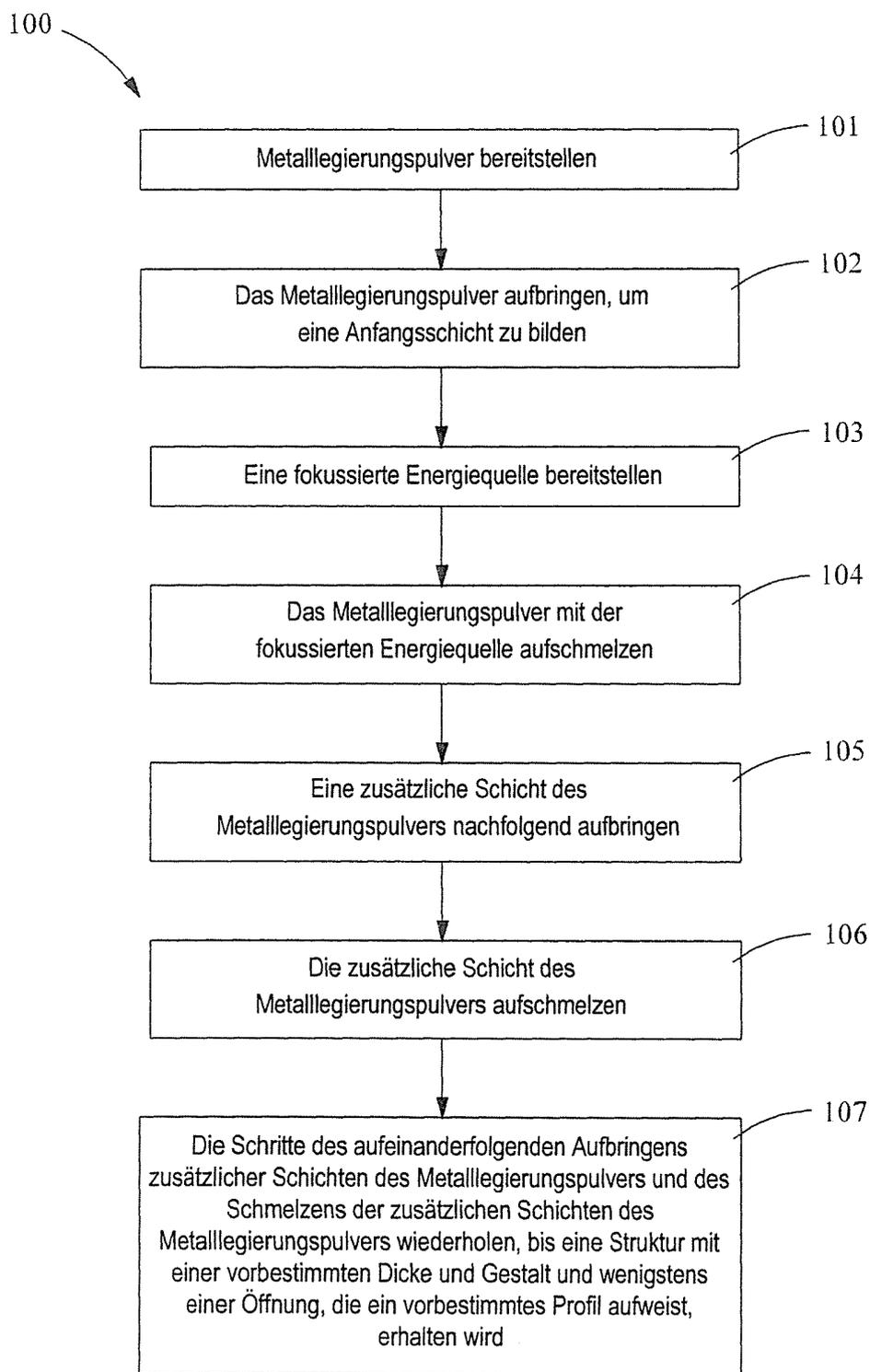


FIG. 1

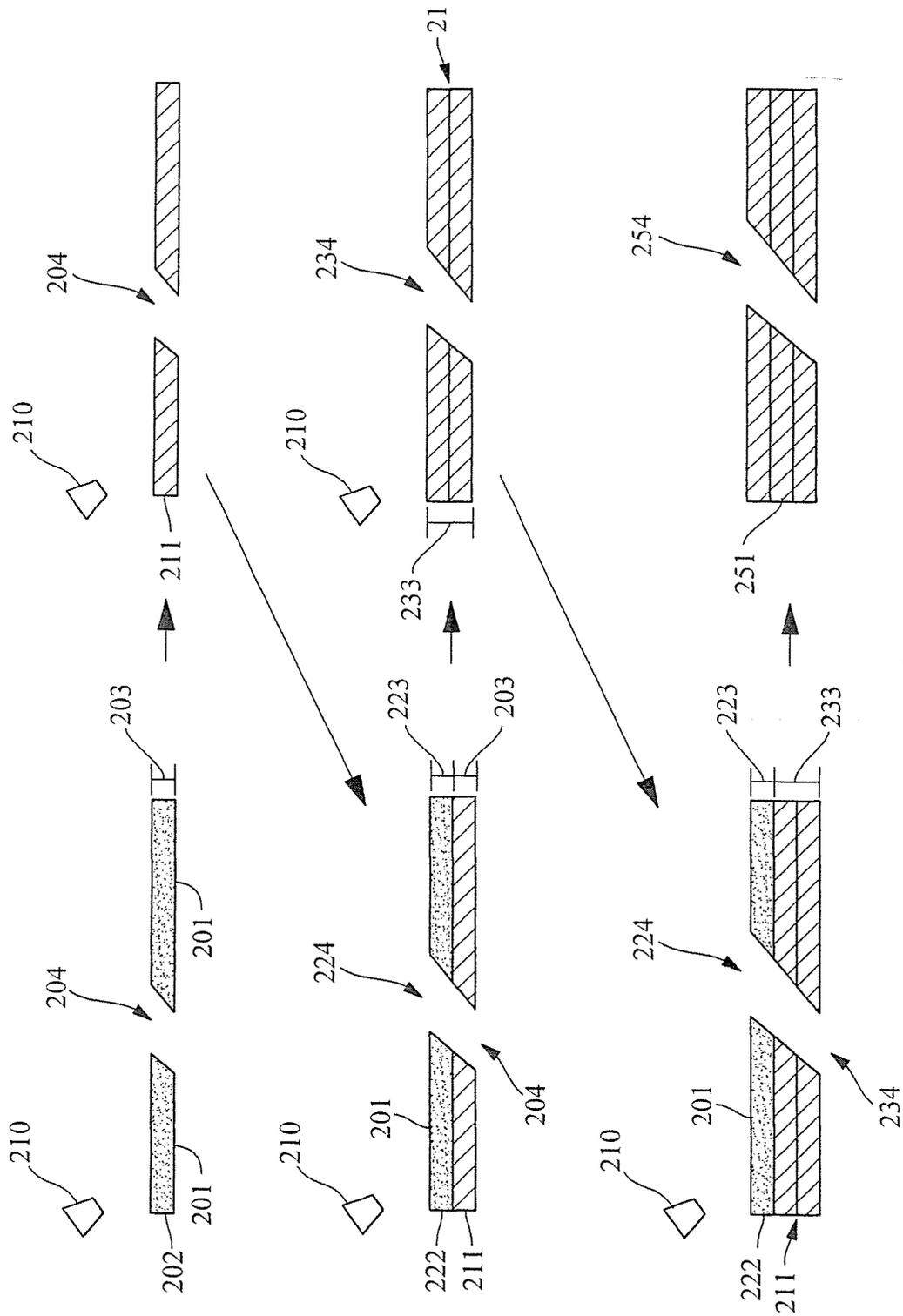


FIG. 2

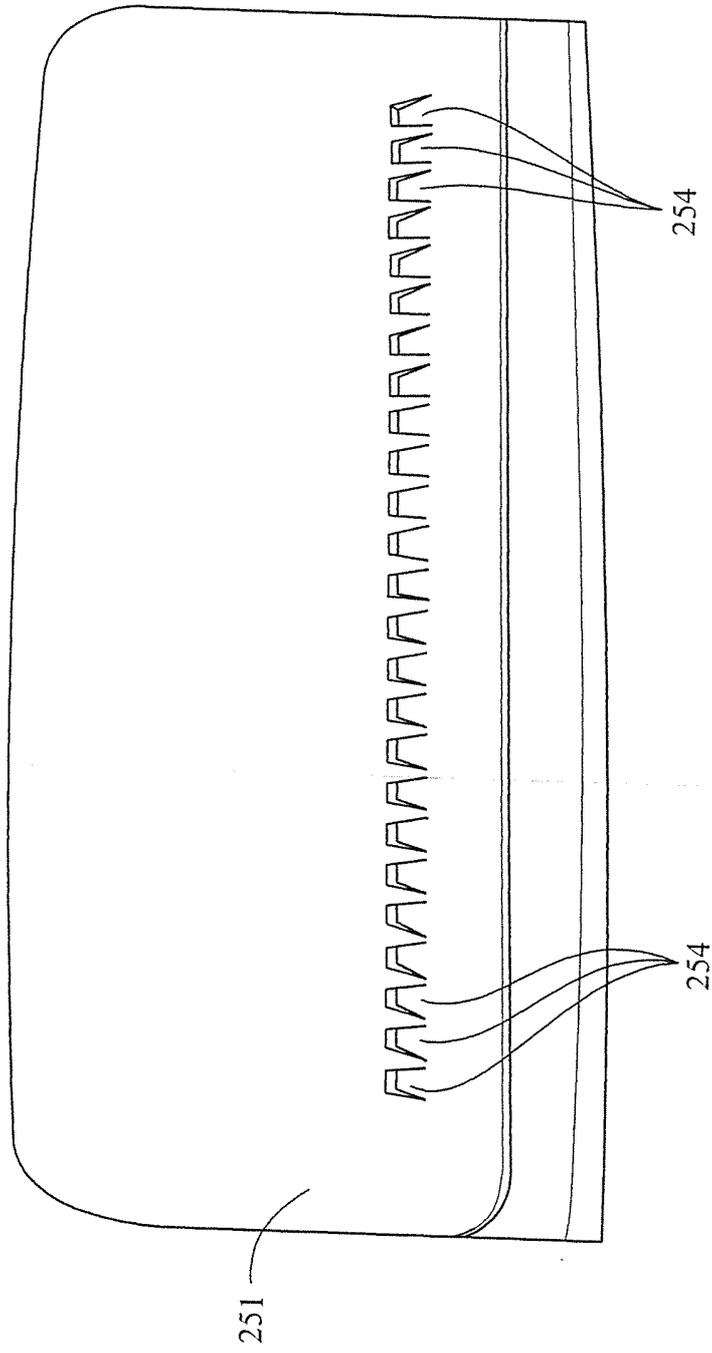


FIG. 3

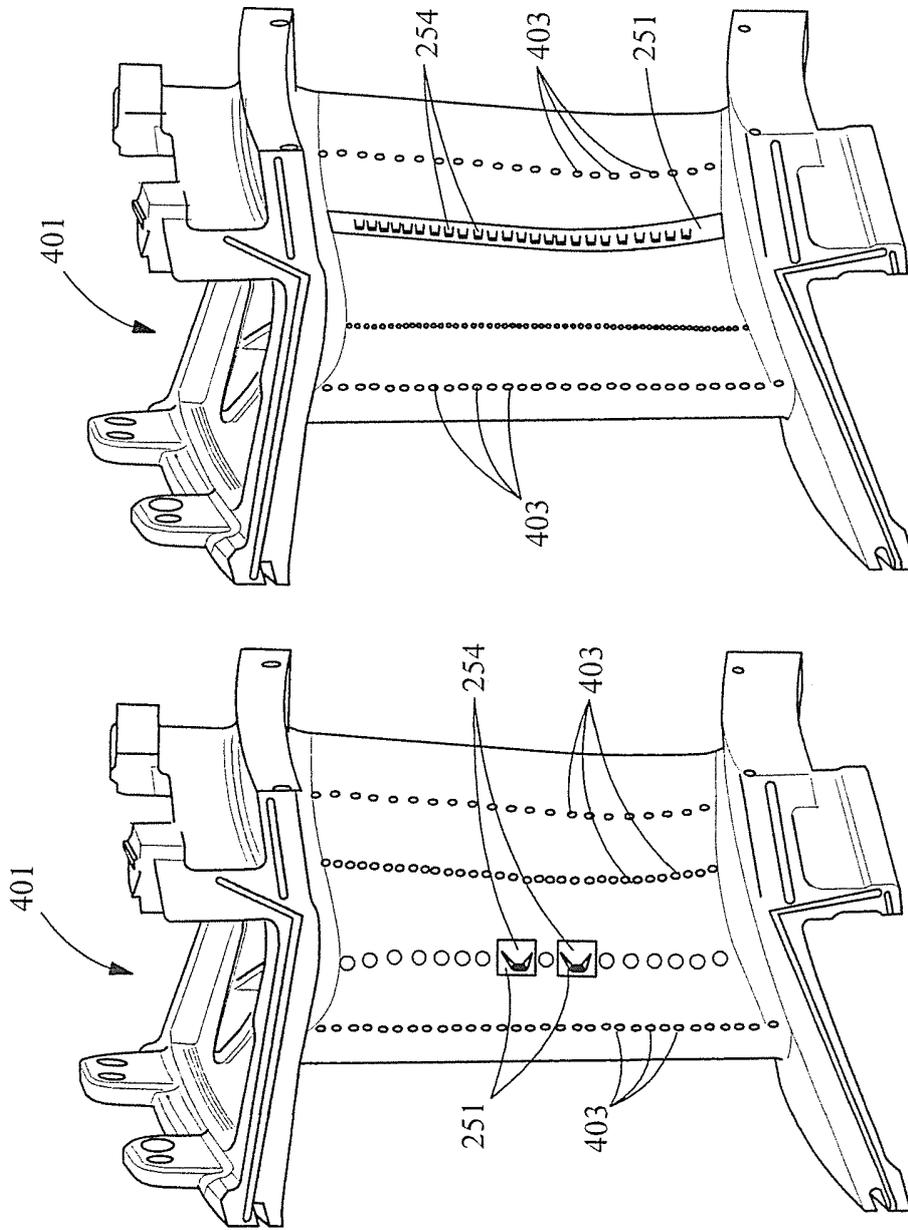


FIG. 5

FIG. 4

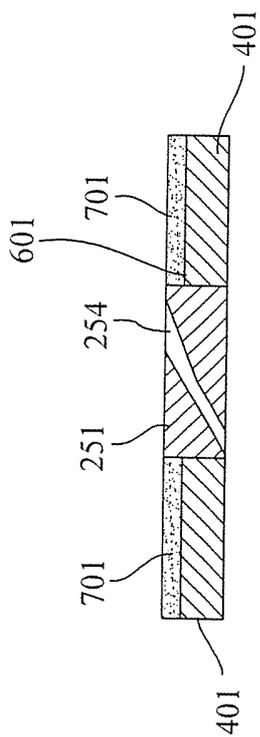


FIG. 7

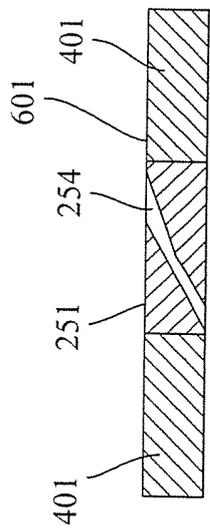


FIG. 6

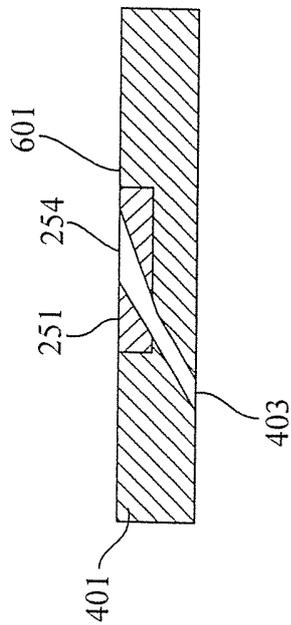


FIG. 8

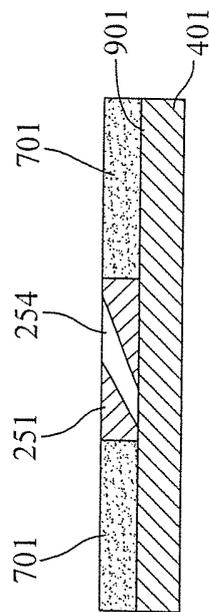


FIG. 9