



(10) **DE 10 2014 116 796 A1** 2015.05.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 116 796.1**

(22) Anmeldetag: **17.11.2014**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2015**

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

F02C 7/18 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

C23C 4/00 (2006.01)

C23C 14/00 (2006.01)

B23P 15/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

14/089,888

26.11.2013

US

(74) Vertreter:

**Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728
Esslingen, DE**

(71) Anmelder:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

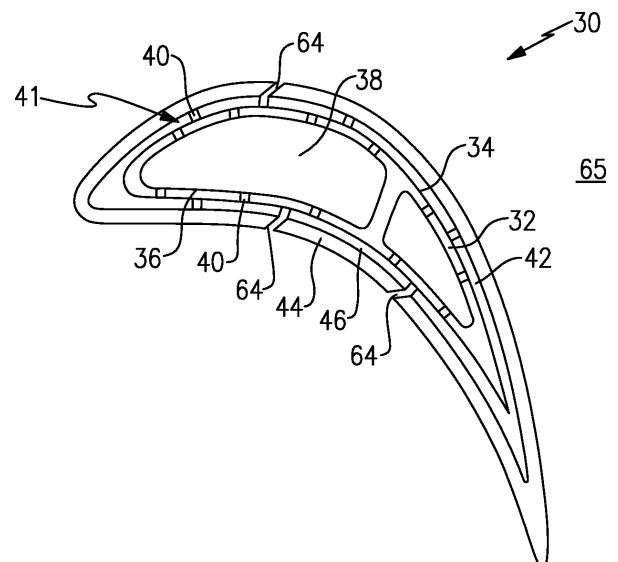
(72) Erfinder:

Bunker, Ronald Scott, Niskayuna, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bauteile mit mehrschichtigen Kühlstrukturen und Verfahren zur Herstellung derselben**

(57) Zusammenfassung: Ein Herstellungsverfahren beinhaltet das Bereitstellen eines Substrats mit einer oder mehreren in ihm gebildeten Nuten. Auf dem Substrat sind eine oder mehrere Beschichtungen mit einer oder mehreren in ihnen gebildeten Nuten angeordnet und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten im Substrat. Eine Deckbeschichtung ist auf einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet, die einen oder mehrere in ihr gebildete Kühlauslässe hat und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten in der einen oder den mehreren Beschichtungen ist. Das Substrat, die eine oder mehreren Beschichtungen und die Deckbeschichtung definieren in ihnen ein Kühlnetz zum Kühlen eines Bauteils. Ein Bauteil mit einem Kühlnetz, in dem ein Substrat, eine oder mehrere auf wenigstens einem Teil des Substrats angeordnete Beschichtungen und eine Deckbeschichtung, die auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet ist, definiert sind.



Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0001] Die Offenbarung betrifft Gasturbinenmaschinen und insbesondere Mikrokanalkühlung in diesen.

[0002] In einer Gasturbinenmaschine wird Luft in einem Verdichter verdichtet und in einer Brennkammer mit Brennstoff vermischt, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. In einer Hochdruckturbinen (HPT), die den Verdichter antreibt, und in einer Niederdruckturbinen (LPT), die einen Fan in einer Flugzeug-Mantelstromtriebwerkanwendung antreibt oder eine externe Welle für Schiffs- und Industrieanwendungen antreibt, wird den Gasen Energie entzogen.

[0003] Der Maschinenwirkungsgrad nimmt im Verhältnis zur Temperatur der Verbrennungsgase zu. Die Verbrennungsgase erhitzen aber entlang ihres Strömungspfads verschiedene Bauteile, was wiederum deren Kühlung erforderlich macht, um eine annehmbar lange Maschinenlebensdauer zu erzielen. Im typischen Fall werden die Bauteile des Heißgaspfads durch Abzapfen von Luft vom Verdichter gekühlt. Dieser Kühlprozess verringert den Motorwirkungsgrad, da die Zapfluft nicht im Verbrennungsprozess genutzt wird.

[0004] Die Technik der Kühlung von Gasturbinenmaschinen ist ausgereift und beinhaltet zahlreiche Patente für diverse Aspekte von Kühlkreisläufen und -strukturen in den verschiedenen Bauteilen des Heißgaspfads. Zum Beispiel beinhaltet die Brennkammer radial äußere und innere Auskleidungen, die während des Betriebs gekühlt werden müssen. Turbinenleitapparate beinhalten zwischen äußeren und inneren Deckbändern gelagerte hohle Leitschaufeln, die ebenfalls gekühlt werden müssen. Turbinenlaufschaukeln sind hohl und weisen gewöhnlich Kühlkreisläufe in ihnen auf, wobei die Schaufeln von Turbinendeckbändern umgeben sind, die ebenfalls gekühlt werden müssen. Die heißen Verbrennungsgase werden durch einen Auspuff abgelassen, der ebenfalls ausgekleidet und angemessen gekühlt sein kann.

[0005] Bei allen diesen beispielhaften Gasturbinenmaschinenbauteilen werden gewöhnlich dünne Metallwände aus hochfesten Superlegierungsmetallen verwendet, um das Bauteilgewicht zu reduzieren und ihren Kühlungsbedarf zu minimieren. Verschiedene Kühlkreisläufe und Kühlstrukturen sind spezifisch für diese einzelnen Bauteile in ihren entsprechenden Umgebungen in der Maschine ausgelegt. Zum Beispiel kann in einem Bauteil im Heißgaspfad eine Reihe von internen Kühldurchgängen oder gewundenen Gängen gebildet werden. Ein Kühlfluid kann den gewundenen Gängen von einem Speicher zugeführt werden und das Kühlfluid kann durch die Durchgän-

ge strömen und dabei das Substrat und zugeordnete Beschichtungen des Bauteils im Heißgaspfad kühlen. Diese Kühlungsstrategie führt aber gewöhnlich zu vergleichsweise niedrigen Wärmeübergangswerten und nicht einheitlichen Bauteiltemperaturprofilen.

[0006] Der Einsatz von Mikrokanalkühlungsmethoden hat das Potenzial, den Kühlbedarf beträchtlich zu reduzieren. Die Mikrokanalkühlung legt die Kühlung so nahe wie möglich an die Quelle des Wärmeflusses, wodurch die Temperaturdifferenz zwischen der heißen Seite und der kalten Seite des tragenden Substratmaterials für einen bestimmten Wärmeübergangswert verringert wird. Aktuelle Methoden sehen aber die Bildung von einer oder mehreren Nut(en) in einer Substratschicht mit einer nachfolgenden Aufbringung von einer oder mehreren Beschichtungsschichten zur Überbrückung der einen oder mehreren Nuten und zum Definieren der Mikrokanäle vor. In vielen Fällen erfordert das Bilden der Mikrokanäle in der tragenden Substratschicht eine in das Substratmaterial eindringende Bearbeitung und die Schwächung der Substratschicht. Außerdem können bezüglich der Geometrie eingeschränkte Regionen die Fertigung von Kühlströmungskanälen an ihnen verhindern.

[0007] Es wäre daher erwünscht, ein Verfahren zum Bilden von Kühlströmungskanälen in Bauteilen des Heißgaspfads vorzusehen, das eine effizientere und flexiblere Kühlungsgestaltung vorsieht, die in komplexe oder beschränkte Geometrien wirklicher Teile einstrukturiert werden kann, und gleichzeitig die Zahl der Kanäle minimiert, die in das Substratmaterial eindringend eingearbeitet werden.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Ein Aspekt der vorliegenden Offenbarung liegt in einem Herstellungsverfahren, das Folgendes beinhaltet: Bereitstellen eines Substrats mit einer Außenfläche und wenigstens einem Innenraum und mit einer oder mehreren in einem Teil des Substrats gebildeten Nuten, Auftragen von einer oder mehreren Beschichtungen auf wenigstens einem Teil des Substrats, Bilden von einer oder mehreren Nuten in jeder der einen oder mehreren Beschichtungen, Auftragen einer Deckbeschichtung auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen und Bilden von einem oder mehreren Kühlungsauslässen in der Deckbeschichtung und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren in der einen oder den mehreren Beschichtungen gebildeten Nuten. Jede im Substrat gebildete Nut verläuft wenigstens teilweise am Substrat entlang. Jede in der einen oder den mehreren Beschichtungen gebildete Nut verläuft wenigstens teilweise an der einen oder den mehreren Beschichtungen entlang und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten im Substrat. Das Substrat, die

eine oder mehreren Beschichtungen und die Deckbeschichtung definieren in ihnen ein Kühlungsnetz zum Kühlen eines Bauteils.

[0009] Die eine oder mehreren Nuten in der einen oder den mehreren Beschichtungen können jeweils mithilfe von einem oder mehreren der Folgenden gebildet werden: einem abtragenden Flüssigkeitsstrahl, elektrochemischem Einstech-Abtragen (ECM), Funkenrodieren (EDM) mit einer rotierenden Elektrode (Senkerodieren mit rotierender Elektrode) und Laserbearbeitung.

[0010] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz von einem oder mehreren Kühlströmungskanälen definiert wird, die in dem Substrat und in der einen oder den mehreren Beschichtungen ausgebildete Teile haben.

[0011] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte Querkanäle beinhaltet.

[0012] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte gewundene Kühlströmungskanäle beinhaltet.

[0013] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte U-förmige Kühlströmungskanäle beinhaltet.

[0014] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere im Substrat definierte Verteiler-Sammler beinhaltet.

[0015] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass der eine oder die mehreren Verteiler-Sammler einen Einlasssammler aufweisen.

[0016] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass der eine oder die mehreren Verteiler-Sammler des Weiteren einen Auslasssammler aufweisen.

[0017] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Offenbarung liegt in einem Herstellungsverfahren, das Folgendes beinhaltet: Bereitstellen eines Substrats mit einer Außenfläche und wenigstens einem Innenraum und mit einer oder mehreren in einem Teil des Substrats gebildeten Nuten, Auftragen von einer oder mehreren Beschichtungen auf wenigstens einen Teil des Substrats, um wenigstens einen Verteiler-Sammler im Substrat zu definieren, Bilden von einer oder mehreren Nuten in jeder der einen oder mehreren Be-

schichtungen, Auftragen einer Deckbeschichtung auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen und Bilden von einem oder mehreren Kühlauslässen in der Deckbeschichtung und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren in der einen oder den mehreren Beschichtungen gebildeten Nuten. Jede im Substrat ausgebildete Nut verläuft wenigstens teilweise am Substrat entlang. Jede in der einen oder den mehreren Beschichtungen ausgebildete Nut verläuft wenigstens teilweise an der einen oder den mehreren Beschichtungen entlang und in Strömungsverbindung mit dem wenigstens einen Verteiler-Sammler im Substrat. Das Substrat, die eine oder mehreren Beschichtungen und die Deckbeschichtung definieren ein Kühlungsnetz, das von einem oder mehreren Kühlströmungskanälen definiert wird, die im Substrat und in der einen oder den mehreren Beschichtungen gebildete Teile zum Kühlen eines Bauteils haben.

[0018] Das oben erwähnte Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte Querkanäle beinhaltet.

[0019] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen Einlasssammler und einen Auslasssammler, die im Substrat definiert sind, beinhaltet.

[0020] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere Querkanäle beinhaltet, die in den einen oder den mehreren Beschichtungen definiert sind und quer zwischen dem Einlasssammler und dem Auslasssammler verlaufen.

[0021] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte gewundene Kühlströmungskanäle beinhaltet.

[0022] Ein oben erwähntes Herstellungsverfahren kann vorsehen, dass das Kühlungsnetz einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte U-förmige Kühlströmungskanäle beinhaltet.

[0023] Noch ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Bauteil, das ein Substrat, eine oder mehrere auf wenigstens einem Teil des Substrats angeordnete Beschichtungen und eine Deckbeschichtung, die auf wenigstens einem Teil einer äußersten Beschichtung der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet ist. Das Substrat weist eine Außenfläche und eine Innenfläche auf, wobei die Innenfläche wenigstens einen Innenraum definiert. Das Substrat beinhaltet eine oder mehrere Nuten, die in einem Teil des Substrats gebildet sind, wobei jede

ZEICHNUNGEN

Nut wenigstens teilweise am Substrat entlang verläuft. Ein oder mehrere Kühlungsversorgungseinlässe sind durch einen Boden einer jeweiligen Nut in dem Substrat ausgebildet, um die Nut in Strömungsverbindung mit einem Innenraum zu verbinden. Die eine oder mehreren Beschichtungen sind an wenigstens einem Teil des Substrats angeordnet. Die eine oder mehreren Beschichtungen definieren eine oder mehrere Nuten in ihnen, wobei jede Nut wenigstens teilweise an der Außenfläche von einer der einen oder mehreren Beschichtungen entlang verläuft. Die Deckbeschichtung ist auf wenigstens einem Teil einer äußersten Beschichtung der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet. Ein oder mehrere Kühlauslässe sind durch die Deckbeschichtung hindurch ausgebildet, um die eine oder mehreren Nuten in den Beschichtungen mit einem Äußeren zu verbinden. Das Substrat, die eine oder mehreren Beschichtungen und die Deckbeschichtung definieren zusammen ein Kühlungsnetz zum Kühlen, das aus einem oder mehreren Kühlströmungskanälen zum Kühlen des Bauteils besteht.

[0024] Das Netz des Bauteils kann einen oder mehrere Querkanäle beinhalten, die in der einen oder den mehreren Beschichtungen definiert sind.

[0025] Das Kühlungsnetz eines oben erwähnten Bauteils kann einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte gewundene Kühlströmungskanäle beinhalten.

[0026] Das Kühlungsnetz eines oben erwähnten Bauteils kann einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte U-förmige Kühlströmungskanäle beinhalten.

[0027] Das Kühlungsnetz eines oben erwähnten Bauteils kann einen oder mehrere im Substrat definierte Verteiler-Sammler beinhalten.

[0028] Es gibt verschiedene Verbesserungen der oben genannten Strukturen in Bezug auf die verschiedenen Aspekte der vorliegenden Erfindung. Des Weiteren können Strukturen auch in diese verschiedenen Aspekte eingebunden werden. Diese Verbesserungen und zusätzlichen Strukturen können einzeln oder in einer beliebigen Kombination bestehen. Zum Beispiel können verschiedene Strukturen, die unten in Bezug auf eine oder mehrere der veranschaulichten Ausführungsformen besprochen werden, allein oder in Kombination in einen der oben beschriebenen Aspekte der vorliegenden Offenbarung eingebunden werden. Die oben vorliegende Kurzdarstellung soll den Leser auch nur mit gewissen Aspekten und Zusammenhängen der vorliegenden Offenbarung ohne Beschränkung des beanspruchten Gegenstands vertraut machen.

[0029] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden beim Lesen der folgenden ausführlichen Beschreibung in Bezug auf die Begleitzeichnungen besser verständlich, in denen gleiche Zeichen in den Zeichnungen durchgehend gleiche Teile darstellen. Es zeigt:

[0030] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen,

[0031] Fig. 2 einen schematischen Querschnitt einer beispielhaften Schaufelblattkonfiguration mit Kühlströmungskanälen gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen;

[0032] Fig. 3 eine schematische Abbildung, in einem Draufsicht-Schnittbild, von beispielhaften Kühlströmungskanälen, die teilweise an der Oberfläche des Substrats entlang und innerhalb einer oder mehrerer Beschichtungen zu jeweiligen Kühlauslässen verlaufen, die in einer äußersten Schaufelblattbeschichtung ausgebildet sind, gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen,

[0033] Fig. 4 eine Querschnittansicht entlang der Linie 4-4 von Fig. 3, die einen der beispielhaften Kühlströmungskanäle von Fig. 3 veranschaulicht und den Kanal beim Transportieren von Kühlmittel von einem Zugangsloch zu einem Kühlauslass gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt,

[0034] Fig. 5 eine schematische Abbildung, in einem Draufsicht-Schnittbild, einer anderen Ausführungsform von beispielhaften Kühlströmungskanälen, die teilweise an der Oberfläche des Substrats entlang und innerhalb einer oder mehrerer Beschichtungen zu jeweiligen Kühlauslässen verlaufen, die in einer äußersten Schaufelblattbeschichtung ausgebildet sind, gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen,

[0035] Fig. 6 eine Querschnittansicht entlang der Linie 6-6 von Fig. 5, die einen der beispielhaften Kühlströmungskanäle von Fig. 5 veranschaulicht und den Kanal beim Transportieren von Kühlmittel von einem Zugangsloch zu einem Kühlauslass gemäß einer oder mehreren der hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt,

[0036] Fig. 7 eine schematische Abbildung, in einem Draufsicht-Schnittbild, einer anderen Ausführungsform von beispielhaften Kühlströmungskanälen, die teilweise an der Oberfläche des Substrats entlang und innerhalb einer oder mehrerer Beschichtungen

zu jeweiligen Kühlauslässen verlaufen, die in einer äußersten Schaufelblattbeschichtung ausgebildet sind, gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen,

[0037] Fig. 8 eine Querschnittansicht entlang der Linie 8-8 von Fig. 7, die einen Teil von einem der beispielhaften Kühlströmungskanäle von Fig. 7 veranschaulicht und den Kanal beim Transportieren von Kühlmittel von einem Zugangsloch durch einen Teil des in einer Beschichtung ausgebildeten Kühlkanals gemäß einer oder mehreren der hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt,

[0038] Fig. 9 eine Querschnittansicht entlang der Linie 9-9 von Fig. 7, die einen Teil von einem der beispielhaften Kühlströmungskanäle von Fig. 7 veranschaulicht und den Kanal beim Transportieren von Kühlmittel durch einen Teil des in einer Beschichtung ausgebildeten Kühlkanals gemäß einer oder mehreren der hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt,

[0039] Fig. 10 eine Querschnittansicht entlang der Linie 10-10 von Fig. 7, die einen Teil von einem der beispielhaften Kühlströmungskanäle von Fig. 7 veranschaulicht und den Kanal beim Transportieren von Kühlmittel von einem Teil des in einer Beschichtung ausgebildeten Kühlkanals zu einem Kühlauslass gemäß einer oder mehreren der hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt, und

[0040] Fig. 11 ein Flussdiagramm, das eine Umsetzung eines Verfahrens zum Herstellen eines Bauteils einschließlich Kühlströmungskanälen gemäß einer oder mehreren der hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen darstellt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0041] Die Begriffe „erste“, „zweite“ und dergleichen bezeichnen hierin keine Reihenfolge, Menge oder Bedeutung, sondern werden vielmehr zum Unterscheiden eines Elements von einem anderen benutzt. Die Begriffe „ein“ und „eine“ bezeichnen hierin keine Mengenbegrenzung, sondern bezeichnen vielmehr das Vorhandensein von wenigstens einem der betreffenden Gegenstände. Das in Verbindung mit einer Mengenangabe verwendete Bestimmungswort „etwa“ schließt den angegebenen Wert ein und hat die vom Zusammenhang erforderte Bedeutung (z.B. beinhaltet den mit dem Messwert der jeweiligen Menge assoziierten Fehlergrad). Außerdem schließt der Begriff „Kombination“ Mischungen, Gemische, Legierungen, Reaktionsprodukte und dergleichen ein.

[0042] Darüber hinaus soll in dieser Patentbeschreibung ein in der Mehrzahl angegebener Begriff gewöhnlich Einzahl und Mehrzahl des Begriffs ein-

schließen, wodurch wenigstens einer dieses Begriffs eingeschlossen wird (z.B. kann „der Kühlauslass“ ein oder mehrere Kühlauslässe einschließen, sofern nicht gegenteilig angegeben). Die Bezugnahme in der ganzen Patentbeschreibung auf „eine einzelne Ausführungsform“, „eine weitere Ausführungsform“, „eine Ausführungsform“ und so weiter bedeutet, dass ein bestimmtes, in Verbindung mit der Ausführungsform beschriebenes Element (z.B. Merkmal, Struktur und/ oder Eigenschaft) in wenigstens einer hierin beschriebenen Ausführungsform enthalten ist und in anderen Ausführungsformen anwesend sein kann oder auch nicht. Desgleichen bedeutet die Bezugnahme auf „eine bestimmte Konfiguration“, dass ein bestimmtes, in Verbindung mit der Konfiguration beschriebenes Element (z.B. Merkmal, Struktur und/oder Eigenschaft) in wenigstens einer hierin beschriebenen Konfiguration enthalten ist und in anderen Konfigurationen anwesend sein kann oder nicht. Außerdem versteht es sich, dass die beschriebenen erfinderischen Merkmale in den verschiedenen Ausführungsformen und Konfigurationen auf jede beliebige geeignete Weise kombiniert werden können.

[0043] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems **10**. Das System **10** kann eine/n oder mehrere Verdichter **12**, Brennkammern **14**, Turbinen **16** und Brennstoffdüsen **20** beinhalten. Der Verdichter **12** und die Turbine **16** können durch eine oder mehrere Wellen **18** miteinander verbunden sein. Die Welle **18** kann eine einzelne Welle sein oder mehrere Wellensegmente, die miteinander zu Welle **18** verbunden sind.

[0044] Das Gasturbinensystem **10** kann eine Anzahl von Heißgaspfadbauteilen beinhalten. Ein Heißgaspfadbauteil ist ein Bauteil des Systems **10**, das wenigstens teilweise einem Hochtemperaturgasstrom durch das System **10** ausgesetzt ist. Zum Beispiel sind Schaufelanordnungen (auch als Laufschaufeln oder Laufschaufelanordnungen bekannt), Leitwerkanordnungen (auch als Leitschaufeln oder Leitschaufelanordnungen bekannt), Deckbandanordnungen, Übergangsstücke, Befestigungsringe und Bauteile der Turbinenabgasanlage alle Heißgaspfadbauteile. Es ist aber zu beachten, dass das Heißgaspfadbauteil der vorliegenden Erfindung nicht auf die obigen Beispiele beschränkt ist, sondern jedes beliebige Maschinenteil oder Bauteil davon sein kann, das wenigstens teilweise Hochtemperaturströmen ausgesetzt sein kann.

[0045] Wenn ein Heißgaspfadbauteil einem Heißgasstrom ausgesetzt ist, wird das Heißgaspfadbauteil von dem Heißgasstrom erhitzt und kann möglicherweise eine Temperatur erreichen, bei der das Heißgaspfadbauteil beträchtlich geschädigt wird oder versagt. Damit das System **10** mit einem Heißgasstrom mit hoher Temperatur funktionieren kann, wie

zum Erzielen des/der erwünschten Wirkungsgrads, Leistung und/oder Lebensdauer des Systems **10** erforderlich, ist daher ein Kühlsystem für das Heißgaspfadbauteil erforderlich. Diese verschiedenen Heißgasbauteile werden im typischen Fall aus verschiedenen Formen von Superlegierungsmetallen, gewöhnlich auf Nickel- oder Kobalt-Basi für moderne Gasturbinenmaschinen, hergestellt. Diese Heißbauteile sind gewöhnlich hohl und mit geeigneten Kühlkreisläufen in ihnen versehen, die den druckbeaufschlagten Kühlluftstrom vom Verdichter erhalten, der während des Betriebs als Kühlmittel beim Senken ihrer Temperatur genutzt wird.

[0046] Im Allgemeinen beinhaltet das Kühlsystem der vorliegenden Erfindung eine Reihe von kleinen Kanälen oder Mikrokanälen, die im Substrat und einer schützenden Beschichtungsschicht des Heißgaspfadbauteils ausgebildet sind. Das Heißgaspfadbauteil kann eine oder mehrere in dem Substrat ausgebildete Nuten und die eine oder mehreren Beschichtungen zum Überbrücken dieser in einer angrenzenden Schicht und zum Bilden der Mikrokanäle, die hierin auch als Kühlströmungskanäle bezeichnet werden, beinhalten. Für Bauteile von Energieerzeugungsturbinen in industriellem Maßstab würden die Abmessungen von „kleinen“ oder „Mikro“-Kanälen ungefähre Tiefen und Breiten im Bereich von 0,25 mm bis 1,5 mm umfassen, während Kanalabmessungen für Turbinenbauteile im Flugzeugmaßstab ungefähre Tiefen und Breiten im Bereich von 0,1 mm bis 0,5 mm umfassen würden. Die Kanäle können mit einem Kühlfluid aus einem Speicher versorgt werden und das Kühlfluid kann durch die Kanäle strömen und dabei das Bauteil im Heißgaspfad kühlen. Auf diese Weise wird das Kühlmittel zuerst zur Prallkühlung einer Innenfläche des Heißgaspfadbauteils verwendet und tritt dann durch einen oder mehrere Kühlungsversorgungsanschlüsse (im Vorliegenden beschrieben) ein, um durch das Netz von Strömungskanälen (im Vorliegenden beschrieben) zu strömen, bevor es aus dem einen oder den mehreren Kühlungsanschlüssen (im Vorliegenden beschrieben) abgelassen wird.

[0047] In Fig. 2, auf die jetzt Bezug genommen wird, ist ein Beispiel für ein Heißgasbauteil **30** mit einer Schaufelblattkonfiguration veranschaulicht. Wie gezeigt, weist das Bauteil **30** ein Substrat **32** mit einer Außenfläche **34** und einer Innenfläche **36** auf. In dem Substrat **32** sind Teile von einem oder mehreren Kühlströmungskanälen **40** definiert. Die Innenfläche **36** des Substrats **32** definiert wenigstens einen hohlen Innenraum **38**. In einer anderen Ausführungsform kann das Heißgasbauteil **30** anstelle eines hohlen Innenraums einen Versorgungsraum enthalten. Eine oder mehrere Beschichtungen **42** (von denen nur eine abgebildet ist) sind auf wenigstens einem Teil der Außenfläche **34** des Substrats **32** angeordnet. Innerhalb der einen oder mehreren Beschichtungen **42** sind Teile des einen oder der mehreren

Kühlströmungskanäle **40** definiert. Die Teile des einen oder der mehreren Kühlströmungskanäle **40**, die in der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** ausgebildet sind, stehen mit den Teilen des einen oder der mehreren im Substrat ausgebildeten Kühlströmungskanäle **40** in Strömungsverbindung. Auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** ist eine Deckbeschichtung **44** angeordnet. Innerhalb der Deckbeschichtung **44** sind der eine oder die mehreren Kühlungsanschlüsse **64** in Strömungsverbindung mit dem einen oder den mehreren Kühlströmungskanälen **40** definiert. Dementsprechend verlaufen der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** jeweils zumindest teilweise innerhalb des Substrats **32** und der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** und stehen über den einen oder die mehreren Kühlungsversorgungsanschlüsse (nicht gezeigt), die im Substrat **32** über den einen oder die mehreren Kühlungsanschlüsse **64** zu einem Äußeren **65** gebildet sind, mit dem wenigstens einen hohlen Innenraum **38** in Strömungsverbindung.

[0048] In einer Ausführungsform sind die Kühlungsversorgungsanschlüsse (im Vorliegenden beschrieben) und die Kühlströmungsanschlüsse (im Vorliegenden beschrieben) als separate Öffnungen gestaltet und erstrecken sich nicht über die Länge der jeweiligen Kühlströmungskanäle **40**. Die eine oder die mehreren Beschichtungen **42** sind auf wenigstens einem Teil der Außenfläche **34** des Substrats **32** angeordnet, wobei darin eine oder mehrere Nuten definiert sind, die in Kombination mit einer benachbarten Beschichtungsschicht der einen oder mehreren Beschichtungen **42** einen Teil des Netzes der Kühlströmungskanäle **40** bilden. Außerdem sind in den Beschichtungsschichten der einen oder mehreren Beschichtungen **42**, die auf wenigstens einem Teil der Außenfläche **34** des Substrats **32** angeordnet sind, eine oder mehrere Nuten definiert, die in Kombination mit einer angeordneten angrenzenden Beschichtungsschicht der einen oder mehreren Beschichtungen **42** oder einer überlagernd angeordneten angrenzenden Deckbeschichtung **44** ist, einen Teil des Netzes von Kühlströmungskanälen **40** bilden.

[0049] Wie unten beschrieben, beinhaltet das hierin offengelegte Verfahren Abscheidungs- und Bearbeitungsmethoden zur Herstellung eines dreidimensionalen fertigen Bauteils **30** und genauer das Schaufelblatt mit einem oder mehreren Kühlströmungskanälen **40**, wobei das Substrat **32**, die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** in ihnen ein Kühlungsnetz **41** zum Kühlen des Bauteils **30** definieren. Das Verfahren kann ein Bauteil **30** ergeben, das Fast-Transpirationskühlung beinhaltet, ohne dass poröse Materialien mit verringerter Festigkeit verwendet werden müssen. Der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** können beliebig oder hinsichtlich Lage und Größe speziell zweckge-

staltet sein und von daher eine flexible Gestaltung haben. In sich zurückkehrend geformte Kühlströmungskanäle, die gewöhnlich eingesetzt werden, um die Abscheidung der Beschichtung innerhalb der Kanalstruktur minimal zu halten, sind nicht erforderlich, was zu einer Verringerung der Bearbeitungszeit und einer Lockerung der Konstruktionstoleranzen führt. Außerdem ist die Reparatur des Bauteils **30** leichter, sowohl bei der Wiederabdeckung von Fehlerstellen bei der Neuteilherstellung als auch bei einer kompletten Reparatur.

[0050] Wie bereits angedeutet, ist ein gemäß dem hierin offengelegten Verfahren hergestelltes Ausführungsbeispiel die Anfertigung eines Gasturbinenschaufelblatts, das einen inneren hohlen Durchgang beinhaltet, der mit einem oder mehreren in dem Substrat gebildeten Kühlströmungskanälen und zwei oder mehreren auf dem Substrat des Bauteils angeordneten Beschichtungen in Strömungsverbindung steht.

[0051] In den **Fig. 3** bis **Fig. 10** werden verschiedene Ausführungsformen eines Teils eines Heißgasbauteils veranschaulicht, wie z.B. des Heißgasbauteils **30** von **Fig. 2**. In jeder der veranschaulichten Ausführungsformen sind eine oder mehrere Beschichtungen auf einer äußersten Oberfläche des Substrats angeordnet und eine auf einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnete zusätzliche Deckbeschichtung aufweisend dargestellt. Innerhalb eines Teils des Substrats und der einen oder mehreren Beschichtungen ist ein Netz oder ein Muster von Kühlströmungskanälen ausgebildet.

[0052] In den **Fig. 3** und **Fig. 4**, auf die jetzt eingehender Bezug genommen wird, ist eine erste Ausführungsform eines Teils des Heißgaspfadbauteils **50** einschließlich eines Netzes oder eines Musters von Kühlströmungskanälen **40**, den Kühlströmungskanälen **40** von **Fig. 2** allgemein ähnlich, dargestellt. In einer Ausführungsform besteht das Netz oder das Muster von Kühlströmungskanälen **40** aus denen, die als Strömungsverteiler-Sammler und genauer Einlass- und Auslasssammler **52, 54** zweckbestimmt sind, wobei die übrigen Strömungskanäle **40** Querkanäle **56** definieren, die zwischen den Sammlern **52, 54** verlaufen, um dazwischen parallel einen Kühlstrom **56** zu transportieren. Zum Beispiel verlaufen in der in **Fig. 3** veranschaulichten Ausführungsform die Querkanäle **56** quer zwischen dem Einlass- und dem Auslasssammler **52, 54**. Die Querkanäle **56** sind vorzugsweise gerade und verlaufen direkt vom Einlasssammler **52** direkt zum Auslasssammler **54** und funktionieren alle in übereinstimmender oder paralleler Strömung zum Leiten des Kühlmittels axial an dem Heißgasbauteil **50** entlang. Wie dargestellt, sind die Einlass- und Auslasssammler **52, 54** im Substrat **32** ausgebildet und die Querkanäle **56** sind in der einen

oder den mehreren Beschichtungen **42** ausgebildet. Auf wenigstens einem Teil einer Außenfläche **34** des Substrats **32** sind eine oder mehrere Beschichtungen **42** angeordnet. Die eine oder mehreren Beschichtungen **42** sind ausreichend daran befestigt oder damit stoffschlüssig. In dieser speziellen veranschaulichten Ausführungsform ist eine einzelne Beschichtung **42** auf der äußersten Oberfläche **34** des Substrats **32** angeordnet.

[0053] Wie z.B. in **Fig. 3** angedeutet, beinhaltet das Herstellungsverfahren das Bilden von einer oder mehreren Nuten **60** (die teilweise einen Teil der Kanäle **40** definieren und insbesondere die Einlass-, Auslasssammler **52, 54** definieren) in der Außenfläche **34** des Substrats **32**. Das Substrat **32** kann auf eine beliebige konventionelle Weise wie durch Gießen oder maschinelles Bearbeiten hergestellt werden, wobei die eine oder mehreren Nuten **60** geeignetermaßen durch Eingießen oder spanhebendes Einarbeiten in die Außenfläche **34** des Substrats **32** gebildet werden.

[0054] Ein oder mehrere Kühlungsversorgungseinlässe **66** sind vorgesehen, um den einen oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** und speziell die Einlasssammler **52** mit den jeweiligen Innenräumen **38** zu verbinden. Wie in **Fig. 2** gezeigt, hat das Substrat **32** wenigstens einen Innenraum **38**. Es ist zu beachten, dass die in **Fig. 4** gezeigten Kühlungsversorgungseinlässe **66** separate Löcher sind, die sich im gezeigten Querschnitt befinden und nicht durch das Substrat **32** an dem einen oder den mehreren Nuten-Einlasssammlern **52** entlang verlaufen. Die Kühlungsversorgungseinlässe **66** können an jeder beliebigen Stelle und in einem beliebigen gewünschten Muster eingearbeitet werden, das den einen oder die mehreren Einlasssammler **52** mit den jeweiligen Innenräumen **38** verbindet. Insbesondere sind der eine oder die mehreren Kühlungsversorgungseinlässe **66** durch einen Boden **61** einer jeweiligen Nut **62** in dem Substrat **32** ausgebildet. Die Kühlungsversorgungseinlässe **66** können in einem zur lokalen Oberfläche, wie der Innenfläche **36** des Substrats **32**, relevanten normalen Winkel ausgebildet sein, wie in **Fig. 4** am besten dargestellt ist, oder in einem spitzen Winkel (nicht gezeigt) zur lokalen Oberfläche, wie der Innenfläche **36** des Substrats **32**. In einer Ausführungsform können die Kühlungsversorgungseinlässe **66** durch das Substrat **32** hindurch eingegossen oder eingearbeitet sein. Die Kühlungsversorgungseinlässe **66** sind zur Zumessung und Regulierung des Durchsatzes des eingelassenen Kühlmittels zu dem einen oder den mehreren Kühlströmungskanälen **40** bemessen.

[0055] An der Außenfläche **34** des Substrats **32** sind eine oder mehrere Beschichtungen **42** aufgebracht. In einer Ausführungsform werden die eine oder mehreren Beschichtungen **42** nach der Aufbringung wär-

mebehandelt. In einer Ausführungsform werden die eine oder mehreren Beschichtungen **42** auf eine Tiefe von etwa 0,75 Millimeter hergestellt, obwohl es sich versteht, dass die Dicke der einen oder mehreren Beschichtungen **42** konstruktionsabhängig ist und von der erwünschten resultierenden Kühlstrukturgröße bestimmt wird. Das Herstellungsverfahren beinhaltet das Bilden von einer oder mehreren Nuten **62** (welche die Kanäle **40** teilweise definieren) in der einen oder den mehreren Beschichtungen **42**, die auf der Außenfläche **34** des Substrats **32** aufgebracht werden. Die eine oder mehreren Nuten **62** können durch spanhebendes Bearbeiten zum selektiven Entfernen von Teilen der einen oder mehreren Beschichtungen **42** in einer oder mehreren vertikalen und horizontalen Richtungen, ohne in das Substrat **32** einzudringen, gebildet werden. Solange die Maßvorgaben eingehalten werden, können Strukturen in einer beliebigen willkürlichen Geometrie einschließlich rasterartig, mit geraden Nuten, mit gekrümmten Nuten oder dergleichen hergestellt werden. Wie z.B. in **Fig. 3** angedeutet, verläuft jede Nut **62** in Strömungsverbindung mit Einlass-, Auslasssammlern **52**, **54** wenigstens teilweise an der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** entlang. Genauer verläuft jede Nut **62** und der resultierende Kühlströmungskanal **40** quer zwischen dem Einlasssammler **52** und dem Auslasssammler **54**.

[0056] Als nächstes wird eine Deckbeschichtung **44** auf der äußersten Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** aufgebracht. In einer Ausführungsform wird die Deckbeschichtungsschicht **44** nach der Aufbringung wärmebehandelt. In einer Ausführungsform wird die Deckbeschichtungsschicht **44** auf eine Tiefe von etwa 0,75 Millimeter hergestellt, obwohl es sich versteht, dass die Dicke der Deckbeschichtung **44** konstruktionsabhängig ist und von der erwünschten resultierenden Kühlstrukturgröße bestimmt wird.

[0057] Wie in **Fig. 4** am besten veranschaulicht wird, können anschließend an die Aufbringung der Deckbeschichtung **44** auf der äußersten Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** zur Vervollständigung der Kühlstruktur an jedweden Stellen und in jedwedem Muster, wie gewünscht, ein oder mehrere Kühlauslässe **64** durch die Deckbeschichtung **44** (und alle nachfolgend aufgetragenen Beschichtungen) eingearbeitet werden, solange der eine oder die mehreren Kühlauslässe **64** eine Strömungsverbindung mit der Kühlstruktur und insbesondere für den einen oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** bereitstellen. Der eine oder die mehreren Kühlauslässe **64** können zu einer lokalen Oberfläche normal oder abgewinkelt (wie in **Fig. 4** am besten veranschaulicht) sein, einschließlich Formgebung usw. In einer Ausführungsform können nach Bedarf ebenfalls ein oder mehrere Kühlauslässe (nicht gezeigt) durch das Substrat **32** eingearbeitet werden,

um direkt mit der Innenregion **38** des Bauteils **30** in Verbindung zu stehen. In einer Ausführungsform sind die Kühlauslässe **64** als Kühlausstrittlöcher gestaltet. Es versteht sich, dass die Kühlauslässe **64** viele andere Formen, einschließlich Austrittsrinnen, annehmen können, welche die Kühlauslässe mehrerer Kühlströmungskanäle verbinden können. Austrittsrinnen werden in der gemeinsam übertragenen US-Patentschrift Nr. 2011/0145371, R. Bunker et al., „Components with Cooling flow channels and Methods of Manufacture“ beschrieben, die durch Bezugnahme vollumfänglich hierin eingebunden wird.

[0058] In den **Fig. 5** und **Fig. 6**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine andere Ausführungsform eines Heißgasbauteils **70** veranschaulicht, das den Bauteilen **30** bzw. **50** der **Fig. 2** bis **Fig. 4** allgemein ähnlich ist. In dieser spezifischen Ausführungsform beinhaltet das Heißgasbauteil **50** einen oder mehrere Kühlströmungskanäle **40**, die einen Einlasssammler **52**, einen Auslasssammler **54** und Querkanäle **56** definieren. Im Gegensatz zur vorhergehenden Ausführungsform, bei der der Auslasssammler **54** im Substrat **32** ausgebildet war, ist in dieser spezifischen Ausführungsform der Auslasssammler **54** innerhalb der einen oder mehreren Beschichtungen **42** definiert. Die übrigen Teile des Heißgasbauteils **70** bleiben ähnlich definiert wie diejenigen, die bereits mit Bezug auf die **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben wurden. In dieser spezifischen Ausführungsform ist dadurch, dass der Auslasssammler **54** innerhalb der einen oder mehreren Beschichtungen **42** definiert wird, die spanhebende Bearbeitung, die in das Substrat **32** eindringend durchgeführt werden muss, reduziert, was zu einem robusteren Substrat führt.

[0059] Die **Fig. 7** bis **Fig. 10**, auf die jetzt Bezug genommen wird, veranschaulichen eine andere Ausführungsform eines Heißgasbauteils **80**, das den Bauteilen **30**, **50** bzw. **70** der **Fig. 2** bis **Fig. 6** allgemein ähnlich ist. In dieser spezifischen Ausführungsform beinhaltet das Heißgasbauteil **50** einen oder mehrere Kühlströmungskanäle **40**, die einen Einlasssammler **52**, einen innerhalb der einen oder mehreren Beschichtungen **42** definierten Auslasssammler **54** und einen oder mehrere Querkanäle **56** definieren. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Ausführungsformen sind in dieser spezifischen Ausführungsform der eine oder die mehreren Querkanäle **56** allgemein in einer U-förmigen oder gewundenen Konfiguration axial zwischen dem Einlass- und dem Auslasssammler **52**, **54** in aneinander angrenzenden Beschichtungsschichten **42** gestaltet, um in den mehreren Schichten einen gestapelten kontinuierlichen Mikro-Kühlkreislauf **82** zu bilden. In der beispielhaften dargestellten Konfiguration definieren die Querkanäle **56** einen U-förmigen Kanal in aneinander angrenzenden Schichten der einen oder mehreren Beschichtungen **42**,

wie in den dargestellten zwei Beschichtungsschichten **42**.

[0060] In Fig. 8, eine Querschnittansicht entlang der Linie 8-8 von Fig. 7, auf die spezifischer Bezug genommen wird, wird das Substrat **32** veranschaulicht, in dem eine oder mehrere Nuten **60** definiert sind, um den Einlasssammler **52** zu bilden, wie bereits beschrieben. Die Querkanaäle **56** sind in der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** ausgebildet, wobei in einer ersten Beschichtung **42A** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** mehrere Nuten **62** ausgebildet sind und in einer zweiten angrenzenden Beschichtung **42B** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** mehrere Nuten **62** ausgebildet sind. Wie in der Querschnittansicht Fig. 9, entlang der Linie 9-9 von Fig. 7 entnommen, und in der Querschnittansicht Fig. 10, entlang der Linie 10-10 von Fig. 7 entnommen, am besten veranschaulicht wird, definieren die Nuten **62** den einen oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** in Strömungsverbindung bei ihrem Verlauf durch den Schichtenstapel, der aus dem Substrat **32**, der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** und der Deckbeschichtung **44** besteht. Die übrigen Teile des Heißgasbauteils **70** bleiben ähnlich definiert wie die zuvor mit Bezug auf die Fig. 3 bis Fig. 6 beschriebenen. In dieser spezifischen Ausführungsform wird dadurch, dass der Auslasssammler **54** innerhalb der einen oder mehreren Beschichtungen **42** und der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** als gewundene Kanäle durch mehrere Schichten der einen oder mehreren Beschichtungen **42** definiert werden, die spannende Bearbeitung, die in das Substrat **32** eindringend durchgeführt werden muss, reduziert, was zu einem robusteren Substrat führt, und praktisch jede Strukturierung eines gestapelten, kontinuierlichen Mikro-Kühlkreislaufs ist möglich.

[0061] In den bereits offengelegten Ausführungsformen ist das Substrat **32** gewöhnlich ein gegossenes Gebilde, wie in der US-Patentschrift Nr. 5 626 462, Melvin R. Jackson et al., „Double-wall airfoil“ beschrieben, die hierin vollumfänglich eingebunden wird. Das Substrat **32** kann aus einem beliebigen geeigneten Material hergestellt werden. Je nach der vorgesehenen Anwendung für das Bauteil **30** könnte dieses Superlegierungen auf Ni-Basis, Co-Basis und Fe-Basis beinhalten. Die Superlegierungen auf Ni-Basis können diejenigen sein, die sowohl γ -als auch γ' -Phasen enthalten, insbesondere jene Superlegierungen auf Ni-Basis, die γ - und γ' -Phasen enthalten, wobei die γ' -Phase wenigstens 40 Volumen-% der Superlegierung einnimmt. Derartige Legierungen sind aufgrund einer Kombination erwünschter Eigenschaften, einschließlich Hochtemperaturbeständigkeit und Hochtemperatur-Kriechfestigkeit, als vorteilhaft bekannt. Das Substratmaterial kann auch eine intermetallische NiAl-Legierung umfassen, da diese Legierungen bekannterweise auch eine Kombination

von überlegenen Eigenschaften besitzen, darunter Hochtemperaturbeständigkeit und Hochtemperatur-Kriechfestigkeit, die zur Verwendung in Turbinenmaschinenanwendungen, die für Flugzeuge verwendet werden, vorteilhaft sind. Im Fall der Nb-Basis-Legierungen werden beschichtete Nb-Basis-Legierungen bevorzugt, die eine überragende Oxidationsbeständigkeit haben, insbesondere jene Legierungen, die Nb (27–40), Ti (4,5–10,5), Al (4,5–7,9), Cr (1,5–5,5), Hf (0–6)V aufweisen, wobei die Zusammensetzungsbereiche in Atomprozent sind. Das Substratmaterial kann auch eine Legierung auf Nb-Basis umfassen, die wenigstens eine sekundäre Phase enthält, wie z.B. eine Nb-haltige intermetallische Verbindung, die ein Silizid, ein Carbid oder ein Borid aufweist. Derartige Legierungen sind Verbundwerkstoff einer duktilen Phase (d.h. die Legierung auf Nb-Basis) und einer Verstärkungsphase (d.h. eine Nb-haltige intermetallische Verbindung). Für andere Anordnungen umfasst das Substratmaterial eine Legierung auf Molybdänbasis, wie auf Molybdän (Mischkristall) basierende Legierungen mit zweiten Phasen Mo₅SiB₂ und/oder Mo₃Si. Für andere Konfigurationen umfasst das Substratmaterial einen keramischen Faserverbundwerkstoff (CMC) wie eine mit SiC-Fasern verstärkte Siliziumcarbid-(SiC)-Matrix. Für andere Konfigurationen umfasst das Substratmaterial eine intermetallische Verbindung auf Ti-Al-Basis.

[0062] Die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** können mit einer Reihe verschiedener Methoden aufgetragen oder aufgebracht werden. Für besondere Prozesse können die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** durch Durchführen einer Ionen-Plasma-Abscheidung (in der Technik auch als kathodische Lichtbogenabscheidung bekannt) aufgebracht werden. Eine beispielhafte Vorrichtung und ein beispielhaftes Verfahren zur Ionen-Plasma-Abscheidung werden im gemeinsam übertragenen US-Patent Nr. 7,879,203, Weaver et al., „Method and Apparatus for Cathodic Arc Ion Plasma Deposition“ beschrieben, die durch Bezugnahme vollumfänglich hierin eingebunden wird. Kurz, Ionen-Plasma-Abscheiden umfasst das Positionieren einer verbrauchbaren Kathode mit einer Zusammensetzung zur Erzeugung des gewünschten Beschichtungsmaterials in einer Vakuumkammer, Bereitstellen eines Substrats in der Vakuumumgebung, Zuführen eines Stroms zu der Kathode zum Bilden eines Kathodenlichtbogens auf einer Kathodenoberfläche, der zur durch den Lichtbogen veranlassten Erosion von Beschichtungsmaterial von der Kathodenoberfläche führt, und Abscheiden des Beschichtungsmaterials von der Kathode auf der Außenfläche des Substrats.

[0063] Nicht beschränkende Beispiele für eine Beschichtung, die mithilfe von Ionen-Plasma-Abscheidung aufgebracht wird, werden in US-Patent Nr. 5, 626,462 beschrieben. Für gewisse Bauteile im Heiß-

gaspfad weist die Beschichtung eine Legierung auf Nickelbasis oder Kobaltbasis auf und weist insbesondere eine Superlegierung oder eine (NiCo)CrAlY-Legierung auf. Wenn das Substratmaterial eine Superlegierung auf Ni-Basis ist, die γ - und γ' -Phasen enthält, kann die Beschichtung ähnliche Materialzusammensetzungen umfassen, wie unten in US-Patent Nr. 5,626,462 besprochen wird. Für Superlegierungen kann die Beschichtung außerdem Zusammensetzungen auf Basis der γ' -Ni₃Al-Legierungsfamilie umfassen.

[0064] Für andere Prozesskonfigurationen werden die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** aufgebracht, indem wenigstens ein thermisches Spritzverfahren oder ein Kaltgasspritzverfahren durchgeführt wird. Das thermische Spritzverfahren kann beispielsweise Flammsspritzen oder Plasmaspritzen umfassen, wobei das Flammsspritzen Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen unter Verwendung von Sauerstoff (HVOF) oder Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen unter Verwendung von Luft (HVOF) umfassen kann und das Plasmaspritzen das Plasmaspritzen an Atmosphäre (wie Luft oder Schutzgas) oder das Plasmaspritzen unter niedrigem Druck (LLPS, auch als Vakuum-Plasmaspritzen VPS bekannt) umfassen kann. In einem nicht begrenzenden Beispiel wird eine (Ni, Co)CrAlY-Beschichtung durch HVOF oder HVOF aufgebracht. Zu anderen beispielhaften Methoden zum Aufbringen der Beschichtung **42** zählen u. a. Sputtern, Elektronenstrahl-Gasphasenabscheidung, stromloses Abscheiden und galvanisches Beschichten.

[0065] Der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** und insbesondere die eine oder mehreren Nuten **60**, **62** können mit einer beliebigen Zahl verschiedener Formen gestaltet werden. Für die in den **Fig. 3 bis Fig. 10** gezeigte beispielhafte Konfiguration haben der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt. Der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** werden zwar mit geraden Wänden gezeigt, sie können aber jede beliebige Wandgestalt haben, z.B. können sie gerade oder gekrümmt sein. Die Abmessungen der Strömungskanäle **40** in der offengelegten Ausführungsform können in quadratischen oder rechteckigen Profilen von etwa 15 Millizoll oder 0,38 mm bis etwa 60 Millizoll oder etwa 1,5 mm reichen, obwohl diese Offenbarung auch andere geometrische Profile vorsieht. Die Größe des einen oder der mehreren Kühlströmungskanäle **40** sollte klein genug sein, um in die Wand des relativ dünnen Substrats **32** und die eine oder mehreren Beschichtungen **42** zu passen. Der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** sollten groß genug sein, um während des Betriebs die Staubansammlung in ihnen zu minimieren, um ihre vorzeitige Verstopfung bei einer

längeren Betriebsdauer in staubigen Betriebsbedingungen zu verhindern.

[0066] Der eine oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** und insbesondere die eine oder mehreren Nuten **60**, **62** können mithilfe verschiedener Methoden hergestellt werden. Zu beispielhaften Methoden zur Herstellung der einen oder mehreren Nuten **60**, **62** zählen ein abtragender Flüssigkeitsstrahl, wie ein abtragender Wasserstrahl, elektrochemisches Einsstech-Abtragen (ECM), Funkenerodieren (EDM) mit einer rotierenden Elektrode (Senkerodieren mit rotierender Elektrode) und/oder Laserbearbeitung. Beispielhafte Laserbearbeitungsverfahren werden in der gemeinsam übertragenen US-Patentschrift Nr. 2011/0185572, B. Wei et al., „Process and System for Forming Shaped Air Holes“, beschrieben, die durch Bezugnahme vollumfänglich hierin eingebunden wird. Beispielhafte Funkenerosionsmethoden werden in der US-Patentschrift Nr. 2011/0293423, R. Bunker et al., „Articles Which Include Chevron Film Cooling Holes and Related Processes“, beschrieben, die durch Bezugnahme vollumfänglich hierin eingebunden wird.

[0067] Für besondere Prozesskonfigurationen werden die eine oder mehrere Nuten **60**, **62**, die Kühlungsauslässe **64** und die Kühlungsversorgungseinlässe **66** mithilfe eines abtragenden Flüssigkeitsstrahls hergestellt. Beispielhafte Wasserstrahlbohrprozesse und -systeme sind auch in der US-Patentschrift 2011/0293423 vorgesehen. Wie in der US-Patentschrift 2011/0293423 erläutert, nutzt der abtragende Wasserstrahlprozess meist einen Hochgeschwindigkeitsstrahl abtragender Teilchen (z.B. abtragendes „Strahlmittel“), die in einem Hochdruckwasserstrahl suspendiert sind. Der Druck der Flüssigkeit kann beträchtlich variieren, liegt aber oft im Bereich von etwa 35–620 MPa. Eine Anzahl abtragender Materialien kann verwendet werden, wie z.B. Granat, Aluminiumoxid, Siliziumcarbid und Glas-kugeln. Vorteilhafterweise erleichtert die Fähigkeit von Bearbeitungsmethoden mit abtragendem Flüssigkeitsstrahl die stufenweise Entfernung von Material auf verschiedene Tiefen und mit Kontrolle über die Form der bearbeiteten Strukturen. Dies ermöglicht das Bohren der einen oder mehreren inneren Kühlungsversorgungseinlässe **66**, die den einen oder die mehreren Kühlkanäle **40** speisen, als ein gerades Loch mit konstantem Querschnitt, ein geformtes Loch (z.B. ellipsenförmig) oder ein konvergierendes oder divergierendes Loch (nicht gezeigt).

[0068] Außerdem, und wie in der US-Patentschrift 2011/0293423 erläutert, kann das Wasserstrahlssystem eine mehrachsige, von einer computergestützten numerischen Steuerung (CNC) gesteuerte Einheit (nicht gezeigt) beinhalten. Die CNC-Systeme selbst sind in der Technik bekannt und werden zum Beispiel im US-Patent Nr. 7,351,290, S. Rutkowski et al,

„Robotic Pen“, beschrieben, das durch Bezugnahme hierin vollumfänglich eingebunden wird. CNC-Systeme erlauben die Bewegung des spanenden Werkzeugs entlang einer Anzahl von X-, Y- und Z-Achsen sowie den Neigungsachsen.

[0069] Wie bereits angedeutet, kann das Herstellungsverfahren des Weiteren fakultativ das Vorwärmen des Substrats **32** vor oder während der Aufbringung der einen oder mehreren Beschichtungen **42** beinhalten. Des Weiteren kann das Herstellungsverfahren ferner fakultativ eine Wärmebehandlung (z.B. Vakuum-Wärmebehandlung bei 1100°C für zwei Stunden) des Bauteils **30**, **50**, **70**, **80** nach Aufbringung der einen oder der mehreren Beschichtungen **42** beinhalten. Diese Wärmebehandlungsmöglichkeiten können die Haftung der einen oder mehreren Beschichtungen **42** am Substrat verbessern und/oder die Formbarkeit der einen oder mehreren Beschichtungen **42** steigern. Außerdem kann das Herstellungsverfahren des Weiteren fakultativ das Durchführen von einem oder mehreren Kugelstrahlvorgängen beinhalten. Zum Beispiel kann die Außenfläche **34** des Substrats **32** fakultativ kugelgestrahlt werden, bevor die eine oder mehreren Beschichtungen **42** aufgetragen werden. Außerdem kann die äußerste Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** fakultativ einem Kugelstrahlen unterzogen werden, um die Haftfestigkeit der anschließend aufgetragenen Deckbeschichtung **44** zu verbessern. Kugelstrahlvorgänge würden gewöhnlich nach der Wärmebehandlung anstatt unmittelbar vor der Wärmebehandlung durchgeführt werden.

[0070] Wie z.B. in den **Fig. 3** bis **Fig. 10** angedeutet, beinhaltet das Herstellungsverfahren des Weiteren das Anordnen der Deckbeschichtung **44** auf wenigstens einem Teil der äußersten Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42**, um die in der äußersten Schicht oder Oberfläche **46** der einen oder mehreren Beschichtungen **42** gebildeten Nuten **62** zu überbrücken. Es ist zu beachten, dass diese Deckbeschichtung **44** eine oder mehrere verschiedene Beschichtungsschichten umfassen kann. Zum Beispiel kann die Deckbeschichtung **44** eine Deckbeschichtung und/oder fakultativ (eine) zusätzliche Beschichtungsschicht(en) wie Haftvermittlerschichten, Wärmedämmschichten (TBC) und oxidationsbeständige Beschichtungen beinhalten. Für spezielle Konfigurationen kann die Deckbeschichtung **44** eine äußere Beschichtungsschicht aufweisen. Wie z.B. in den **Fig. 3** bis **Fig. 10** angedeutet, können die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** ein Netz von Kühlströmungskanälen **40** einschließlich Kühlauslässe **64** und Kühlungsversorgungs-einlässe **66** zur Kühlung des Bauteils definieren.

[0071] Für besondere Konfigurationen haben die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die äußere

Deckbeschichtung **44** eine kombinierte Dicke im Bereich von 0,1–2,0 Millimeter und insbesondere im Bereich von 0,2 bis 1 Millimeter und noch spezieller 0,2 bis 0,5 Millimeter für industrielle Bauteile. Für Bauteile für die Luftfahrt beträgt dieser Bereich gewöhnlich 0,1 bis 0,25 Millimeter. Je nach den Anforderungen für ein bestimmtes Bauteil **30** können aber auch andere Dicken genutzt werden.

[0072] Die äußere Deckbeschichtung **44** kann mithilfe verschiedener Methoden aufgebracht werden. Beispielhafte Aufbringungsmethoden für die Herstellung von Beschichtungen sind oben zu finden. Zusätzlich zur Deckbeschichtung können unter Verwendung der oben genannten Methoden auch Haftvermittlerschichten, Wärmedämmschichten und oxidationsbeständige Beschichtungen aufgebracht werden.

[0073] Für gewisse Konfigurationen ist der Einsatz von mehreren Aufbringungsmethoden zur Aufbringung der einen oder mehreren Beschichtungen **42** und der äußeren Deckbeschichtung **44** erwünscht. Zum Beispiel kann eine erste Beschichtung **42** mithilfe einer Ionen-Plasma-Abscheidung aufgebracht werden und nachfolgend aufgetragene zusätzliche Beschichtungen **42** oder Deckbeschichtung **44** können mithilfe anderer Methoden wie einem Flamm-spritzprozess oder Plasmaspritzprozess aufgebracht werden. Je nach den verwendeten Werkstoffen kann die Verwendung verschiedener Aufbringungsmethoden für die eine oder mehreren Beschichtungen **42** und die Deckbeschichtung **44** Vorteile bei Eigenschaften, wie u.a. Beanspruchungsfähigkeit, Festigkeit, Haftfestigkeit und/oder Formbarkeit ergeben.

[0074] Wie bereits angedeutet, beinhaltet das Substrat **32** des Weiteren einen oder mehrere Kühlungsversorgungs-einlässe **66**, die von der Innenfläche **36** ausgehend quer oder radial durch es hindurch verlaufen. Mehrere Kühlauslässe **64** verlaufen quer oder radial durch die Deckbeschichtung **44**. Die Kühlungsversorgungs-einlässe **66** und die Kühlauslässe **64** sind in Strömungsverbindung mit dem Netz von Strömungskanälen **40** zum Zuführen eines Kühlungsstroms **58** zu ihm und zum Wegführen des Kühlungsstroms **58** von dort angeordnet.

[0075] In **Fig. 11**, auf die jetzt Bezug genommen wird, ist ein Flussdiagramm dargestellt, das eine Umsetzung eines Verfahrens **100** zur Herstellung eines Bauteils **30**, **50**, **70**, **80** mit einem oder mehreren Kühlströmungskanälen **40** gemäß einer oder mehreren hierin gezeigten oder beschriebenen Ausführungsformen zeigt. Das Verfahren **100** beinhaltet die Herstellung des Bauteils **30**, **50**, **70**, **80**, indem in Schritt **102** anfänglich ein Substrat **32** mit einer oder mehreren in einer äußersten Oberfläche **34** gebildeten Nuten **60** bereitgestellt wird, so dass es schließlich einen oder mehrere Kühlströmungskanäle **40** beinhaltet. Auf der äußersten Oberfläche **34** des Substrats

32 wird in Schritt **104** eine Beschichtung **42** aufgebracht. Die Beschichtung **42** kann vor weiteren Verarbeitungsschritten fakultativ wärmebehandelt werden. Die Beschichtung **42** verschließt die eine oder mehreren im Substrat **32** gebildeten Nuten **60** dicht und definiert einen Teil des einen oder der mehreren Kühlströmungskanäle **40** und insbesondere den Einlasssammler **52** und fakultativ den Auslasssammler **54** im Substrat **32**. Als Nächstes wird in Schritt **106** die Beschichtung **42** bearbeitet, um die Beschichtung **42** in einer oder mehreren vertikalen und horizontalen Richtungen selektiv zu entfernen, um eine oder mehrere Nuten **62** in der Beschichtung **42** zu definieren, ohne in das Substrat **32** einzudringen. Solange Maßvorgaben eingehalten werden, kann die Bearbeitung von Strukturen in einer beliebigen willkürlichen Geometrie einschließlich einer gekrümmten Geometrie konfiguriert werden. Als Nächstes wird in Schritt **108** eine äußerste Deckbeschichtung **44** auf der zuvor aufgetragenen Beschichtungsschicht **42** aufgebracht, um einen Teil von einem oder mehreren Kühlströmungskanälen **40** und insbesondere den einen oder die mehreren Querkanäle **56** und fakultativ den Auslasssammler **54** in der angrenzenden darunterliegenden Beschichtung **42** zu definieren.

[0076] Schließlich werden in einem Schritt **110** ein oder mehrere Kühlauslässe **64** in die äußerste Deckbeschichtung **44** eingearbeitet. Der eine oder die mehreren Kühlauslässe **64** werden an bzw. in beliebigen Stellen und Strukturen in die äußerste Deckbeschichtung **44** eingearbeitet, um eine Strömungsverbindung mit der Kühlstruktur bereitzustellen.

[0077] In einer anderen Ausführungsform können vor der Aufbringung der äußersten Deckbeschichtung **44** in Schritt **108** in Schritt **112** zusätzliche Beschichtungen **42** aufgebracht werden. In den Beschichtungen **42** werden eine oder mehrere Nuten **62** gebildet, wobei die nachfolgende Aufbringung von Beschichtungen **42** in Schritt **114** den einen oder die mehreren Kühlströmungskanäle **40** darinnen definiert. Die Aufbringung von Beschichtungen **42** kann wiederholt und Nuten **62** können darin ausgebildet werden, bis das gewünschte Kühlungsnetz erreicht worden ist. Als Nächstes wird die äußerste Deckbeschichtung **44** wie bereits beschrieben aufgebracht und die Kühlauslässe **64** werden darinnen ausgebildet.

[0078] Nach der Verarbeitung ist das Bauteil **30**, **50**, **70**, **80** mit dem Innenraumdurchgang **38**, dem einen oder den mehreren Kühlauslässe **64** in Strömungsverbindung mit dem inneren Durchgang **38** und dem einen oder den mehreren Kühlströmungskanälen **40**, die im Substrat **32** und der einen oder den mehreren Beschichtungen **42** gebildet und in Strömungsverbindung mit dem einen oder den mehreren in der Deckbeschichtung **44** gebilde-

ten Kühlauslässe **64** sind, bereitgestellt.

[0079] Vorteilhaft sorgen die oben beschriebenen Herstellungsverfahren für eine Verringerung der Zahl von Mikrokanälen, die in das Substrat eines Bauteils eingearbeitet sind, und sehen vor, dass nur diejenigen Strömungskanäle, die als Strömungssammler für das Netz von Kühlströmungskanälen fungieren sollen, im Substrat zu bilden sind, um die übrigen Teile von Strömungskanälen, die in einer oder mehreren Beschichtungen gebildet sind, zu speisen. Durch schichtenweises Anordnen der Kühlströmungskanäle in wenigstens zwei Materialschichten (dem Substrat und der einen oder den mehreren Beschichtungen) kann ein echter Mikro-Kühlkreislauf in der Haut des Bauteils konstruiert werden. Wie bereits beschrieben, ist es in einer Ausführungsform möglich, den Auslasssammler am Endpunkt des einen oder der mehreren in der Beschichtung gebildeten Kühlströmungskanäle wegzulassen, indem zugelassen wird, dass der Kühlauslass entweder ein Satz separater Kühlausstrittslöcher oder ein flacher Graben ist, wobei der Auslass nur von dem einen oder den mehreren in den Beschichtungen gebildeten Kühlströmungskanälen gespeist wird.

[0080] Hierin werden zwar nur gewisse Merkmale der Offenbarung dargestellt und beschrieben, dem Fachmann fallen aber viele Modifikationen und Änderungen ein. Es versteht sich daher, dass die anhängigen Ansprüche alle derartigen Modifikationen und Änderungen abdecken sollen, die in den echten Sinn der Erfindung fallen. Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschließlich der besten Ausführung, zu offenbaren und auch, um einen Fachmann zur Ausübung der Erfindung, einschließlich der Herstellung und Verwendung von Vorrichtungen oder Systemen und der Durchführung eingebundener Verfahren, zu befähigen. Die hierin bereitgestellten repräsentativen Beispiele und Ausführungsformen beinhalten Merkmale, die miteinander und mit den Merkmalen anderer offengelegter Ausführungsformen oder Beispielen zu zusätzlichen Ausführungsformen kombiniert werden können, die noch in den Umfang der vorliegenden Offenbarung fallen. Der patentfähige Umfang der Offenbarung wird von den Ansprüchen definiert und kann andere Beispiele beinhalten, die dem Fachmann einfallen. Es ist vorgesehen, dass derartige weitere Beispiele in den Umfang der Ansprüche fallen, wenn sie Elemente haben, die sich nicht von der wörtlichen Sprache der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente Elemente mit unwesentlichen Unterschieden zu den wörtlichen Sprachen der Ansprüche beinhalten.

[0081] Ein Herstellungsverfahren beinhaltet das Bereitstellen eines Substrats mit einer oder mehreren in ihm gebildeten Nuten. Auf dem Substrat sind eine oder mehrere Beschichtungen mit einer oder meh-

reren in ihnen gebildeten Nuten angeordnet und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten im Substrat. Eine Deckbeschichtung ist auf einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet, die einen oder mehrere in ihr gebildete Kühlauslässe hat und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten in der einen oder den mehreren Beschichtungen ist. Das Substrat, die eine oder mehreren Beschichtungen und die Deckbeschichtung definieren in ihnen ein Kühlungsnetz zum Kühlen eines Bauteils. Ein Bauteil mit einem Kühlnetz, in dem ein Substrat, eine oder mehrere auf wenigstens einem Teil des Substrats angeordnete Beschichtungen und eine Deckbeschichtung, die auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen angeordnet ist, definiert sind.

Bezugszeichenliste

10	Gasturbinensystem
12	Verdichter
14	Brennkammer
16	Turbine
18	Welle
20	Brennstoffdüse
22	
30	Heißgasbauteil
32	Substrat
34	Außenfläche des Substrats
36	Innenfläche des Substrats
38	Hohler Innenraum
40	Kühlkanäle
41	Kühlungsnetz
42	Eine oder mehrere Beschichtungen
44	Zusätzliche Strukturbeschichtung
46	Äußerste Oberfläche von 42
48	
50	Bauteil im Heißgaspfad
52	Einlasssammler
54	Auslasssammler
56	Querkanäle
58	Kühlungsstrom
60	Nuten
61	Boden der Nut 60
62	Nuten
64	Kühlauslässe
65	Äußeres
66	Kühlungsversorgungseinlässe
68	
70	Heißgaspfadbauteil
80	Heißgaspfadbauteil
100	Verfahren
102	Schritt
104	Schritt
106	Schritt
110	Schritt
112	Schritt
114	Schritt

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2011/0145371 [0057]
- US 5626462 [0061, 0063, 0063]
- US 7879203 [0062]
- US 2011/0185572 [0066]
- US 2011/0293423 [0066, 0067, 0067, 0068]
- US 7351290 [0068]

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren (100), umfassend:
 Bereitstellen (102) eines Substrats (32) mit einer Außenfläche (34) und wenigsten einem Innenraum (38) und mit einer oder mehreren in einem Teil des Substrats (32) gebildeten Nuten (60), wobei jede Nut (60) wenigstens teilweise am Substrat (32) entlang verläuft,
 Auftragen (104) von einer oder mehreren Beschichtungen (42) auf wenigstens einem Teil des Substrats (32),
 Bilden (106) von einer oder mehreren Nuten (62) in jeder der einen oder mehreren Beschichtungen (42), wobei jede Nut (62) wenigstens teilweise an der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) entlang und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren Nuten (60) im Substrat (32) verläuft.
 Auftragen (108) einer Deckbeschichtung (44) auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche (46) der einen oder mehreren Beschichtungen (42) und Bilden (110) von einem oder mehreren Kühlungsauslässen (64) in der Deckbeschichtung (44) und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren in der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) gebildeten Nuten (62), wobei das Substrat (32), die eine oder mehreren Beschichtungen (42) und die Deckbeschichtung (44) in ihnen ein Kühlungsnetz (41) zum Kühlen eines Bauteils (30, 50, 70, 80) definieren.

2. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 1, wobei die eine oder mehreren Nuten (62) in der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) jeweils mithilfe von einem oder mehreren der Folgenden gebildet werden: einem abtragenden Flüssigkeitsstrahl, elektrochemischem Einstech-Abtragen (ECM), Funkenrodieren (EDM) mit einer rotierenden Elektrode (Senkerodieren mit rotierender Elektrode) und Laserbearbeitung.

3. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 1, wobei das Kühlungsnetz (41) von einem oder mehreren Kühlströmungskanälen (40) definiert wird, die in dem Substrat (32) und in der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) ausgebildete Teile haben.

4. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 3, wobei das Kühlungsnetz (41) einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen definierte Querkäle (56) beinhaltet und/oder wobei das Kühlungsnetz (41) einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) definierte gewundene Kühlströmungskanäle (40) oder U-förmige Kühlströmungskanäle (40) beinhaltet.

5. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 3, wobei das Kühlungsnetz (41) einen oder mehrere im Substrat (32) definierte Verteiler-Sammler (52, 54) beinhaltet.

6. Herstellungsverfahren, umfassend:
 Bereitstellen eines Substrats mit einer Außenfläche und wenigsten einem Innenraum und mit einer oder mehreren in einem Teil des Substrats gebildeten Nuten, wobei jede Nut wenigstens teilweise am Substrat entlang verläuft,
 Auftragen von einer oder mehreren Beschichtungen auf wenigstens einem Teil des Substrats, um wenigstens einen Verteiler-Sammler im Substrat zu definieren,
 Bilden von einer oder mehreren Nuten in jeder der einen oder mehreren Beschichtungen, wobei jede Nut wenigstens teilweise an der einen oder den mehreren Beschichtungen entlang und in Strömungsverbindung mit dem wenigstens einen Verteiler-Sammler im Substrat verläuft,
 Auftragen einer Deckbeschichtung auf wenigstens einem Teil einer äußersten Oberfläche der einen oder mehreren Beschichtungen und
 Bilden von einem oder mehreren Kühlungsauslässen in der Deckbeschichtung und in Strömungsverbindung mit der einen oder den mehreren in der einen oder den mehreren Beschichtungen ausgebildeten Nuten.

7. Bauteil (30, 50, 70, 80), umfassend:
 ein Substrat (32), das eine Außenfläche (34) und eine Innenfläche (36) aufweist, wobei die Innenfläche (36) wenigstens einen Innenraum (38) definiert, wobei das Substrat (32) eine oder mehrere Nuten (60), die in einem Teil des Substrats (32) gebildet sind, beinhaltet, wobei jede Nut (60) wenigstens teilweise am Substrat (32) entlang verläuft und wobei ein oder mehrere Kühlungsversorgungseinlässe (66) durch einen Boden (61) einer jeweiligen Nut (60) in dem Substrat (32) ausgebildet sind, um die Nut (60) in Strömungsverbindung mit einem Innenraum (38) zu verbinden, eine oder mehrere Beschichtungen (42), die auf wenigstens einem Teil des Substrats (32) angeordnet sind, wobei die eine oder mehreren Beschichtungen (42) eine oder mehrere Nuten (62) in ihnen definieren, wobei jede Nut (62) wenigstens teilweise an der Außenfläche (46) von einer der einen oder mehreren Beschichtungen (42) entlang verläuft, und einer Deckbeschichtung (44), die auf wenigstens einem Teil einer äußersten Beschichtung (46) der einen oder mehreren Beschichtungen (42) angeordnet ist und wobei ein oder mehrere Kühlungsauslässe (44) durch die Deckbeschichtung (44) hindurch ausgebildet sind, um die eine oder mehreren Nuten (62) in der einen oder den mehreren Beschichtungen (42) mit einem Äußeren (65) zu verbinden, wobei das Substrat (32), die eine oder mehreren Beschichtungen (42) und die Deckbeschichtung (44) zusammen ein Kühlungsnetz (41) zum Kühlen definieren, das aus einem oder mehreren Kühlströmungskanälen (40) zum Kühlen des Bauteils (30, 50, 70, 80) besteht.

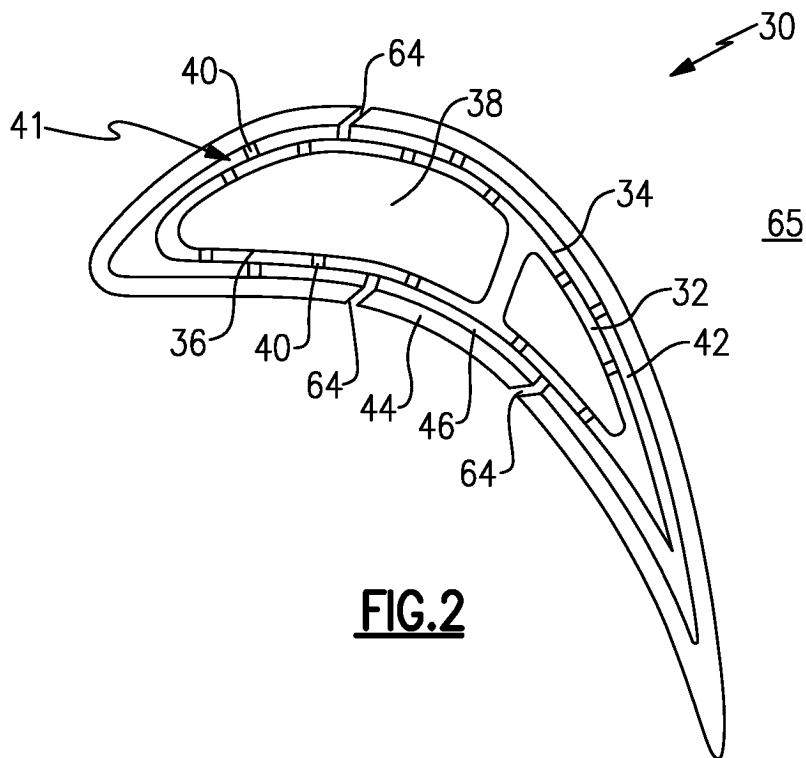
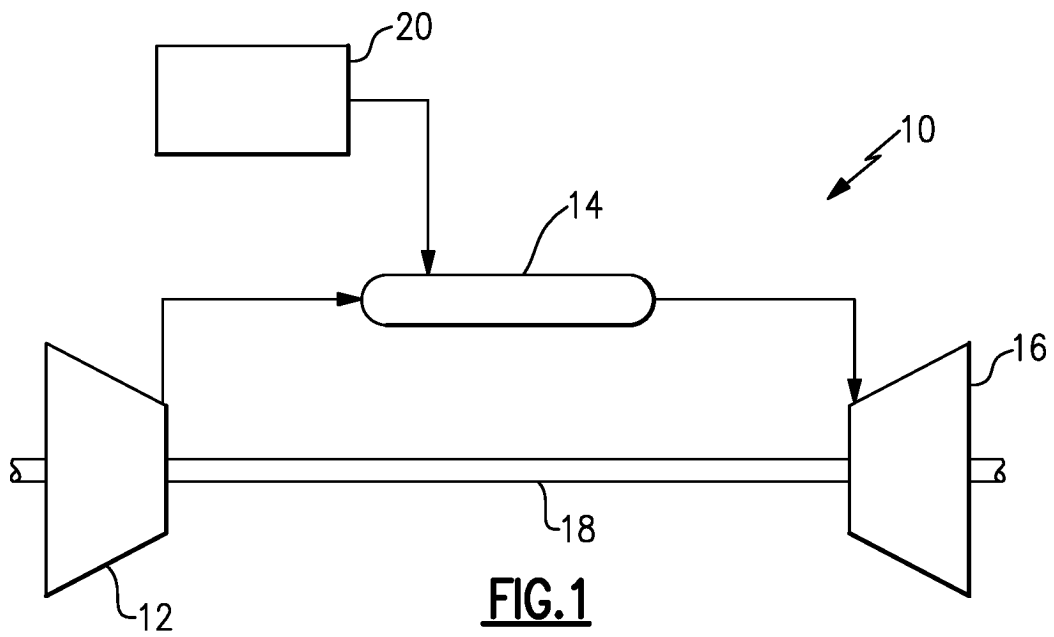
8. Bauteil (**30, 50, 70, 80**) nach Anspruch 7, wobei das Kühlungsnetz (**41**) einen oder mehrere Querkänäle (**56**) beinhaltet, die in der einen oder den mehreren Beschichtungen (**42**) definiert sind.

9. Bauteil (**30, 50, 70, 80**) nach Anspruch 7, wobei das Kühlungsnetz (**41**) einen oder mehrere in der einen oder den mehreren Beschichtungen (**42**) definierte gewundene Kühlströmungskanäle (**40**) oder U-förmige Kühlströmungskanäle (**40**) beinhaltet.

10. Bauteil (**30, 50, 70, 80**) nach Anspruch 7, wobei das Kühlungsnetz (**41**) einen oder mehrere im Substrat (**32**) definierte Verteiler-Sammler (**52, 54**) beinhaltet.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



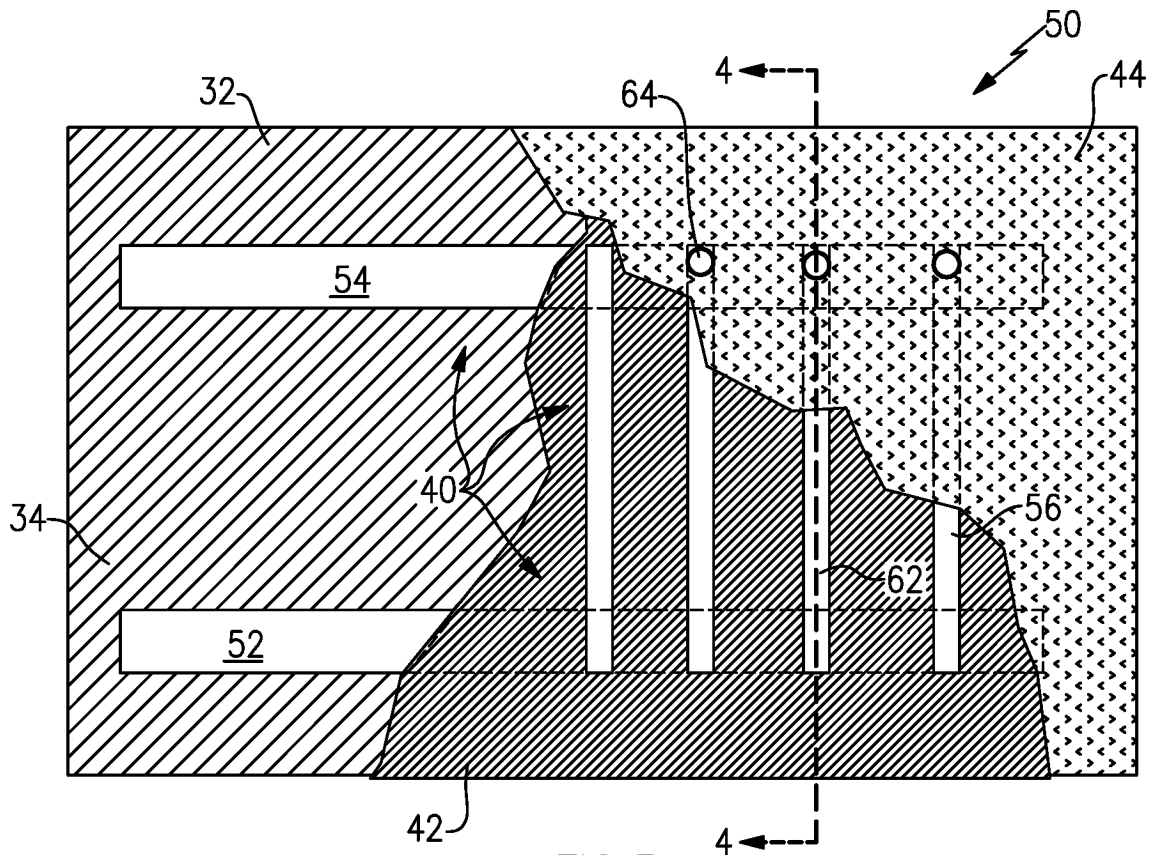


FIG. 3

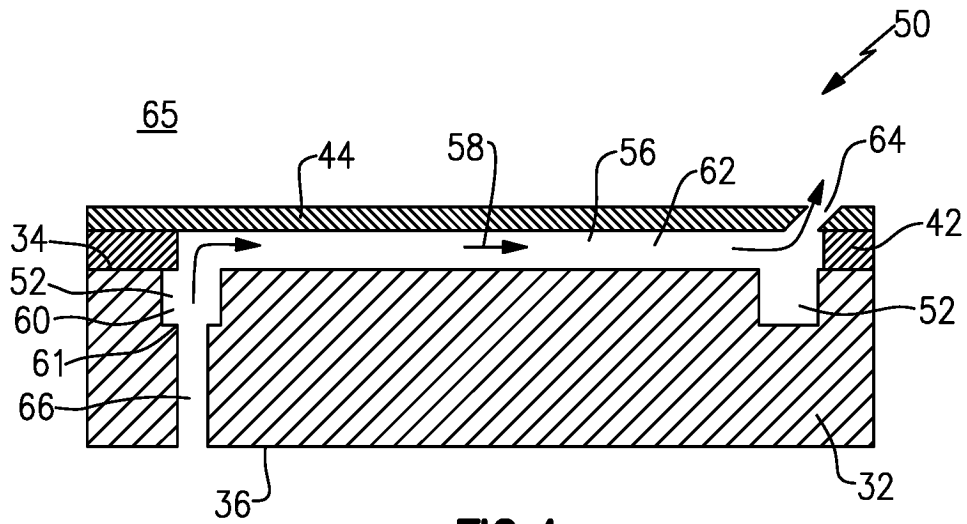


FIG. 4

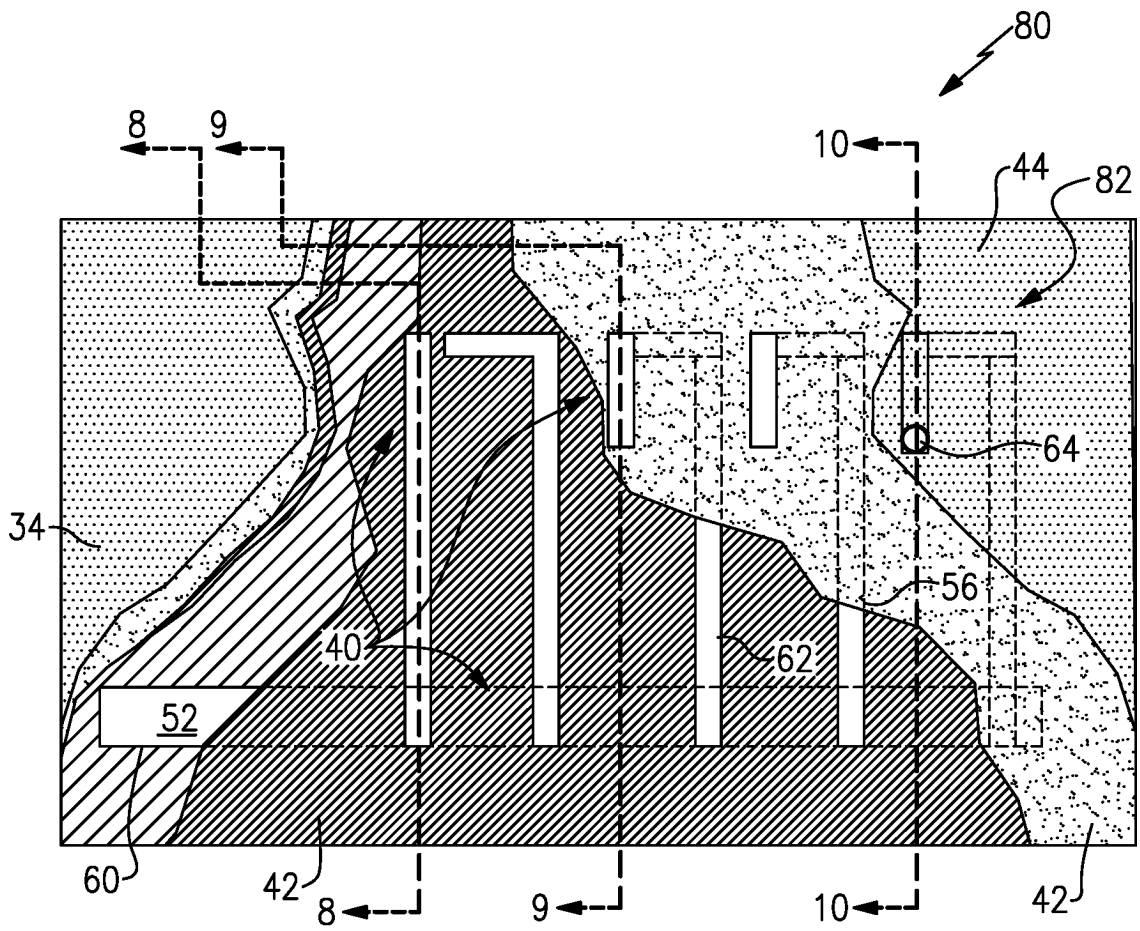


FIG. 7

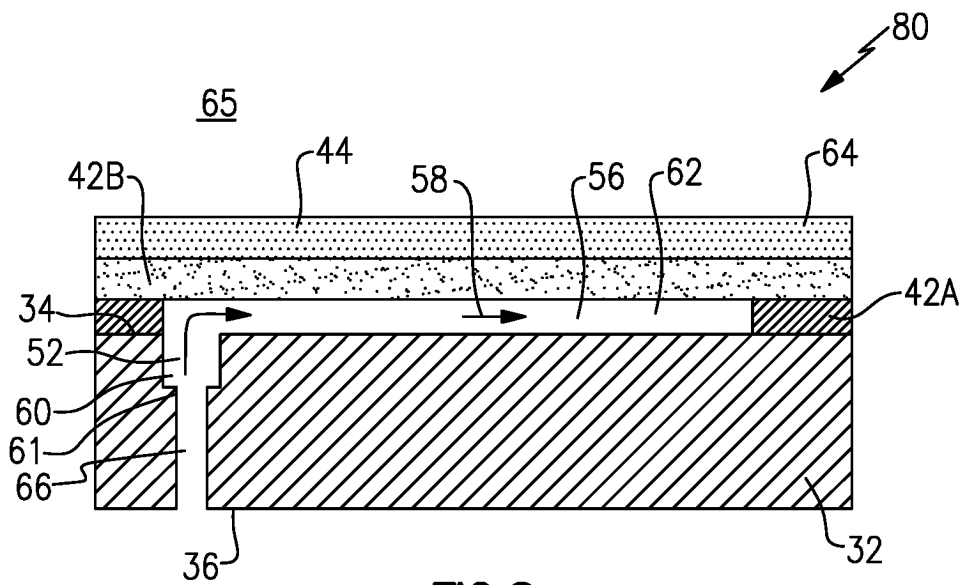


FIG. 8

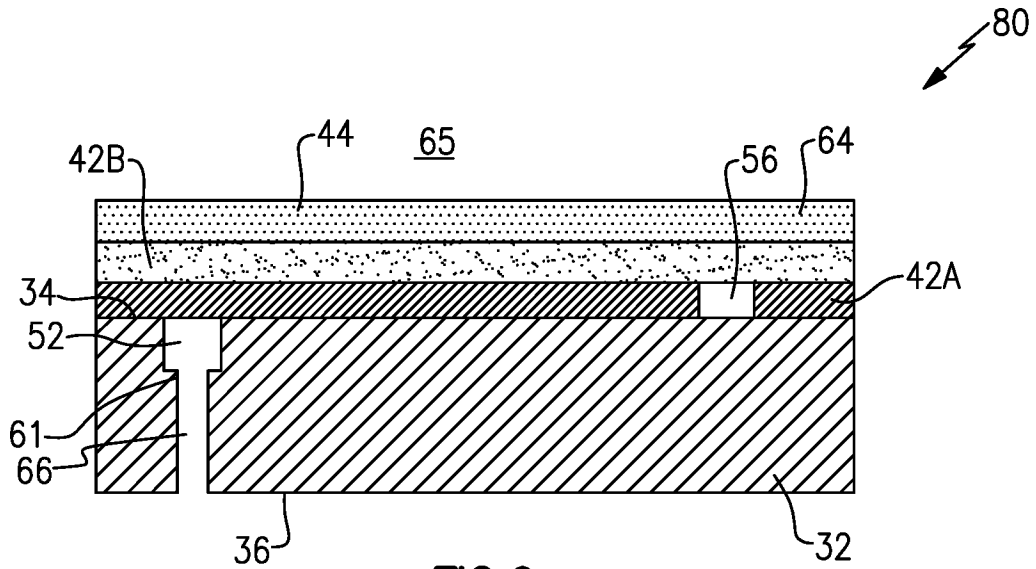


FIG. 9

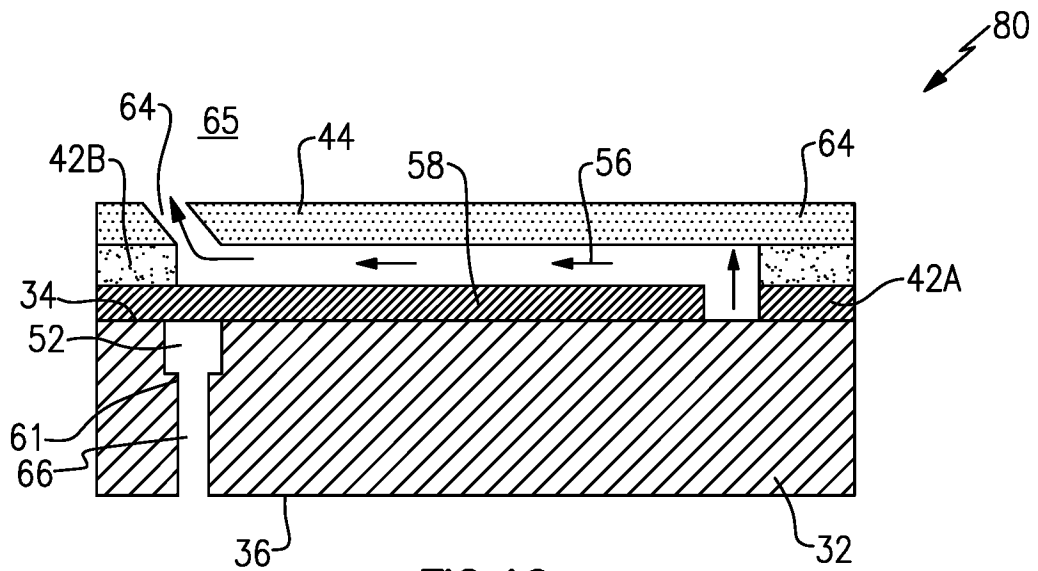
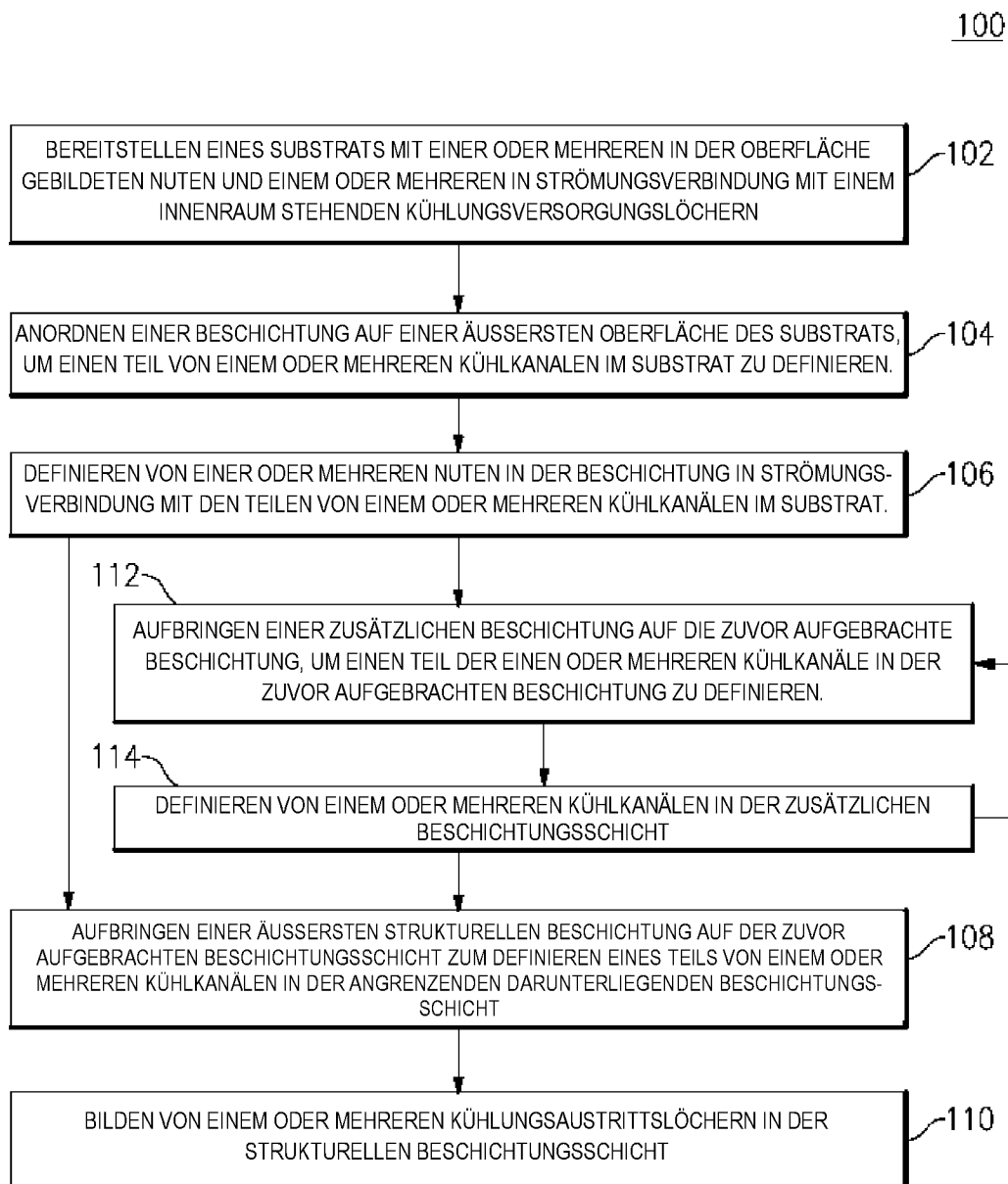


FIG. 10

**FIG. 11**