



(10) **DE 10 2011 050 757 B4** 2024.02.29

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 050 757.4**

(22) Anmeldetag: **31.05.2011**

(43) Offenlegungstag: **16.02.2012**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.02.2024**

(51) Int Cl.: **F23R 3/42 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**12/855,156 12.08.2010 US**

(73) Patentinhaber:  
**General Electric Company, New York, N.Y., US**

(74) Vertreter:  
**Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728 Esslingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Lacy, Benjamin Paul, Greenville, S.C., US;  
Berkman, Mert Enis, Greenville, S.C., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2005 / 0 044 857</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2010 / 0 077 761</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>4 296 606</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Brennkammerflammrohrkühlssystem**

(57) Hauptanspruch: Brennkammerflammrohr (40) für eine Brennkammer (14), das aufweist:  
einen stromaufwärtigen Abschnitt (70) bezogen auf einen durch das Brennkammerflammrohr (40) definierten Heißgaspfad (28) in der Brennkammer (14);  
einen bezogen auf den Heißgaspfad (28) stromabwärtigen Endabschnitt (72), der sich von dem stromaufwärtigen Abschnitt (70) entlang einer im Wesentlichen in einer Längsrichtung verlaufenden Achse (73) der Brennkammer (14) erstreckt, wenn das Brennkammerflammrohr (40) in der Brennkammer (14) montiert ist, wobei der stromabwärtige Endabschnitt (72) eine innere Oberfläche (74) und eine äußere Oberfläche (76) aufweist, wobei die innere Oberfläche (74) mehrere Mikrokanäle (80) aufweist, und der stromaufwärtige Endabschnitt (72) weiterhin mehrere Durchlässe (90) aufweist, die sich zwischen der inneren Oberfläche (74) und der äußeren Oberfläche (76) erstrecken, wobei die mehreren Mikrokanäle (80) in Fluidverbindung mit den mehreren Durchlässen (90) verbunden sind; und

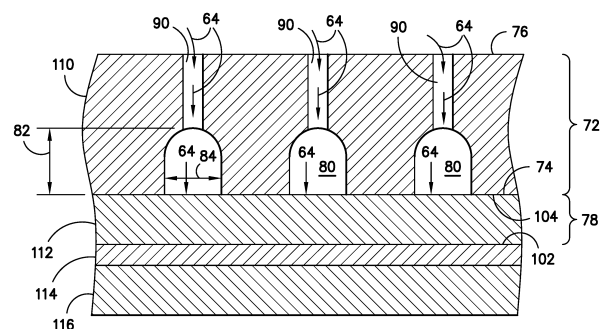
eine Deckschicht (78), die mit der inneren Oberfläche (74) des stromabwärtigen Endabschnitts (72) verbunden ist, wobei die mehreren Mikrokanäle (80) dazu eingerichtet sind, ein Kühlmittel (64) durch sie hindurchzuleiten, das das Flammrohr (40) kühlt;

wobei sich die mehreren Mikrokanäle (80) jeweils in Längsrichtung entlang der inneren Oberfläche (74) erstrecken und die mehreren Mikrokanäle (80) offene Kanäle sind, die in der inneren Oberfläche (74) geformt und ausgebildet sind;

wobei die Deckschicht (78) durch ein auf die innere Oberfläche (74) aufgebracht Material gebildet ist und die Mik-

rokanäle (80) bedeckt; und

wobei die mehreren Durchlässe (90) jeweils unmittelbar in dem Brennkammerflammrohr (40) ausgebildet und mit einem der mehreren Mikrokanäle (80) direkt verbunden sind.



## Beschreibung

**[0001]** Diese Erfindung wurde mit der Unterstützung der Regierung der USA unter der Vertragsnummer DE-FC26-05NT42643 gemacht, die von dem Ministerium für Energie zuerkannt wurde. Die Regierung kann bestimmte Rechte an dieser Erfindung haben.

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0002]** Der hierin offenbarte Gegenstand bezieht sich allgemein auf Gasturbinensysteme und insbesondere auf eine Vorrichtung zum Kühlen eines Flammrohrs in einer Brennkammer eines Gasturbinensystems.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0003]** Gasturbinensysteme werden in Bereichen wie der Energieerzeugung weit verbreitet verwendet. Ein konventionelles Gasturbinensystem enthält einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine. Während des Betriebs des Gasturbinensystems sind verschiedene Komponenten in dem System Strömungen von hoher Temperatur ausgesetzt, die bewirken können, dass die Komponenten ausfallen. Weil Strömungen höherer Temperatur allgemein zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit, einem erhöhten Wirkungsgrad und einer erhöhten Leistungsabgabe des Gasturbinensystems führen, müssen die Komponenten, die Strömungen hoher Temperatur ausgesetzt sind, gekühlt werden, um zu ermöglichen, dass das Gasturbinensystem bei erhöhten Temperaturen betrieben wird.

**[0004]** Eine Gasturbinensystemkomponente, die gekühlt werden sollte, ist die Brennkammerauskleidung bzw. das Flammrohr. Wenn Strömungen hoher Temperatur, die durch die Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemisches in der Brennkammer erzeugt werden, durch die Brennkammer geführt werden, erhitzen die Strömungen hoher Temperatur das Flammrohr, was zu einem Ausfall des Flammrohres führen könnte. Im Einzelnen kann der stromabwärtige Endabschnitt des Flammrohres mit anderen Komponenten der Brennkammer, wie z.B. einem Übergangselement, über eine Dichtung verbunden und demnach nicht den verschiedenen Luftströmungen ausgesetzt sein, die den Rest des Brennkammerflammrohres kühlen können. Dadurch kann der stromabwärtige Endabschnitt ein die Lebensdauer begrenzender Abschnitt des Flammrohres sein, der infolge dessen ausfallen könnte, dass er Strömungen hoher Temperatur ausgesetzt ist. Demnach muss der stromabwärtige Endabschnitt gekühlt werden, um die Lebensdauer des Flammrohres zu erhöhen.

**[0005]** In der Fachwelt sind verschiedene Strategien zum Kühlen des stromabwärtigen Endabschnitts des

Flammrohres einer Brennkammer bekannt. Z.B. kann ein Teil des von dem Verdichter durch Brennstoffdüsen in die Brennkammer hinein gelieferten Luftstroms durch eine ringförmige Umhüllung zu Kanälen geführt werden, die in der äußeren Oberfläche des stromabwärtigen Endabschnittes des Flammrohres ausgebildet sind. Wenn der Luftstrom durch diese Kanäle geleitet wird, kann der Luftstrom den stromabwärtigen Endabschnitt kühlen. Die Kühlung des stromabwärtigen Endabschnittes durch den Luftstrom in diesen Kanälen ist jedoch allgemein durch die Dicke des stromabwärtigen Endabschnittes begrenzt, die die Nähe der Kanäle zu den Strömungen hoher Temperatur innerhalb des Flammrohres verringert, wodurch sich die Kühlwirksamkeit der Kanäle verringert. Weiterhin führt eine Kühlung des Flammrohres durch Kanäle, die in der äußeren Oberfläche des stromabwärtigen Endabschnittes des Flammrohres ausgebildet sind, allgemein zu vergleichsweise geringen Wärmeübergangsraten und ungleichmäßigen Flammrohrtemperaturprofilen.

**[0006]** US 4 296 606 A beschreibt ein laminiertes Flammrohr für eine Brennkammer, das mehrere löchrige konzentrische Schichten umfasst, wobei die äußersten Schichten jeweils an ihren radial inneren Oberflächen mehrere radial nach innen ausgerichtete Stifte enthalten, die zwischeneinander über die inneren Oberflächen ausgebildete Aushöhlungen definieren. Die äußersten Schichten des Flammrohres enthalten Durchlasslöcher, die von den radial äußeren Oberflächen der jeweiligen Schicht zu einigen der Aushöhlungen führen, um diesen Kühlluft von außen zuzuführen, um das Flammrohr zu kühlen. Die Durchlasslöcher einer Schicht sind verteilt und relativ zu anderen Schichten versetzt positioniert. Eine innere Schicht des Flammrohres weist Auslasslöcher auf, die mit den Aushöhlungen der darüberliegenden Schicht in Strömungsverbindung stehen, um Kühlluft von diesen zu empfangen und in die durch das Flammrohr begrenzte Verbrennungskammer auszugeben.

**[0007]** US 2010 / 0 077 761 A1 beschreibt ein Brennkammerflammrohr, das an seinem mit dem Übergangsstück verbundenen stromabwärtigen Endabschnitt in Längsrichtung des Flammrohres verlaufende Kanäle aufweist, die in der radial äußeren Flammrohrroberfläche ausgebildet sind, um Kühlluft zu empfangen und entlang des Flammrohres zu leiten. An der radial äußeren Flammrohrroberfläche ist ein Dichtungsträger für eine zwischen dem stromabwärtigen Flammrohrende und dem stromaufwärtigen Übergangsstückende eingefügte Hula-Dichtung montiert. Der Dichtungsträger weist eine Reihe radialer Durchlässe auf, die als Prallöffnungen dienen, um Verdichterauslassluft hindurchzuleiten und zur Prallkühlung des Flammrohres auf dessen radial äußere Oberfläche aufprallen zu lassen. Die Prallluft wird anschließend entlang der Kanäle in der äußeren

Flammrohroberfläche geleitet, um das Flammrohr weiter konvektiv zu kühlen, und die verbrauchte Kühlluft wird in die Verbrennungskammer ausgegeben.

**[0008]** US 2005 / 0 044 857 A1 beschreibt eine Brennkammer mit schraubenförmigen Kühlluftkanälen, die zwischen dem eine Verbrennungskammer definierenden Flammrohr und einer das Flammrohr umgebenden Außenwand der Brennkammer ausgebildet sind.

**[0009]** Demnach wäre in der Fachwelt ein verbessertes Kühlsystem für ein Flammrohr einer Brennkammer erwünscht. Z.B. wäre ein Kühlsystem vorteilhaft, das relativ hohe Wärmeübergangsraten und relativ gleichmäßige Temperaturprofile in dem stromabwärtigen Endabschnitt des Flammrohres liefert. Außerdem wäre ein Kühlsystem für ein Flammrohr wünschenswert, das das Ausmaß der Kühlströmung verringert, die zum Kühlen des Flammrohres benötigt wird.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Aspekte und Vorteile der Erfindung sind in der folgenden Beschreibung zum Teil dargelegt oder können aus der Beschreibung offensichtlich sein oder durch eine praktische Umsetzung der Erfindung in Erfahrung gebracht werden.

**[0011]** Gemäß der Erfindung ist ein Brennkammerflammrohr für eine Brennkammer geschaffen. Das Brennkammerflammrohr enthält einen stromaufwärtigen Abschnitt bezogen auf einen durch das Brennkammerflammrohr definierten Heißgaspfad in der Brennkammer, einen bezogen auf den Heißgaspfad stromabwärtigen Endabschnitt, der sich von dem stromaufwärtigen Abschnitt entlang einer allgemein in Längsrichtung verlaufenden Achse der Brennkammer erstreckt, wenn das Brennkammerflammrohr in der Brennkammer montiert ist, und eine Deckschicht, die mit einer inneren Oberfläche des stromabwärtigen Endabschnitts verbunden ist. Der stromabwärtige Endabschnitt weist die innere Oberfläche und eine äußere Oberfläche auf, wobei die innere Oberfläche mehrere Mikrokanäle bildet. Der stromabwärtige Endabschnitt bildet weiterhin mehrere Durchlässe, die sich zwischen der inneren Oberfläche und der äußeren Oberfläche erstrecken. Die mehreren Mikrokanäle stehen in Strömungsverbindung mit den mehreren Durchlässen und sind zum Führen eines Kühlmittels durch sie hindurch eingerichtet, das das Flammrohr kühlt. Erfindungsgemäß erstrecken sich die mehreren Mikrokanäle jeweils in Längsrichtung entlang der inneren Oberfläche, wobei die mehreren Mikrokanäle offene Kanäle sind, die in der inneren Oberfläche geformt und ausgebildet sind, wobei die Deckschicht durch ein auf die innere Oberfläche aufgebrachtes Material gebil-

det ist und die Mikrokanäle bedeckt und wobei die mehreren Durchlässe jeweils unmittelbar in dem Brennkammerflammrohr ausgebildet und mit einem der mehreren Mikrokanäle direkt verbunden sind.

**[0012]** Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden unter Bezug auf die folgende Beschreibung und die beigefügten Ansprüche besser verstanden. Die beigefügten Zeichnungen, die in diese Anmeldung einbezogen sind und einen Teil derselben bilden, stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und dienen gemeinsam mit der Beschreibung zur Erläuterung der Prinzipien der Erfindung.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** Eine vollständige und vorbereitende Offenbarung der vorliegenden Erfindung, die die beste Art derselben enthält und an einen Fachmann gerichtet ist, ist in der Beschreibung dargelegt, die auf die beigefügten Figuren Bezug nimmt:

**Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems;

**Fig. 2** ist eine seitliche Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels verschiedener Komponenten des Gasturbinensystems der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 3** ist eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 4** ist eine perspektivische Explosionsansicht eines anderen Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 5** ist eine perspektivische Explosionsansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 7** ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 8** ist eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 9** ist eine Schnittansicht eines anderen Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnitts des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung; und

**Fig. 10** ist eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des stromabwärtigen Endabschnittes des Flammrohres der vorliegenden Offenbarung.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0014]** Nun wird im Einzelnen auf Ausführungsformen der Erfindung Bezug genommen, von denen ein oder mehrere Beispiele in den Zeichnungen dargestellt sind. Jedes Beispiel wird nur zum Zwecke der Erläuterung der Erfindung, aber nicht zur Beschränkung der Erfindung gegeben. Tatsächlich wird für Fachleute ersichtlich, dass an der vorliegenden Erfindung vielfältige Abwandlungen und Änderungen vorgenommen werden könnten, ohne von dem Bereich oder Geist der Erfindung abzuweichen. Z.B. könnten Merkmale, die als Teil eines Ausführungsbeispiels dargestellt oder beschrieben sind, auch mit einem anderen Ausführungsbeispiel verwendet werden, um noch eine weitere Ausführungsform zu ergeben. Demnach ist beabsichtigt, dass die vorliegende Erfindung derartige Abwandlungen und Änderungen einschließt, sofern sie in den Bereich der beigefügten Ansprüche und ihrer Äquivalente fallen.

**[0015]** **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Gasturbinensystems 10. Das System 10 kann einen Verdichter 12, eine Brennkammer 14, eine Turbine 16 und eine Brennstoffdüse 20 enthalten. Weiterhin kann das System 10 eine Anzahl von Verdichtern 12, Brennkammern 14, Turbinen 16 und Brennstoffdüsen 20 enthalten. Der Verdichter 12 und die Turbine 16 können durch eine Welle 18 gekoppelt sein. Die Welle 18 kann eine Einzelwelle oder eine Anzahl von Wellensegmenten sein, die miteinander verbunden sind, um die Welle 18 zu bilden.

**[0016]** Das Gasturbinensystem 10 kann einen flüssigen oder einen gasförmigen Brennstoff, wie z.B. Erdgas oder ein wasserstoffreiches Synthesegas verwenden, um das System 10 zu betreiben. Die Brennstoffdüsen 20 können z.B. einen zugeführten Brennstoff 22 und ein oxidierendes Medium 24 (siehe **Fig. 2**) aus dem Verdichter 12 aufnehmen, den zugeführten Brennstoff 22 mit dem oxidierenden Medium 24 mischen, um ein Kühlmittel-Brennstoff-Gemisch zu bilden, und das Kühlmittel-Brennstoff-Gemisch in die Brennkammer 14 abgeben. Das oxidierende Medium 24 kann in beispielhaften Ausführungsformen Luft sein. Es sollte jedoch erkannt werden, dass das oxidierende Medium 24 der vorliegenden Offenbarung nicht auf Luft beschränkt ist, sondern irgendein geeignetes Fluid sein könnte. Das von der Brennkammer 14 aufgenommene Kühlmittel-Brennstoff-Gemisch kann innerhalb der Brennkammer 14 verbrennen, wodurch ein heißes unter Druck stehendes Abgas oder ein Heißgasstrom 26

erzeugt wird. Die Brennkammer 14 kann den Heißgasstrom 26 durch einen Heißgaspfad 28 in der Brennkammer 14 in die Turbine 16 hinein leiten. Wenn der Heißgasstrom 26 durch die Turbine 16 hindurch tritt, kann die Turbine 16 die Welle 18 in eine Drehbewegung versetzen. Die Welle 18 kann mit verschiedenen Komponenten des Turbinensystems 10 einschließlich dem Verdichter 12 verbunden sein. Demnach kann die Drehung der Welle 18 den Verdichter 12 in Betrieb setzen, wodurch das oxidierende Medium 24 verdichtet wird.

**[0017]** Dadurch kann das oxidierende Medium 24 im Betrieb in das Turbinensystem 10 eintreten und in dem Verdichter 12 unter Druck gesetzt werden. Das oxidierende Medium 24 kann danach in der Brennkammer 14 zur Verbrennung mit zugeführtem Brennstoff 22 gemischt werden. Die Brennstoffdüsen 20 können z.B. ein Brennstoff-Kühlmittel-Gemisch in einem geeigneten Verhältnis für eine optimale Verbrennung, optimale Emissionen, optimalen Brennstoffverbrauch und optimale Leistungsabgabe in die Brennkammer 14 einleiten. Die Verbrennung kann einen Heißgasstrom 26 erzeugen, der der Turbine 16 durch die Brennkammer 14 zugeführt werden kann.

**[0018]** Wie in **Fig. 2** dargestellt, ist die Brennkammer allgemein in Strömungsverbindung mit dem Verdichter 12 und der Turbine 16 verbunden. Der Verdichter 12 kann einen Diffusor 30 und eine Austrittskammer 32 enthalten, die miteinander in Strömungsverbindung verbunden sind, um die Führung des oxidierenden Mediums 24 zu der Brennkammer 14 zu ermöglichen. Nachdem das oxidierende Medium 24 in dem Verdichter 12 verdichtet worden ist, kann es z.B. durch den Diffusor 30 strömen und der Austrittskammer 32 zugeführt werden. Das oxidierende Medium 24 kann danach aus der Austrittskammer 32 durch die Brennstoffdüsen 20 zu der Brennkammer 14 strömen.

**[0019]** Die Brennkammer 14 kann eine Deckplatte 34 an dem stromaufwärtigen Ende der Brennkammer 14 aufweisen. Die Deckplatte 34 kann wenigstens teilweise die Brennstoffdüsen 20 halten und einen Pfad schaffen, durch den oxidierendes Medium 24 und zugeführter Brennstoff 22 zu den Brennstoffdüsen 20 geleitet werden können.

**[0020]** Die Brennkammer kann eine hohle ringförmige Wand aufweisen, die zum Bereitstellen von oxidierendem Medium 24 eingerichtet ist. Die Brennkammer 14 kann z.B. ein Flammrohr 40 aufweisen, das in einer Strömungshülse 42 angeordnet ist. Die Anordnung des Flammrohres 40 und der Strömungshülse 42, wie sie in **Fig. 2** gezeigt ist, ist allgemein konzentrisch und kann dazwischen einen Ringkanal oder Strömungspfad 44 bilden. In bestimmten Ausführungsbeispielen können die Strömungshülse 42

und das Flammrohr 40 eine erste oder stromaufwärtige hohle ringförmige Wand der Brennkammer 14 bilden. Die Strömungshülse 42 kann eine Anzahl von Einlässen 46 aufweisen, die einen Strömungspfad für wenigstens einen Teil des oxidierenden Mediums 24 von dem Verdichter 12 durch die Austrittskammer 32 in den Strömungspfad 44 hinein schaffen. Mit anderen Worten kann die Strömungshülse 42 mit einem Muster von Öffnungen perforiert sein, um eine perforierte ringförmige Wand zu bilden. Das Innere des Flammrohres 40 kann eine im Wesentlichen zylindrische oder ringförmige Verbrennungskammer 48 bilden und wenigstens teilweise den Heißgaspfad 28 bilden, durch den der Heißgasstrom 26 geleitet werden kann.

**[0021]** Stromabwärts von dem Flammrohr 40 und der Strömungshülse 42 kann eine Prallhülse 50 mit der Strömungshülse 42 verbunden sein. Die Strömungshülse 42 kann einen Befestigungsflansch 52 aufweisen, der zur Aufnahme eines Befestigungselementes 54 der Prallhülse 50 eingerichtet ist. Ein Übergangselement 56 kann innerhalb der Prallhülse 50 angeordnet sein, so dass die Prallhülse 50 das Übergangselement 56 umgibt. Eine konzentrische Anordnung der Prallhülse 50 und des Übergangselementes 56 kann einen Ringkanal oder Strömungspfad 58 zwischen diesen bilden. Die Prallhülse 50 kann eine Anzahl von Einlässen 60 aufweisen, die einen Strömungspfad für wenigstens einen Teil des oxidierenden Mediums 24 von dem Verdichter 12 durch die Austrittskammer 32 in den Strömungspfad 58 hinein schaffen. Mit anderen Worten kann die Prallhülse 50 mit einem Muster von Öffnungen perforiert sein, um eine perforierte ringförmige Wand zu bilden. Ein innerer Hohlraum 62 des Übergangselementes 56 kann weiterhin den Heißgaspfad 28 bilden, durch den der Heißgasstrom 26 aus der Verbrennungskammer 48 in die Turbine 16 hinein geleitet werden kann.

**[0022]** Wie gezeigt, ist der Strömungspfad 58 in Fluidverbindung mit dem Strömungspfad 44 verbunden. Demnach bilden die Strömungspfade 44 und 58 gemeinsam einen Strömungspfad, der dazu eingerichtet ist, oxidierendes Medium 24 aus dem Verdichter 12 und der Austrittskammer 32 den Brennstoffdüsen 20 zuzuführen, wobei die Brennkammer 14 auch gekühlt wird.

**[0023]** Wie oben erläutert, kann das Turbinensystem 10 im Betrieb ein oxidierendes Medium 24 ansaugen und das oxidierende Medium 24 dem Verdichter 12 zuführen. Der Verdichter 12, der durch die Welle 18 angetrieben wird, kann rotieren und das oxidierende Medium 24 verdichten. Das verdichtete oxidierende Medium 24 kann danach in den Diffusor 30 abgegeben werden. Der Großteil des verdichteten oxidierenden Mediums 24 kann danach von dem Verdichter 12 über den Diffusor 30 durch die Aus-

trittskammer 32 in die Brennkammer 14 hinein abgegeben werden. Außerdem kann ein (nicht gezeigter) kleiner Teil des verdichteten oxidierenden Mediums 24 zum Kühlen anderer Komponenten der Turbinenanlage 10 stromabwärts geleitet werden.

**[0024]** Ein Teil des verdichteten oxidierenden Mediums 24 innerhalb der Austrittskammer 32 kann über die Einlässe 60 in den Strömungspfad 58 einströmen. Wie unten erläutert, kann ein Teil des oxidierenden Mediums 24, das als ein Kühlmittel 64 dargestellt ist, aus dem Strömungspfad 58 zu dem Flammrohr 40 geleitet werden und zum Kühlen des Flammrohres 40 dienen. Das restliche oxidierende Medium 24 in dem Strömungspfad 58 kann danach stromaufwärts durch den Strömungspfad 44 geführt werden, so dass das oxidierende Medium 24 über das Flammrohr 40 geleitet wird. Demnach wird durch den (aus der Prallhülse 50 und dem Übergangselement 56 gebildeten) Strömungspfad 58 und den (aus der Strömungshülse 42 und dem Flammrohr 40 gebildeten) Strömungspfad 44 ein Strömungspfad in der stromaufwärtigen Richtung gebildet. Dementsprechend kann der Strömungspfad 44 sowohl aus dem Strömungspfad 58 als auch aus den Einlässen 46 oxidierendes Medium 24 aufnehmen. Das oxidierende Medium 24 kann danach durch den Strömungspfad 44 stromaufwärts zu den Brennstoffdüsen 20 geleitet werden, wo das oxidierende Medium 24 mit dem zugeführten Brennstoff 22 gemischt und innerhalb der Verbrennungskammer 48 gezündet werden kann, um den Heißgasstrom 26 zu erzeugen. Der Heißgasstrom 26 kann danach durch die Verbrennungskammer 48 entlang dem Heißgaspfad 28 in den Übergangselementhohlraum 62 und durch eine Turbinendüse 66 zu der Turbine 16 geleitet werden.

**[0025]** Die Fig. 3 bis 7 stellen perspektivische Ansichten verschiedener Ausführungsbeispiele von Abschnitten des Flammrohres 40 gemäß der vorliegenden Offenbarung dar. Das Flammrohr 40 kann allgemein einen stromaufwärtigen Abschnitt 70 und einen stromabwärtigen Endabschnitt 72 aufweisen, der sich von dem stromaufwärtigen Abschnitt 70 entlang einer allgemein in Längsrichtung verlaufenden Achse 73 erstreckt. Der stromabwärtige Endabschnitt 72 kann derjenige Teil des Flammrohres 40 sein, der mit dem Übergangselement 56 verbunden ist. Weiterhin kann der stromabwärtige Endabschnitt 72 eine innere Oberfläche 74 und eine äußere Oberfläche 76 aufweisen. Die innere Oberfläche 74 kann diejenige Oberfläche sein, die allgemein zu dem Heißgaspfad 28 gehört, während die äußere Oberfläche 76 diejenige Oberfläche sein kann, die allgemein dem Übergangselement 56 zugeordnet ist. Es sollte erkannt werden, dass der stromaufwärtige Abschnitt 70 und der stromabwärtige Endabschnitt 72 einen beliebigen geeigneten Aufbau, wie z.B. beliebige geeignete Längen, Radien und sich verjüngende

oder sich nicht verjüngende Abschnitte aufweisen können.

**[0026]** Das Flammrohr 40 gemäß der vorliegenden Offenbarung kann weiterhin eine Deckschicht 78 aufweisen. Die Deckschicht kann mit der inneren Oberfläche 74 des stromabwärtigen Endabschnittes 72 verbunden sein, wie es unten erläutert ist.

**[0027]** Die innere Oberfläche 74 des stromabwärtigen Endabschnittes 72 kann eine Anzahl von Mikrokanälen 80 bilden. Die Mikrokanäle 80 können dazu eingerichtet sein, ein Kühlmittel 64 durch sie hindurchströmen zu lassen, das den stromabwärtigen Endabschnitt 72 und das Flammrohr im Allgemeinen kühlt. Die Mikrokanäle 80 können z.B. allgemein offene Kanäle sein, die an der inneren Oberfläche 74 geformt und ausgebildet sind. Außerdem kann die mit der inneren Oberfläche 74 verbundene Deckschicht 78 die Mikrokanäle 80 bedecken und in beispielhaften Ausführungsformen weiter ausbilden. Das durch die Mikrokanäle 80 geleitete Kühlmittel 64 kann wie unten erläutert durch die Mikrokanäle 80 zwischen der inneren Oberfläche 74 und der Deckschicht 78 hindurch strömen, wobei es das den stromabwärtigen Endabschnitt 72 und die Deckschicht 78 kühlt, und kann danach aus den Mikrokanälen 80 abgegeben werden, wie es unten erläutert ist. Die Mikrokanäle 80 können in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 z.B. durch Laserbearbeitung, Wasserstrahlbearbeitung, elektrochemische Bearbeitung (ECM), Funkenerodieren (EDM), Photolithographie oder ein beliebiges anderes Verfahren gebildet sein, das zur Schaffung geeigneter Mikrokanäle 80 mit angemessenen Maßen und Toleranzen geeignet ist.

**[0028]** Die Mikrokanäle 80 können Tiefen 82 in dem Bereich von etwa 0,2 mm bis etwa 3 mm, wie z.B. von etwa 0,5 mm bis etwa 1 mm aufweisen. Weiterhin können die Mikrokanäle 80 Breiten 84 in dem Bereich von etwa 0,2 mm bis etwa 3 mm, wie z.B. von etwa 0,5 mm bis etwa 1 mm aufweisen. Weiterhin können die Mikrokanäle 80 Längen 86 aufweisen. Die Längen 86 der Mikrokanäle 80 können etwa gleich der Länge des stromabwärtigen Endabschnittes 72 oder kleiner oder größer als die Länge des stromabwärtigen Endabschnittes 72 sein. Es sollte weiterhin erkannt werden, dass die Tiefen 82, die Breiten 84 und die Längen 86 der Mikrokanäle 80 für die einzelnen Mikrokanäle 80 nicht identisch zu sein brauchen, sondern zwischen den Mikrokanälen 80 variieren können.

**[0029]** In einer beispielhaften Ausführungsform kann die Tiefe 82 jedes der mehreren Mikrokanäle 80 über die Länge 86 des Mikrokanals 80 hinweg im Wesentlichen konstant sein. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform könnte sich die Tiefe 82 jedes einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 jedoch

verjüngen. Die Tiefe 82 der einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 könnte z.B. über die Länge 86 des Mikrokanals 80 in der Strömungsrichtung des Kühlmittels 64 durch den Mikrokanal 80 verringert werden. Alternativ könnte die Tiefe 82 der einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 über die Länge 86 des Mikrokanals 80 in der Strömungsrichtung des Kühlmittels durch den Mikrokanal 80 vergrößert werden. Es sollte erkannt werden, dass sich die Tiefe 82 jedes der mehreren Mikrokanäle 80 in einer beliebigen Weise über die Länge 86 des Mikrokanals 80 hinweg ändern kann, indem sie verringert oder vergrößert wird, wie es erwünscht ist. Weiterhin sollte erkannt werden, dass verschiedene Mikrokanäle 80 im Wesentlichen konstante Tiefen 82 aufweisen können, während andere Mikrokanäle sich verjüngende Tiefen 82 aufweisen können.

**[0030]** In einer beispielhaften Ausführungsform kann die Breite 84 jedes einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 über die Länge 86 des Mikrokanals 80 hinweg im Wesentlichen konstant sein. In einer anderen beispielhaften Ausführungsform kann die Breite 84 jedes der mehreren Mikrokanäle 80 sich jedoch verjüngen. Die Breite 84 eines einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 kann z.B. über die Länge 86 des Mikrokanals 80 in der Strömungsrichtung des Kühlmittels 64 durch den Mikrokanal 80 verringert werden. Alternativ könnte die Breite 84 jedes einzelnen der mehreren Mikrokanäle 80 über die Länge 86 des Mikrokanals 80 in der Strömungsrichtung des Kühlmittels 64 durch den Mikrokanal 80 auch vergrößert werden. Es sollte erkannt werden, dass die Breite 84 jedes der mehreren Mikrokanäle 80 über die Länge 86 des Mikrokanals 80 hinweg auf beliebige Art variieren kann, indem sie verkleinert und vergrößert wird, wie es erwünscht ist. Weiterhin sollte erkannt werden, dass verschiedene Mikrokanäle 80 im Wesentlichen konstante Breiten 84 aufweisen können, während andere Mikrokanäle 80 sich verjüngende Breiten 84 aufweisen können.

**[0031]** Die Mikrokanäle 80 können Querschnitte mit einer beliebigen geometrischen Form, wie z.B. einer rechteckigen, ovalen, dreieckigen oder irgendeiner anderen geometrischen Form aufweisen, die zum Zuführen des Stroms von Kühlmittel 64 durch den Mikrokanal 80 geeignet ist. Es sollte erkannt werden, dass einige Mikrokanäle 80 Querschnitte mit bestimmten geometrischen Formen aufweisen können, während andere Mikrokanäle 80 Querschnitte mit vielfältigen anderen geometrischen Formen aufweisen könnten.

**[0032]** In bestimmten Ausführungsformen können sich die Mikrokanäle 80 bezogen auf die Längsachse 73 geradlinig durch den stromabwärtigen Endabschnitt 72 hindurch erstrecken. Alternativ können sich die Mikrokanäle 80 bezogen auf die Längsachse 73 schraubenförmig um den stromabwärtigen End-

abschnitt 72 erstrecken. In weiteren alternativen Ausführungsformen können die Mikrokanäle 80 allgemein gekrümmte, sinusförmige oder schlangenförmige Mikrokanäle 80 sein.

**[0033]** In beispielhaften Ausführungsformen kann jeder der mehreren Mikrokanäle 80 eine im Wesentlichen glatte Oberfläche aufweisen. Die Oberfläche der Mikrokanäle 80 kann z.B. im Wesentlichen oder vollständig frei von Vorsprüngen, Vertiefungen oder Oberflächenstrukturen sein. In einer alternativen Ausführungsform kann jeder einzelne der mehreren Mikrokanäle 80 jedoch eine Oberfläche aufweisen, die eine Anzahl von Oberflächenstrukturen aufweist. Die Oberflächenstrukturen können diskrete Vorsprünge sein, die sich aus der Oberfläche des Mikrokanals 80 heraus erstrecken. Die Oberflächenstrukturen können z.B. rippenförmige Vorsprünge, zylinderförmige Vorsprünge, ringförmige Vorsprünge, winkel- bzw. zickzackförmige Vorsprünge, erhabene Abschnitte zwischen quer verlaufenden Nuten, die in dem Mikrokanal 80 ausgebildet sind, oder irgendwelche Kombinationen von diesen sowie irgendeine andere geeignete geometrische Form umfassen. Es sollte erkannt werden, dass die Abmessungen der Oberflächenmerkmale so gewählt sein können, dass sie die Kühlung des stromabwärtigen Endabschnittes 72 und des Flammrohres 40 allgemein optimieren, während sie die geometrischen Anforderungen an die Mikrokanäle 80 erfüllen.

**[0034]** In einigen Ausführungsbeispielen kann jeder der Mikrokanäle 80 ein einziger diskreter Mikrokanal 80 sein. In anderen Ausführungsformen kann jeder der Mikrokanäle 80 oder irgendein Teil der Mikrokanäle 80 jedoch von einzelnen Mikrokanälen 80 abzweigen, um mehrere Mikrokanalzweige zu bilden.

**[0035]** Der stromabwärtige Endabschnitt 72 kann weiterhin eine Anzahl von Durchlässen 90 bilden. Die Durchlässe 90 können sich zwischen der inneren Oberfläche 74 und der äußeren Oberfläche 76 des stromabwärtigen Endabschnittes 72 erstrecken. Die mehreren Mikrokanäle 80 können in Fluidverbindung mit den mehreren Durchlässen 90 verbunden sein. Die Durchlässe 90 können z.B. in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 in allgemein ringförmigen Reihen, wie es in den **Fig. 3, 4 und 5** gezeigt ist, und/oder in relativ geradlinigen Mustern, wie es in den **Fig. 4 und 5** gezeigt ist, oder in irgendwelchen anderen geeigneten Mustern oder Feldern ausgebildet sein. Das Kühlmittel 64, das dem Flammrohr 40 zugeführt wird, kann demnach durch die Durchlässe 90 geleitet und den Mikrokanälen 80 zugeführt werden.

**[0036]** Weiterhin kann jeder der mehreren Durchlässe 90 dazu eingerichtet sein, der Deckschicht 78 eine Prallkühlung zu bieten. Die Durchlässe 90 kön-

nen z.B. allgemein rechtwinklig bezogen auf die Deckschicht 78 in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 ausgerichtet sein. Wenn das Kühlmittel 64 durch die Durchlässe 90 strömt und den Mikrokanälen 80 zugeführt wird, kann das Kühlmittel 64 demnach aus den Durchlässen 90 abgegeben werden und auf die Deckschicht 78 auftreffen, wodurch eine Prallkühlung der Deckschicht 78 bewirkt wird.

**[0037]** Nachdem das Kühlmittel 64 durch die Mikrokanäle 80 strömt und den stromabwärtigen Endabschnitt 72 und das Flammrohr 40 kühlt sowie die Deckschicht 78 kühlt, kann das Kühlmittel 64 aus den Mikrokanälen 80 abgegeben werden. In einer Ausführungsform, wie sie in den **Fig. 3, 4 und 5** gezeigt ist, kann das Kühlmittel 64 z.B. direkt aus den Mikrokanälen 80 abgegeben werden. Das Kühlmittel 64 kann dadurch aus den Mikrokanälen 80 direkt in den Heißgaspfad 28 hinein strömen.

**[0038]** Wie in den **Fig. 6 und 7** gezeigt, kann das Kühlmittel 64 alternativ an die Deckschicht 78 angrenzend in den Heißgaspfad 28 hinein abgegeben werden. Die Deckschicht 78 kann z.B. mehrere Auslässe 92 aufweisen. Weiterhin kann die innere Oberfläche 74 des stromabwärtigen Endabschnittes 72 eine Kammer 94 oder eine Anzahl von Kammern 94 bilden. Wie in **Fig. 7** gezeigt, können die Kammer 94 oder die Kammern 94 dazu eingerichtet sein, Kühlmittel aus den mehreren Mikrokanälen 80 oder aus wenigstens einem Teil der mehreren Mikrokanäle 80 aufzunehmen. Allgemein können die Kammer 94 oder die Kammern 94 bezogen auf den Heißgasstrom 26 z.B. ringförmig um das stromabwärtige Ende des stromabwärtigen Endabschnittes 72 herum ausgebildet sein und in Fluidverbindung mit den mehreren Mikrokanälen 80 stehen. Dadurch kann das Kühlmittel 64, das durch die Mikrokanäle 80 strömt, aus den Mikrokanälen 80 in die Kammer 94 hinein austreten und kann in beispielhaften Ausführungsformen über die Kammer verteilt werden, bevor es aus dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 abgegeben wird.

**[0039]** Jeder der Auslässe 92 kann mit einem der mehreren Mikrokanäle 80, wie es in **Fig. 6** gezeigt ist, oder mit einer Kammer 94, wie es in **Fig. 7** gezeigt ist, in Fluidverbindung stehen. Weiterhin kann jeder der Auslässe 92 dazu eingerichtet sein, Kühlmittel aus den mehreren Mikrokanälen 80 oder aus der Kammer 94 aufzunehmen und das Kühlmittel 64 an die Deckschicht 78 angrenzend austreten zu lassen. Die Auslässe 92 können sich z.B. allgemein zwischen einer inneren Oberfläche 102 und einer äußeren Oberfläche 104 (siehe **Fig. 8-10**) der Deckschicht 78 erstrecken und in Fluidverbindung mit den Mikrokanälen 80 oder der Kammer 94 stehen. Der Heißgasstrom 26 kann bei einem Druck, der allgemein niedriger als der Druck in den Durchlässen 90 und den Mikrokanälen 80 ist, an der inneren Ober-

fläche 102 der Deckschicht 78 vorbeiströmen. Diese Druckdifferenz kann bewirken, dass das Kühlmittel 64, das durch die Mikrokanäle 80 strömt, aus den Mikrokanälen 80 in die Auslässe 92 hinein und durch diese hindurch strömt und an die innere Oberfläche 102 der Deckschicht 78 angrenzend aus den Auslässen 92 in den Heißgaspfad 28 austritt. Es sollte erkannt werden, dass jeder Mikrokanal 80 mit einem oder mehreren der Auslässe 92 verbunden sein kann. Es sollte weiterhin erkannt werden, dass die Auslässe 92 unter einem beliebigen Winkel bezogen auf die Mikrokanäle 80 und/oder die Kammer 94 ausgerichtet sein können. Außerdem sollte erkannt werden, dass die Auslässe 92 allgemein kreisförmige oder ovale Querschnitte, allgemein rechteckige Querschnitte, allgemein dreieckige Querschnitte oder beliebige andere geeignet geformte polygonale Querschnitte aufweisen können.

**[0040]** Der stromabwärtige Endabschnitt 72 und die Deckschicht 78 können jeweils ein einziges Material, wie z.B. ein Substrat oder eine Beschichtung, aufweisen oder jeweils eine Anzahl von Materialien, wie z.B. mehrere Substrate und Beschichtungen enthalten. In einer beispielhaften Ausführungsform kann der stromabwärtige Endabschnitt 72 z.B., wie in **Fig. 8** gezeigt, ein Flammrohrsubstrat 110 aufweisen. Das Substrat 110 kann z.B. eine Nickel-, Kobalt- oder Eisenbasis-Superlegierung sein. Die Legierungen können z.B. gegossene oder Knetsuperlegierungen sein. Es sollte erkannt werden, dass das Flammrohrsubstrat 110 gemäß der vorliegenden Offenbarung nicht auf die oben genannten Materialien beschränkt ist, sondern ein beliebiges geeignetes Material für einen beliebigen Bereich eines Flammrohres 40 sein könnte.

**[0041]** Wie in **Fig. 8** gezeigt, kann die Deckschicht 78 weiterhin eine Metallbeschichtung 112 aufweisen. Gemäß einem beispielhaften Aspekt einer Ausführungsform könnte die Metallbeschichtung 112 irgendeine Beschichtung auf Metall- oder Metalllegierungsbasis sein, wie z.B. eine Beschichtung auf Nickel-, Kobalt-, Eisen-, Zink- oder Kupferbasis.

**[0042]** Alternativ kann die Deckschicht 78 eine Bindschicht 114 aufweisen. Die Bindschicht 114 kann aus einem beliebigen geeigneten Bindematerial bestehen. Die Bindschicht 114 kann z.B. die chemische Zusammensetzung  $M\text{CrAl}(X)$  aufweisen, wobei M ein Element, das aus der aus Fe, Co und Ni bestehenden Gruppe ausgewählt ist, oder eine Kombination von diesen ist und (X) ein Element ist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Gamma-Prime-Bildnern, Mischkristallverfestigern, die z.B. aus Ta, Re und reaktiven Elementen, wie z.B. Y, Zr, Hf, Si bestehen, und Korngrenzenverfestigern, die aus B, C und Kombinationen von diesen bestehen, besteht. Die Bindschicht 114 kann auf den stromabwärtigen Endabschnitt 72 z.B. durch einen physikalischen

Gasphasenabscheidungsverfahren, wie Elektronenstrahlverdampfen, Ionenplasmalichtbogenverdampfen oder Sputtern, oder durch ein anderes thermisches Sprühverfahren, wie z.B. Luftplasmasprühen, Hochgeschwindigkeits-Oxyfuel- oder Niederdruckplasmasprühen aufgebracht werden. Alternativ kann die Bindschicht 114 eine Diffusionsaluminidbindeschicht, wie z.B. eine Beschichtung mit der chemischen Zusammensetzung NiAl oder PtAl sein, und die Bindschicht 114 kann z.B. durch eine Gasphasenaluminierung oder eine chemische Gasphasenabscheidung auf den stromabwärtigen Endabschnitt 72 aufgebracht sein.

**[0043]** Alternativ kann die Deckschicht 78 eine Wärmesperrenbeschichtung (TBC) 116 enthalten. Die TBC 116 kann aus einem beliebigen geeigneten Wärmesperrenmaterial bestehen. Z.B. kann die TBC 116 aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid bestehen und durch ein physikalisches Gasphasenabscheidungsverfahren oder ein thermisches Sprühverfahren auf den stromabwärtigen Endabschnitt 72 aufgebracht sein. Alternativ kann die TBC 116 eine Keramik sein, wie z.B. eine dünne Schicht aus Zirkoniumoxid, das durch andere hitzebeständige Oxide, wie z.B. Oxide, die aus den Elementen der Gruppen IV, V und VI gebildet sind, modifiziert ist, oder aus Oxiden, die durch Elemente der Reihe der Lanthanoide, wie z.B. La, Nd, Gd, Yb und dergleichen, modifiziert ist.

**[0044]** In anderen beispielhaften Ausführungsformen können der stromabwärtige Endabschnitt 72 und die Deckschicht 78, wie oben beschrieben, jeweils eine Anzahl von Materialien enthalten, wie z.B. eine Anzahl von Substraten und Beschichtungen. In einem Ausführungsbeispiel, wie es in **Fig. 9** gezeigt ist, kann der stromabwärtige Endabschnitt 72 ein Flammrohrsubstrat 110 und eine Bindschicht 114 enthalten. Der stromabwärtige Endabschnitt 72 kann die äußere Oberfläche 76 enthalten, und die Bindschicht 114 kann die innere Oberfläche 74 enthalten. Demnach können die mehreren Mikrokanäle 80 in der Bindschicht 114 ausgebildet sein. Weiterhin kann die Deckschicht 78 wie in **Fig. 9** gezeigt eine TBC 116 enthalten.

**[0045]** In einer anderen Ausführungsform, wie sie in **Fig. 10** gezeigt ist, kann der stromabwärtige Endabschnitt 72 ein Flammrohrsubstrat 110, eine Bindschicht 114 und eine erste TBC 116 enthalten. Das Flammrohrsubstrat 110 kann die äußere Oberfläche 76 aufweisen, und die erste TBC 116 kann die innere Oberfläche 74 aufweisen. Demnach können die mehreren Mikrokanäle 80 in der ersten TBC 116 ausgebildet sein. Weiterhin kann die Deckschicht 78, wie in **Fig. 10** gezeigt, eine zweite TBC 118 aufweisen.

**[0046]** Außerdem kann das Flammrohr 40, wie in **Fig. 8** gezeigt, eine TBC 116 aufweisen, die an die



Deckschicht 78 angrenzend angeordnet ist. Weiterhin kann das Flammrohr 40, wie in **Fig. 8** gezeigt, eine Bindschicht 114 aufweisen, die zwischen der TBC 116 und der Deckschicht 78 angeordnet ist. Alternativ kann die Deckschicht 78 die Metallbeschichtung 112, die Bindschicht 114 und die TBC 116 enthalten.

**[0047]** In einigen Ausführungsformen kann die äußere Oberfläche 76 des stromabwärtigen Endabschnittes 72, wie in **Fig. 4** gezeigt, eine Anzahl von Kanälen 120 aufweisen. Die Kanäle 120 können dazu eingerichtet sein, ein Kühlmittel 64 durch sie hindurch zu führen, das den stromabwärtigen Endabschnitt 72 und das Flammrohr 40 allgemein weiter kühlt. Die Kanäle 120 können Mikrokanäle sein, die irgendwelche von den Eigenschaften der Mikrokanäle 80 haben, oder können größer als die Mikrokanäle 80 sein und z.B. unter Verwendung einer beliebigen geeigneten Technik, wie z.B. Fräsen, Gießen, Formen oder Laserätzen/-schneiden gebildet sein.

**[0048]** Die Kanäle 120 können mit den Mikrokanälen 80 in Fluidverbindung verbunden sein. Wenigstens ein Teil der Durchlässe 90 kann z.B. in Fluidverbindung mit wenigstens einem Teil der Kanäle 120 verbunden sein. Wie in **Fig. 4** gezeigt können verschiedene der Durchlässe 90 in den Kanälen 120 ausgebildet sein. Demnach kann das durch die Kanäle 120 strömende Kühlmittel 64 von den Durchlässen 90 aufgenommen werden und durch die Durchlässe 90 zu den Mikrokanälen 80 strömen.

**[0049]** Die Brennkammer 14 gemäß der vorliegenden Offenbarung kann weiterhin einen Dichtungsring 130 aufweisen, wie er in den **Fig. 3-5** gezeigt ist. Der Dichtungsring 130 kann eine Dichtung zwischen der dem Flammrohr 40, wie etwa dem stromabwärtigen Endabschnitt 72, und dem Übergangselement 56 herstellen.

**[0050]** In beispielhaften Ausführungsformen kann der Dichtungsring 130, wie in **Fig. 5** gezeigt, weiterhin eine Anzahl von Zufuhrkanälen 132 aufweisen. Die Zufuhrkanäle 132 können dazu eingerichtet sein, das Kühlmittel 64 durch sie hindurch zu leiten. Das zu dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 strömende Kühlmittel 64 kann z.B. wenigstens teilweise über den Dichtungsring 130 strömen, und wenigstens ein Teil dieses Kühlmittels 64 kann von den Zufuhrkanälen 132 aufgenommen werden.

**[0051]** Weiterhin kann wenigstens ein Teil der Durchlässe 90, die in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 ausgebildet sind, dazu eingerichtet sein, ein Kühlmittel 64 aus den mehreren Zufuhrkanälen 132 aufzunehmen. Verschiedene der Durchlässe 90 können z.B. in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 so ausgebildet sein, dass diese Durchlässe 90 allgemein von dem Dichtungsring 130 bedeckt sind,

wenn der Dichtungsring 130 an den stromabwärtigen Endabschnitt 72 angrenzend angeordnet ist. Dadurch kann das Kühlmittel 64, das über die Zufuhrkanäle 132 durch den Dichtungsring 130 hindurch strömt, von diesen Durchlässen 90 aufgenommen und allgemein den Mikrokanälen 80 zugeführt werden. Es sollte jedoch erkannt werden, dass in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 außerhalb des Dichtungsring 130 noch weitere Durchlässe 90 ausgebildet sein könnten und diese Durchlässe 90 außer dem Kühlmittel 64, das durch die Zufuhrkanäle 132 hindurch zugeführt wird, noch weiteres Kühlmittel 64 aufnehmen könnten.

**[0052]** In weiteren beispielhaften Ausführungsformen kann die Brennkammer, wie in **Fig. 4** gezeigt, weiterhin eine ringförmige Hülle 140 aufweisen. Die ringförmige Hülle 140 kann zwischen dem Flammrohr 40, wie z.B. dem stromabwärtigen Endabschnitt 72, und dem Dichtungsring 130 angeordnet sein. Die ringförmige Hülle 140 kann eine Anzahl von Zufuhrkanälen 142 bilden. Die Zufuhrkanäle 142 können dazu eingerichtet sein, das Kühlmittel 64 durch sie hindurch zu leiten. Das Kühlmittel 64, das zu dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 strömt, kann z.B. wenigstens teilweise über die ringförmige Hülle 140 strömen, und wenigstens ein Teil dieses Kühlmittels 64 kann von den Zufuhrkanälen 142 aufgenommen werden. In einigen Ausführungsformen kann eine Dichtungsplatte 144 an dem stromabwärtigen Ende der ringförmigen Hülle 140 oder an dieses angrenzend angeordnet sein. Die Dichtungsplatte 144 kann verhindern, dass Kühlmittel 64 an der ringförmigen Hülle 140 vorbei strömt, und kann die Strömung von Kühlmittel 64 zu den Zufuhrkanälen 142 fördern.

**[0053]** Weiterhin kann wenigstens ein Abschnitt der in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 ausgebildeten Durchlässe 90 dazu eingerichtet sein, Kühlmittel 64 aus den mehreren Zufuhrkanälen 142 aufzunehmen. Z.B. können verschiedene der Durchlässe 90 in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 so ausgebildet sein, dass diese Durchlässe 90 allgemein von der ringförmigen Hülle 140 bedeckt sind, wenn die ringförmige Hülle 140 an den stromabwärtigen Endabschnitt 72 angrenzend angeordnet ist. Demnach kann das Kühlmittel 64, das über die Zufuhrkanäle 142 durch die ringförmige Hülle 140 strömt, danach von diesen Durchlässen 90 aufgenommen und allgemein zu den Mikrokanälen 80 geleitet werden. Es sollte jedoch erkannt werden, dass in dem stromabwärtigen Endabschnitt 72 außerhalb der ringförmigen Hülle 140 noch weitere Durchlässe 90 ausgebildet sein könnten und dass diese Durchlässe 90 außer dem Kühlmittel 64, das durch die Zufuhrkanäle 142 geleitet wird, noch weiteres Kühlmittel 64 aufnehmen könnten.

**[0054]** Unter Verwendung von Mikrokanälen 80 und Durchlässen 90, wie sie hierin beschrieben ist, wird

eine Kühlung des Flammrohres 40 mit einer relativ hohen Wärmeübergangsrate und einem relativ gleichmäßigen Temperaturprofil bewirkt. Dadurch kann die Lebensdauer des Flammrohres 40 verlängert werden, und das Flammrohr 40 kann weiterhin die Nutzung von Heißgasströmen 26 mit höherer Temperatur zulassen, wodurch die Leistungsfähigkeit und die Effizienz des Systems 10 erhöht werden. Weiterhin kann die Menge des Kühlmittels 64, das zur Kühlung benötigt wird, durch die Verwendung von Mikrokanälen 80 und Durchlässen 90 verringert werden, wodurch die Menge des oxidierenden Mediums 24, das zur Kühlung abgezweigt wird, verringert wird. Vorteilhafterweise kann diese Verringerung die  $\text{NO}_x$ -Emissionen senken und kalte Spuren bzw. Fäden angrenzend an das Flammrohr 40 und das Übergangselement 56 verringern, wodurch die CO-Werte bei Teillastbetrieb weiter verringert werden.

**[0055]** Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zur Offenbarung der Erfindung, die die beste Art enthalten und jeden Fachmann auch in die Lage versetzen, die Erfindung einschließlich der Herstellung und Verwendung beliebiger Vorrichtungen und Systeme und der Durchführung enthaltener Verfahren in die Praxis umzusetzen. Der patentierbare Bereich der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten einfallen. Es ist beabsichtigt, dass derartige weitere Beispiele innerhalb des Bereiches der Ansprüche liegen, wenn sie strukturelle Elemente enthalten, die nicht von dem Wortlaut der Ansprüche abweichen, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit nur unwesentlichen Unterschieden zum Wortlaut der Ansprüche enthalten.

**[0056]** Ein Brennkammerflamrohr 40 ist offenbart. Das Brennkammerflamrohr 40 weist einen stromaufwärtigen Abschnitt 70, einen stromabwärtigen Endabschnitt 72, der sich von dem stromaufwärtigen Abschnitt 70 entlang einer allgemein in Längsrichtung verlaufenden Achse 73 erstreckt, und eine Deckschicht 78 auf, die mit einer inneren Oberfläche 74 des stromabwärtigen Endabschnittes 72 verbunden ist. Der stromabwärtige Endabschnitt 72 weist die innere Oberfläche 74 und eine äußere Oberfläche 76 auf, wobei die innere Oberfläche 74 eine Anzahl von Mikrokanälen 80 aufweist. Der stromabwärtige Endabschnitt 72 weist weiterhin eine Anzahl von Durchlässen 90 auf, die sich zwischen der inneren Oberfläche 74 und der äußeren Oberfläche 76 erstrecken. Die mehreren Mikrokanäle 80 sind in Fluidverbindung mit den mehreren Durchlässen 90 verbunden und dazu eingerichtet, ein Kühlmittel 64 durch sie hindurch zu leiten, das das Brennkammerflamrohr kühlt.

## Bezugszeichenliste

10	Gasturbinensystem
12	Verdichter
14	Brennkammer
16	Turbine
18	Welle
20	Brennstoffdüse
22	Zugeführter Brennstoff
24	Oxidierendes Medium
26	Heißgasstrom
28	Heißgaspfad
30	Diffusor
32	Austrittskammer
34	Deckplatte
40	Flammrohr
42	Strömungshülse
44	Strömungspfad
46	Einlass
48	Verbrennungskammer
50	Prallhülse
52	Befestigungsflansch
54	Befestigungselement
56	Übergangselement
58	Strömungspfad
60	Einlass
62	Übergangselementhohlraum
64	Kühlmittel
66	Turbinendüse
70	Stromaufwärtiger Abschnitt
72	Stromabwärtiger Endabschnitt
73	Längsachse
74	Innere Oberfläche
76	Äußere Oberfläche
78	Deckschicht
80	Mikrokanal
82	Tiefe
84	Breite
86	Länge
90	Durchlass
92	Auslass

94	Kammer
102	Innere Oberfläche
104	Äußere Oberfläche
110	Flammrohrsubstrat
112	Metallbeschichtung
114	Bindeschicht
116	Wärmesperrenbeschichtung
118	Zweite Wärmesperrenbeschichtung
120	Kanal
130	Dichtungsring
132	Zufuhrkanal
140	Ringförmige Hülle
142	Zufuhrkanal
144	Dichtungsplatte

### Patentansprüche

1. Brennkammerflamrohr (40) für eine Brennkammer (14), das aufweist:  
einen stromaufwärtigen Abschnitt (70) bezogen auf einen durch das Brennkammerflamrohr (40) definierten Heißgaspfad (28) in der Brennkammer (14);  
einen bezogen auf den Heißgaspfad (28) stromabwärtigen Endabschnitt (72), der sich von dem stromaufwärtigen Abschnitt (70) entlang einer im Wesentlichen in einer Längsrichtung verlaufenden Achse (73) der Brennkammer (14) erstreckt, wenn das Brennkammerflamrohr (40) in der Brennkammer (14) montiert ist, wobei der stromabwärtige Endabschnitt (72) eine innere Oberfläche (74) und eine äußere Oberfläche (76) aufweist, wobei die innere Oberfläche (74) mehrere Mikrokanäle (80) aufweist, und der stromaufwärtige Endabschnitt (72) weiterhin mehrere Durchlässe (90) aufweist, die sich zwischen der inneren Oberfläche (74) und der äußeren Oberfläche (76) erstrecken, wobei die mehreren Mikrokanäle (80) in Fluidverbindung mit den mehreren Durchlässen (90) verbunden sind; und  
eine Deckschicht (78), die mit der inneren Oberfläche (74) des stromabwärtigen Endabschnitts (72) verbunden ist,  
wobei die mehreren Mikrokanäle (80) dazu eingerichtet sind, ein Kühlmittel (64) durch sie hindurchzuleiten, das das Flamrohr (40) kühlt;  
wobei sich die mehreren Mikrokanäle (80) jeweils in Längsrichtung entlang der inneren Oberfläche (74) erstrecken und die mehreren Mikrokanäle (80) offene Kanäle sind, die in der inneren Oberfläche (74) geformt und ausgebildet sind;  
wobei die Deckschicht (78) durch ein auf die innere Oberfläche (74) aufgebrachtes Material gebildet ist und die Mikrokanäle (80) bedeckt; und  
wobei die mehreren Durchlässe (90) jeweils unmittelbar in dem Brennkammerflamrohr (40) ausgebil-

det und mit einem der mehreren Mikrokanäle (80) direkt verbunden sind.

2. Brennkammerflamrohr (40) nach Anspruch 1, bei dem die Deckschicht (78) eine Metallbeschichtung (112), eine Bindeschicht (114) oder eine Wärmesperrenbeschichtung (116) ist.

3. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, das weiterhin eine Wärmesperrenbeschichtung (116) aufweist, die an die Deckschicht (78) angrenzend angeordnet ist.

4. Brennkammerflamrohr (40) nach Anspruch 3, das weiterhin eine Bindeschicht (114) aufweist, die zwischen der Wärmesperrenbeschichtung (116) und der Deckschicht (78) angeordnet ist.

5. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der stromabwärtige Endabschnitt (72) ein Brennkammerflamrohrsubstrat (110) aufweist.

6. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der stromabwärtige Endabschnitt (72) ein Brennkammerflamrohrsubstrat (110) und eine Bindeschicht (114) aufweist, wobei die mehreren Mikrokanäle (80) in der Bindeschicht (140) ausgebildet sind.

7. Brennkammerflamrohr (40) nach Anspruch 6, bei dem die Deckschicht (78) eine Wärmesperrenbeschichtung (116) aufweist.

8. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der stromabwärtige Endabschnitt (72) ein Brennkammerflamrohrsubstrat (110), eine Bindeschicht (114) und eine erste Wärmesperrenbeschichtung (116) aufweist und die mehreren Mikrokanäle (80) in der ersten Wärmesperrenbeschichtung (116) ausgebildet sind.

9. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem sich die mehreren Mikrokanäle (80) bezogen auf die Längsachse (73) geradlinig erstrecken.

10. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem sich die mehreren Mikrokanäle bezogen auf die Längsachse (73) schraubenförmig erstrecken.

11. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die äußere Oberfläche (76) des stromabwärtigen Endabschnitts (72) eine Anzahl von Kanälen (120) aufweist, wobei jeder der mehreren Kanäle (120) dazu eingerichtet ist, ein Kühlmittel (64) durch ihn hindurch zu leiten, das das Brennkammerflamrohr (40) kühlt, und wobei wenigstens ein Teil der mehreren Durchlässe (90)

weiterhin in Fluidverbindung mit wenigstens einem der Kanäle (120) verbunden ist.

12. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem aus den mehreren Mikrokanälen (80) direkt Kühlmittel (64) abgegeben wird.

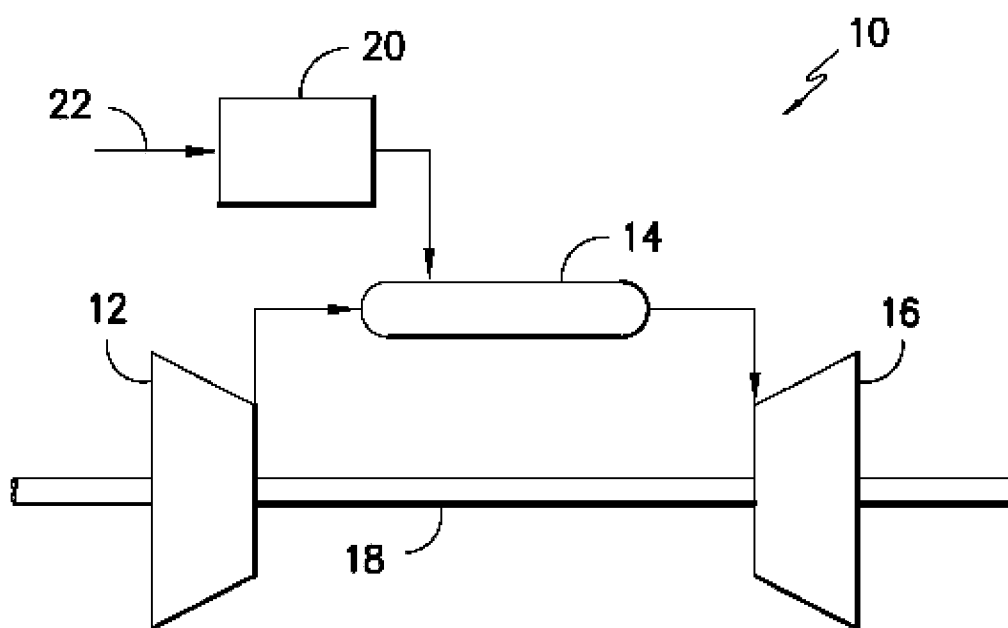
13. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Deckschicht (78) eine Anzahl von Auslässen (92) bildet, wobei jeder der mehreren Auslässe (92) in Fluidverbindung mit einem der mehreren Mikrokanäle (80) verbunden ist und dazu eingerichtet ist, aus dem Mikrokanal (80) Kühlmittel (64) aufzunehmen und an die Deckschicht (78) angrenzend Kühlmittel (64) abzugeben.

14. Brennkammerflamrohr (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die innere Oberfläche (74) des stromabwärtigen Endabschnittes (72) weiterhin eine Kammer (94) aufweist, die dazu eingerichtet ist, Kühlmittel (64) aus den mehreren Mikrokanälen (80) aufzunehmen.

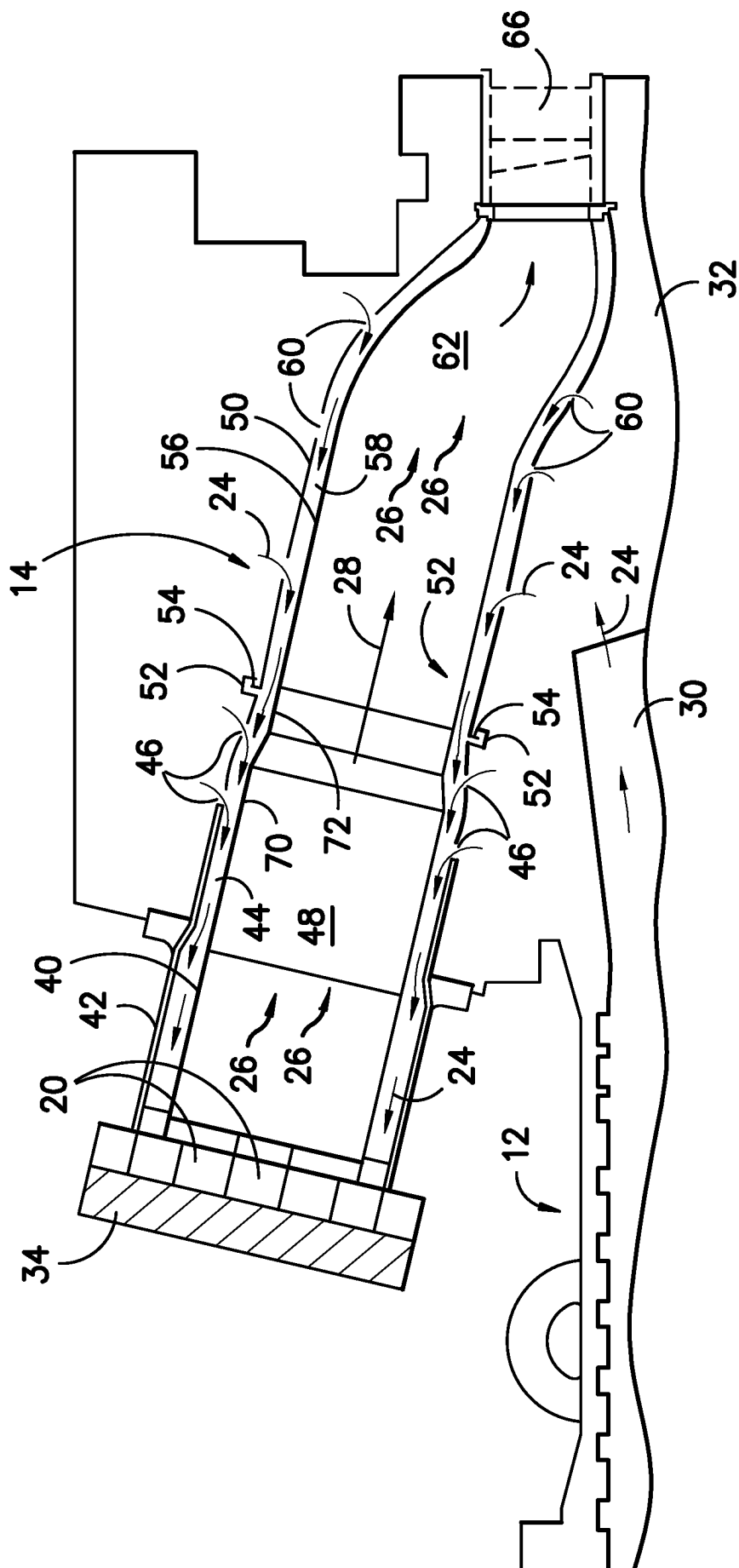
15. Brennkammerflamrohr (40) nach Anspruch 14, bei dem die Deckschicht (78) eine Anzahl von Auslässen (92) bildet, wobei jeder der mehreren Auslässe (92) in Fluidverbindung mit der Kammer (94) verbunden und dazu eingerichtet ist, aus der Kammer (94) Kühlmittel aufzunehmen und an die Deckschicht (78) angrenzend Kühlmittel (64) abzugeben.

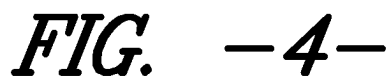
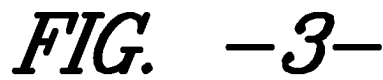
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

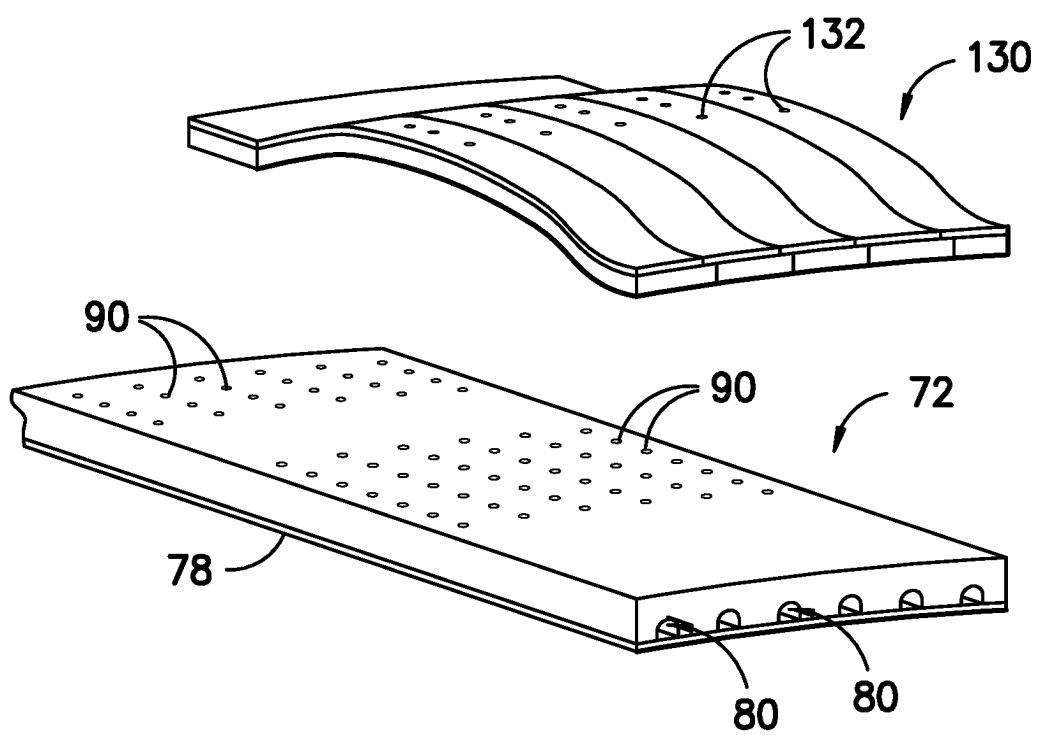
Anhängende Zeichnungen



*FIG. -1-*

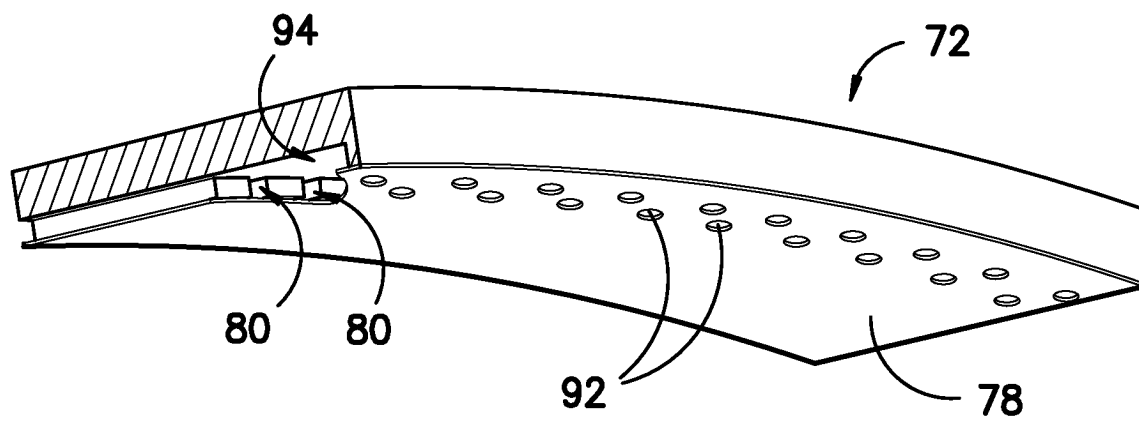
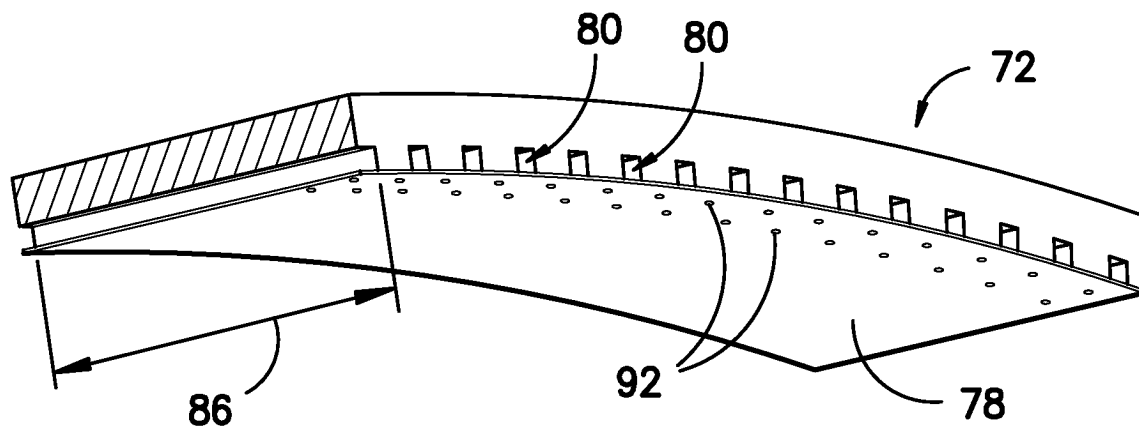


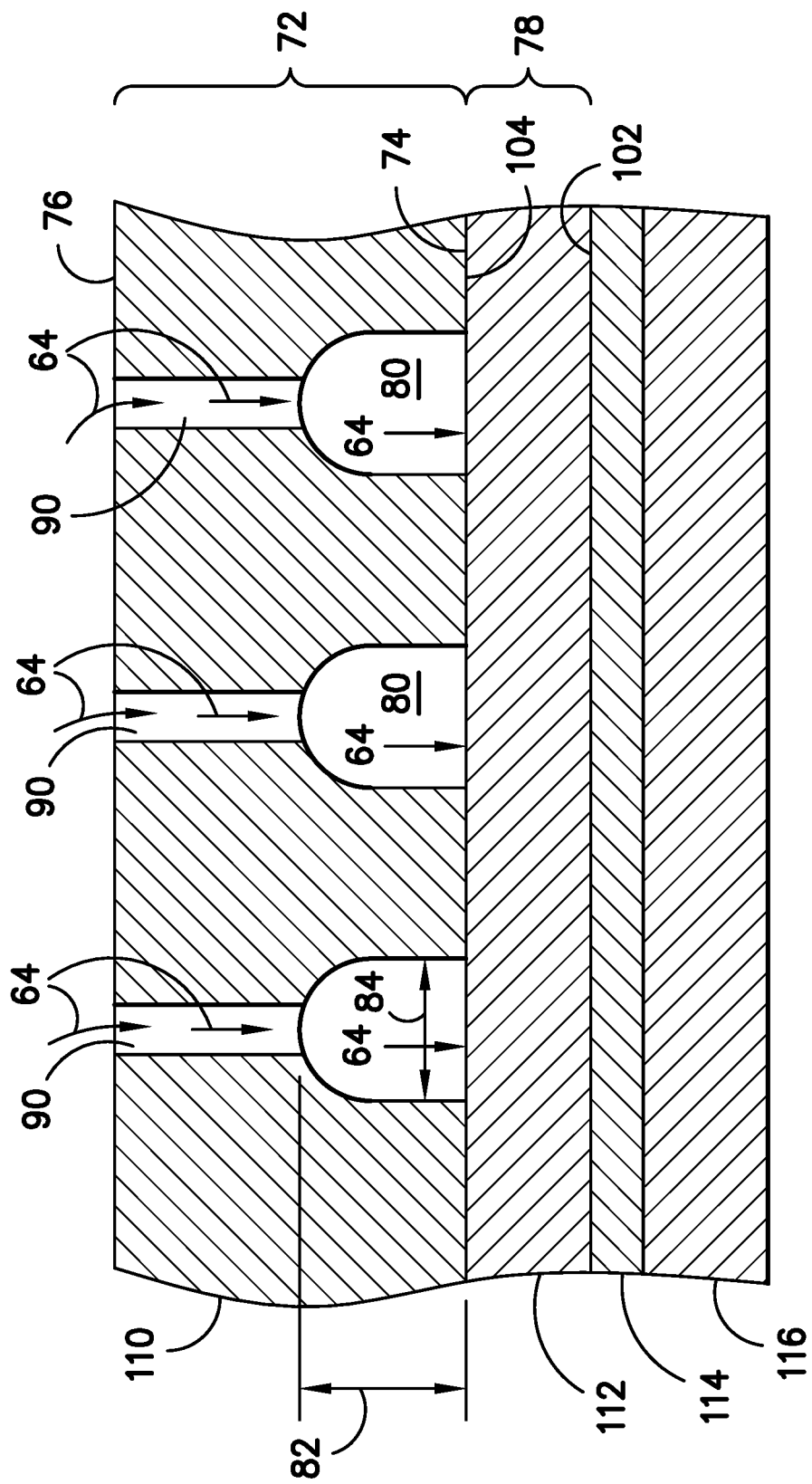




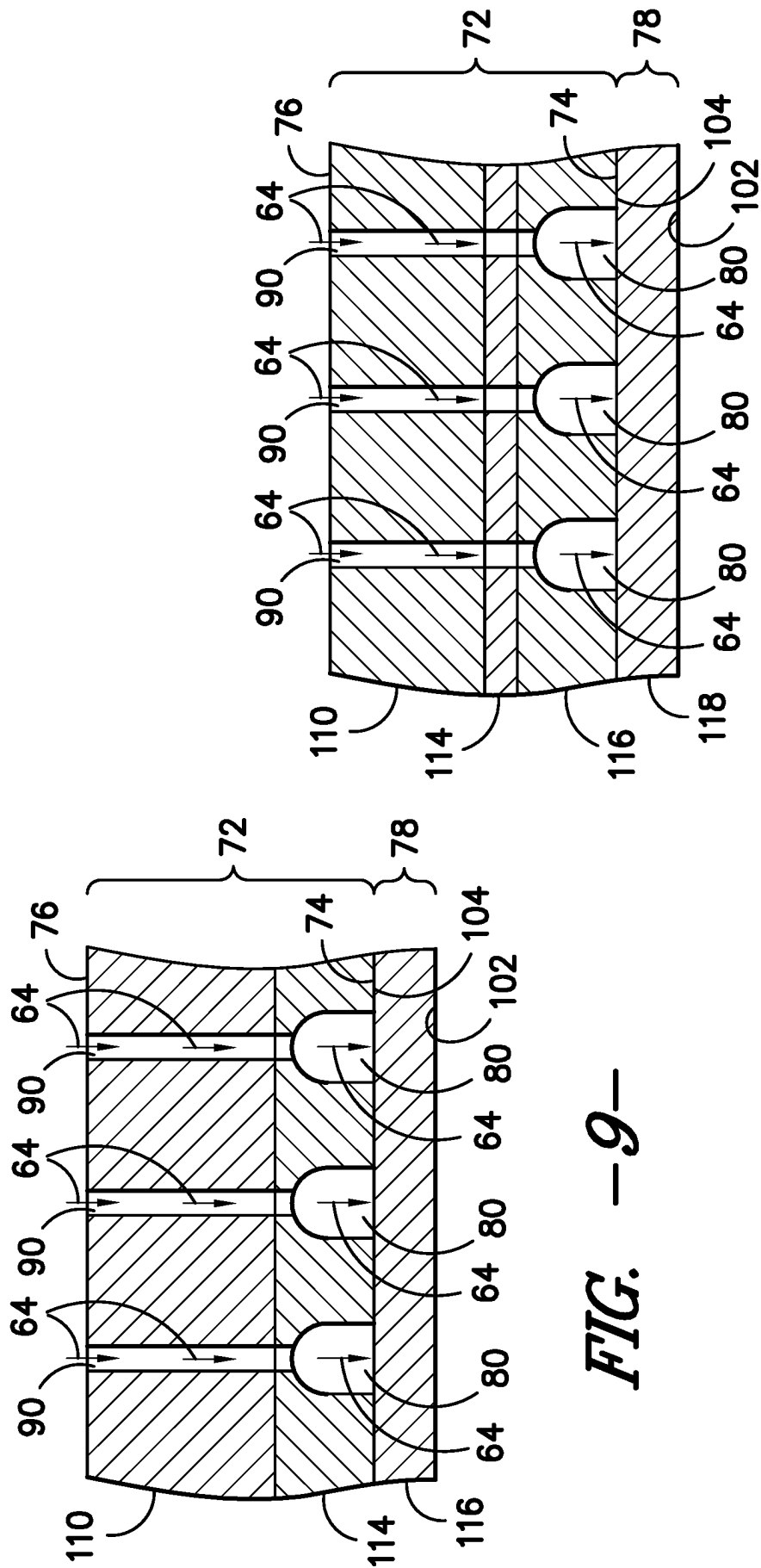
*FIG. -5-*







*FIG. -8-*



*FIG. -10-*

*FIG. -9-*