(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 39 08 166 B4** 2007.11.08

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 39 08 166.4**
(22) Anmeldetag: **13.03.1989**
(43) Offenlegungstag: **05.10.1989**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **08.11.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***F23R 3/42*** (2006.01)
F23R 3/08 (2006.01)
F02C 7/18 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
176482 25.03.1988 US

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

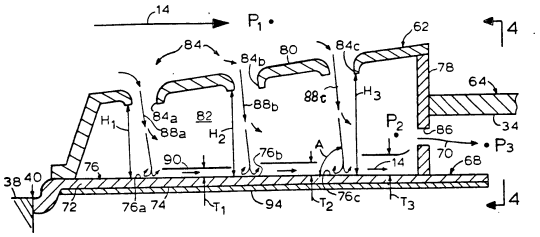
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Vogt, Robert Lawrence, Southport, Conn., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 29 44 139 A1
DE 28 36 539 A1
US 46 42 024
US 45 26 226
US 39 78 662

(54) Bezeichnung: **Prallgekühltes Gebilde**

(57) Hauptanspruch: Prallgekühltes Gebilde enthaltend:
eine lochlose erste Wand (72; 98) mit einer ersten Oberfläche (76) und eine im Abstand davon angeordnete zweite Wand (80), die dazwischen einen umschlossenen Raum (82; 106) bilden,
wobei die zweite Wand (80) mehrere, der ersten Oberfläche (76) zugewandte Einlässe (84; 108) aufweist, durch die hindurch ein Kühlfluid (14) in den Raum (82; 106) hinein leitbar ist, wobei auf der ersten Oberfläche (76) der ersten Wand (72; 98) eine Grenzschicht (90) des Kühlfluids (14) gebildet wird, und
der Raum (82; 106) mehrere Auslässe (86) zum Abgeben des Kühlfluids (14) aufweist,
wobei die Einlässe (84; 108) und Auslässe (86) derart bemessen und angeordnet sind, dass der Impuls des durch die Einlässe (84; 108) strömenden Kühlfluids (14) so groß ist, daß die Grenzschicht (90) des Kühlfluids (14), die auf der ersten Oberfläche (76) der ersten Wand (72; 98) ausgebildet ist, durchbrochen wird,
dadurch...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf Einrichtungen zum Kühlen von Gebilden in einem Gasturbinentriebwerk und betrifft insbesondere eine verbesserte Kühleinrichtung, die bei einer Gasturbinentriebwerksbrennkammer zum Verringern von deren Abgasemissionen verwendbar ist.

[0002] Verkehrsflugzeug-Gasturbinentriebwerke müssen gewisse gesetzliche Forderungen hinsichtlich Rauch und Emissionen erfüllen. Zum Beispiel hat die Bundesluftfahrtverwaltung (FAA) der Vereinigten Staaten eine Bestimmung, welche die Emissionsmenge an unverbrannten Kohlenwasserstoffen einschließlich Rauch- und Dampfformen derselben begrenzt. Darüber hinaus legt die Internationale Zivil-Luftfahrt-Behörde (ICAO) ebenfalls Grenzwerte für die Emissionen einschließlich unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Kohlenmonoxid fest.

[0003] Der Stand der Technik umfaßt verschiedene Maßnahmen bzw. Vorrichtungen zum Reduzieren der Abgasemissionen von Gasturbinentriebwerken, zu denen verbesserte Vergaser zum vollständigeren Vermischen und Zerstäuben von Brennstoff und Luft zur Erzielung einer vollständigeren Verbrennung gehören. Es ist bekannt, daß sich unverbrannte Kohlenwasserstoffe ergeben, wenn der Verbrennungs- oder Reaktionsprozeß bei weniger als etwa 816°C (1500°F) stattfindet, wogegen ein vollständiges Verbrennen von Kohlenwasserstoffen bei Reaktionstemperaturen von mehr als etwa 1093°C (2000°F) erfolgt und Reaktionstemperaturen dazwischen zu veränderlichen Mengen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen führen.

[0004] Der Verbrennungsprozeß erzeugt jedoch so hohe Temperaturen in einer Gasturbinentriebwerksbrennkammer, daß, wenn nicht die Brennkammer selbst ausreichend gekühlt wird, die herkömmlichen metallischen Legierungen, aus denen die Brennkammer hergestellt wird, thermisch stark überbeansprucht werden. Deshalb werden bei herkömmlichen Gasturbinentriebwerken Einrichtungen zur Filmkühlung des Brennkammerflammrohres benutzt, um das Flammrohr vor Verbrennungsgasen hoher Temperatur zu schützen. Das US-Patent 3 978 662 der Anmelderin beschreibt mehrere Maßnahmen zum Erzielen einer wirksamen Filmkühlung eines Brennkammerflammrohres. Das Kühlfluid, das zur Filmkühlung in einem Gasturbinentriebwerk benutzt wird, ist Verdichterauslaßluft, die üblicherweise eine Temperatur von etwa 538°C (1000°F) hat.

[0005] Die Verwendung einer Kühlluftgrenzschicht niedriger Temperatur oder eines Kühlluftfilms niedriger Temperatur an der gesamten inneren Oberfläche eines Brennkammerflammrohres sorgt für eine wirksame Kühllung des Flammrohres gegenüber den heißen Verbrennungsgasen. Da jedoch die Temperatur dieser Grenzschicht etwa die Temperatur der Kühlluft ist, die wesentlich niedriger als etwa 816°C (1500°F) ist, kommt es während des Betriebes zum Abschrecken oder Abkühlen des Brennstoff/Luft-Gemisches an dieser Grenzschicht. Da die Verbrennung des abgeschreckten Brennstoff/Luft-Gemisches längs der Kühlluftgrenzschicht deshalb bei Temperaturen von weniger als etwa 816°C (1500°F) stattfindet, werden unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid erzeugt.

[0006] In Abhängigkeit von dem besonderen Gasturbinentriebwerksmodell können diese unverbrannten Kohlenwasserstoffe ebenso wie das Kohlenmonoxid die an die Abgasemissionen gestellten Forderungen erfüllen. Bei einem besonderen Modell eines Gasturbinentriebwerks, das gegenwärtig von der Anmelderin hergestellt wird, sind jedoch restriktivere FAA- und ICAO-Emissionsforderungen in Kraft getreten, die eine Änderung in der Konstruktion erforderlich gemacht haben, um die Emissionen an unverbranntem Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid zu reduzieren, damit diese Forderungen erfüllt werden. Da es sich bei dem Triebwerk um ein Triebwerk der laufenden Produktion handelt, war es erwünscht, daß die Änderungen innerhalb der Restriktionen, die durch eine bereits vorhandene Gasturbinentriebwerkskonstruktion auferlegt werden, auf einem Minimum gehalten werden.

[0007] In DE 29 44 139 A1 wird vorgeschlagen, die Wände von Gasturbinenbrennkammern in Flugzeugtriebwerken mittels Prallkühlung zu kühlen. Dazu sind Aufpralleinsätze vorgesehen, die entlang der zu kühlenden Oberflächen Kühlkammern bilden, in die Luft aus einer Vorkammer durch eine Vielzahl von Löchern eintritt, um die Wände zu kühlen.

[0008] Im Stand der Technik ist bereits erkannt worden, daß eine Querströmung in einem herkömmlichen prallgekühlten Gebilde die Wirksamkeit der Prallkühlung stark reduziert. Bei der herkömmlichen Prallkühlung, bei der Reihen von gegenseitigen axialen Abstand aufweisenden Prallöchern benutzt werden, bildet die Kühlluft, die aus den stromaufwärtigen Prallkühllöchern strömt, eine Grenzschicht von Kühlluft an der äußeren Oberfläche des Flammrohres, und es wird angenommen, daß die Grenzschicht mit dem Kühlfluid, das über benachbarte Prallöcher und jede folgende Reihe von Prallkühllöchern abgegeben wird, wiederaufgefrischt

und/oder in der Dicke vergrößert wird. Infolgedessen wird das effektive Wärmeübertragungsvermögen der Prallkühlung durch das Wärmeübertragungsvermögen der so gebildeten Grenzschicht aus Luft begrenzt.

[0009] DE 28 36 539 A1 offenbart ein prallgekühltes Heißgasgehäuse für Gasturbinen. Um zu verhindern, dass abströmende Kühlluft die Zufuhr frischer Kühlluft stört, sind Kühlluftführungen vorhanden, durch die die Kühlluft bis nahe an die zu kühlende Oberfläche herangeführt wird. Nach dem Kühlvorgang kann die Kühlluft zwischen den Kühlluftführungen hindurch abfließen, ohne die Zufuhr frischer Kühlluft zu stören.

[0010] US 4 642 024 beschreibt die Anwendung der Prallkühlung zur Kühlung des Statorteils einer Luftdichtung eines Gasturbinentriebwerks. US 4 526 226 offenbart die Anwendung der Prallkühlung an einem Turbinendeckband. In beiden Fällen wird die Kühlluft mehrmals nacheinander zur Kühlung verschiedener Bereiche verwendet, um den Kühlluftbedarf zu verringern und die Effizienz der Turbine zu erhöhen.

[0011] Ausgehend vom Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Brennkammer für ein Gasturbinentriebwerk zu schaffen, mit der eine Verringerung der Schadstoffemissionen, insbesondere von Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid, erreicht und die Einhaltung der diesbezüglichen Vorschriften sichergestellt wird. Ferner soll durch die Erfindung eine verbesserte Brennkammer geschaffen werden, die das Abschrecken des Brennstoff/Luft-Gemisches reduziert.

[0012] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine neue und verbesserte Kühleinrichtung zum Kühlen einer Wand zu schaffen. Weiter soll durch die Erfindung eine Brennkammer geschaffen werden, die eine neue und verbesserte Einrichtung zum Kühlen eines Flammrohres derselben hat, um eine Erhöhung der Temperatur der Verbrennungsgase unmittelbar an einer Oberfläche des Flammrohres, welche den Verbrennungsgasen zugewandt ist, zu gestatten.

[0013] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Brennkammer zu schaffen, die eine neue und verbesserte Einrichtung zum Kühlen eines Flammrohrteils derselben hat, um das Eliminieren der Filmkühlung dieses Flammrohrteils zu gestatten und das Abschrecken des Brennstoff/Luft-Gemisches zum Reduzieren der Abgasemissionen zu verringern.

[0014] Die Aufgaben werden durch ein prallgekühltes Gebilde, das im Folgenden auch als „durchbruchgekühltes" Gebilde bezeichnet wird, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0015] Der Erfinder hat ein neues Verfahren und ein neues Gebilde zum Kühlen einer Wand zur Erzielung einer Erhöhung der Wärmeübertragung derselben erfunden. Erreicht wird das durch ein Verfahren der "Durchbruch" ("breach")-Kühlung einer undurchlöcherten Wand, wobei ein Kühlfluid als ein Strahl auf die äußere Oberfläche der Wand geleitet wird und wobei der Strahl einen ausreichenden Impuls hat, um die Grenzschicht des Kühlfluids, die über der äußeren Oberfläche der Wand gebildet wird, zu durchbrechen, d.h. zu durchdringen und mit der äußeren Oberfläche der Wand in Kontakt zu kommen. Bei diesem Verfahren berührt der Kühlluftstrahl nicht einfach die Grenzschicht selbst und vermischt sich nicht einfach mit derselben, sondern durchbricht diese Grenzschicht, um in direkten Kontakt mit der äußeren Oberfläche der Wand zu kommen.

[0016] Die Erfindung beinhaltet ein Gebilde zur Prallkühlung einer undurchlöcherten Wand, beispielsweise eines Brennkammerflammrohres, um deren Kühlung zu verbessern. Dadurch kann auf eine Filmkühlung der den Verbrennungsgasen zugewandten Oberfläche der Flammrohrwand verzichtet werden, wodurch die Schadstoffemissionen reduziert werden. Im Abstand von der undurchlöcherten Wand weist das Gebilde eine zweite Wand auf, wodurch ein umschlossener Raum entsteht. Die zweite Wand weist mehrere Einlassöffnungen auf, um Kühlfluid durch sie hindurch in den Raum hinein zu leiten. Der Raum weist ferner mehrere Auslassöffnungen auf, durch die das Kühlfluid den Raum verlassen kann. Nach dem Auftreffen auf die undurchlöcherte Wand bildet das Kühlfluid eine Grenzschicht entlang der Oberfläche der undurchlöcherten Wand.

[0017] Die Einlass- und Auslassöffnungen sind dabei so bemessen und angeordnet, dass das durch die Einlassöffnungen eintretende Kühlfluid einen ausreichend großen Impuls aufweist, dass die Kühlfluidgrenzschicht entlang der Oberfläche der ersten Wand durchbrochen wird. Dabei sind die Einlass- und Auslassöffnungen so bemessen, dass ein an den Einlassöffnungen auftretender erster Druckabfall größer ist als ein an den Auslassöffnungen auftretender zweiter Druckabfall, wobei die Summe des ersten und zweiten Druckabfalls einem vorgegebenen Gesamtdruckabfall entspricht.

[0018] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen nä-

her beschrieben. Es zeigt

[0019] Fig. 1 eine Schnittansicht einer Gasturbinentriebwerksbrennkammer gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

[0020] Fig. 2 in Draufsicht einen Teil der in Fig. 1 gezeigten ersten Tafel nach der Linie 2-2,

[0021] Fig. 3 eine Schnittansicht eines vergrößerten Teils einer ersten Flammrohrplatte der in Fig. 1 gezeigten Brennkammer gemäß einer Ausführungsform der Erfindung nach der Linie 3-3 in Fig. 2,

[0022] Fig. 4 in einer Endansicht und teilweise im Schnitt die in Fig. 3 dargestellte erste Tafel nach der Linie 4-4,

[0023] Fig. 5 schematisch und teilweise im Schnitt eine Ansicht der in Fig. 3 dargestellten Einlässe, welche einen Strömungsumlenkrand gemäß einer Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht, und

[0024] Fig. 6 teilweise im Schnitt und teilweise perspektivisch eine Ansicht einer hohlen Gasturbinentriebwerkslaufschaufel mit einer durchbruchgekühlten konkaven Wand gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

[0025] In Fig. 1 ist eine Schnittansicht einer ringförmigen Brennkammer **10** eines Gasturbinentriebwerks dargestellt, die konzentrisch um eine Triebwerksmittellinie oder axiale Achse **12** angeordnet ist. Stromaufwärts der Brennkammer **10** befindet sich ein herkömmlicher Verdichter (nicht dargestellt), welcher der Brennkammer **10** verdichtete Luft oder Kühlfluid **14** liefert.

[0026] Die Brennkammer **10** hat ein ringförmiges äußeres Flammrohr **16** mit einer äußeren Oberfläche **18**, die einem ringförmigen Gehäuse **20** zugewandt ist und Abstand von diesem hat, so daß zwischen ihnen ein ringförmiger erster Kanal **22** gebildet ist, der einen Teil des Kühlfluids **14** empfängt. Die Brennkammer **10** hat außerdem ein ringförmiges inneres Flammrohr **24** mit einer äußeren Oberfläche **26**, die einem inneren Gehäuse **28** zugewandt ist und Abstand von diesem hat, so daß zwischen ihnen ein ringförmiger zweiter Kanal **30** gebildet ist, der einen Teil des Kühlfluids **14** empfängt. Das innere Flammrohr **24** hat Abstand von dem äußeren Flammrohr **16**, so daß zwischen ihnen eine Verbrennungszone **32** gebildet ist. Das äußere Flammrohr **16** und das innere Flammrohr **24** haben in entgegengesetzte Richtungen weisende innere Oberflächen **34** bzw. **36**, welche die Verbrennungszone **32** begrenzen. Das innere und das äußere Flammrohr **24**, **16** sind aus einem herkömmlichen metallischen Werkstoff, z.B. aus der im Handel erhältlichen Legierung Hastelloy X, hergestellt.

[0027] Die Brennkammer **10** hat außerdem eine ringförmige Kuppel **38**, die mit den stromaufwärtigen Enden **40** und **42** des äusseren Flammrohres **16** bzw. des inneren Flammrohres **24** fest verbunden ist. Die Brennkammer **10** enthält außerdem mehrere in gegenseitigem Umfangsabstand angeordnete Vergaser **44**, die in der Kuppel **38** angeordnet sind und jeweils eine herkömmliche Niederdruck-Luftblasbrennstoffeinspritzvorrichtung **46** und einen herkömmlichen gegenläufigen Drallkörper **48** aufweisen. Brennstoff **50** wird aus der Einspritzvorrichtung **46** in den Drallkörper **48** abgegeben und mit der Luft vermischt, um ein Brennstoff/Luft-Gemisch **52** zu erzeugen, welches an einem Auslaß **54** jedes Vergasers **44** in die Verbrennungszone **32** abgegeben wird, um darin zu verbrennen oder zu reagieren und Verbrennungs- oder Abgase **56** zu erzeugen. Die Abgase **56** strömen durch die Brennkammer **10** insgesamt in Richtung einer Längsachse **58** derselben und werden an einem Brennkammerauslaß **60** abgegeben, von wo aus sie dann zu einer Turbine (nicht dargestellt) geleitet werden.

[0028] Das äußere und das innere Flammrohr **16**, **24** haben jeweils mehrere seriell verbundene Flammrohrplatten, zu denen eine erste Flammrohrplatte **62**, die sich von der Kuppel **38** aus stromabwärts erstreckt, eine sich daran anschließende zweite Flammrohrplatte **64** und eine dritte Flammrohrplatte **66** gehören. An den Schnittstellen der ersten, der zweiten und der dritten Flaminrohrplatte **62**, **64** und **66** und an dem stromabwärtigen Ende der dritten Flammrohrplatte **66** sind herkömmliche Kühlwülste **68** vorgesehen, die jeweils allgemein eine nach hinten weisende, U-förmige Tasche aufweisen, welche ein Loch an ihrem Grund hat, um das Kühlfluid **14** abzugeben. Die Kühlwülste **68** leiten das Kühlfluid **14** aus den Löchern als einen Grenzschichtfilm **70** über die inneren Oberflächen **34** und **36** der Flammrohre, um eine Filmkühlung derselben zu bewirken.

[0029] Da die Filmkühlluft wesentlich kälter ist als die Verbrennungsgase **56**, führt das Abschrecken des Brennstoff/Luftgemisches **52** durch die Filmkühlluft zu unverbrannten Kohlenwasserstoffen und zur Bildung von Kohlenmonoxid.

[0030] Zum Reduzieren dieser Abgasemissionen wurden Modifizierungen an einer herkömmlichen filmgekühlten Brennkammer vorgenommen, um die Temperatur der Grenzschicht an den inneren Oberflächen der ersten Flammrohrplatte **62** zu erhöhen und so das Ausmaß an Abschreckung des Brennstoff/Luft-Gemisches **52** zur Verringerung der Abgasemissionen zu reduzieren.

[0031] Eine Modifizierung wurde so konstruiert und gebaut, daß sich ein reduziertes, minimales Ausmaß an Filmkühlung an der ersten Flammrohrplatte **62** ergab. Testergebnisse zeigten jedoch, daß der Kühlfilm zu dünn und unstabil war und daß die Flammrohrtemperaturen auf unzulässig hohe Werte anstiegen. Bei einer anderen Modifizierung, die gebaut und getestet wurde, wurde die Filmkühlung an der ersten Flammrohrplatte **62** eliminiert und statt ihr wurden zur Kühlung herkömmliche Prallkühltechniken benutzt. Die Prallkühlung wurde erzielt, indem eine äußere Wand mit Abstand über der ersten Flammrohrplatte **62** angeordnet wurde, wobei diese Wand eine relativ große Anzahl von kleinen herkömmlichen Prallkühllöchern aufwies. Testergebnisse von zwei Prallkühlkonstruktionsmodifizierungen zeigten jedoch, daß keine von ihnen eine ausreichende Kühlung der ersten Flammrohrplatte **62** ohne die Verwendung der Filmkühlung ermöglichte.

[0032] Der Erfinder hat herausgefunden, daß statt der Verwendung einer relativ großen Anzahl von relativ kleinen herkömmlichen Prallkühllöchern, d.h. dem Vergrößern der Dichte dieser Löcher, um den Wärmeübertragungskoeffizienten des Kühlfluids zu steigern, die Verwendung einer reduzierten Anzahl von relativ großen Kühllöchern zu einer wesentlichen Steigerung des Wärmeübertragungskoeffizienten zum Kühlen des Flammrohres führen kann.

[0033] Ausführlicher ist in Fig. 3 die erste Flammrohrplatte **62** des äußeren Flammrohres **16** dargestellt, wobei es sich versteht, daß sich auch eine im wesentlichen gleiche, aber umgekehrte Flammrohrplatte **62** bei dem inneren Flammrohr **24** findet. Die erste Flammrohrplatte **62** ist ein durchbruchgekühltes Gebilde mit einer undurchlöcherten ersten oder inneren Wand **72**, die sich von der Kuppel **38** aus an dem stromaufwärtigen Flammrohrende **40** zu der zweiten Flammrohrplatte **64** erstreckt. Die innere Wand **72** weist eine innere Oberfläche **74** auf, die der Verbrennungszone **32** zugewandt ist, und eine entgegengesetzte erste oder äußere Oberfläche **76**. Die erste Flammrohrplatte **62** hat weiter eine hintere Wand **78**, die sich von der inneren Wand **72** aus an einem hinteren Ende derselben nach außen erstreckt. Eine zweite oder äußere Wand **80** ist mit Abstand von der inneren Wand **72** angeordnet und auf geeignete Weise mit einem hinteren Ende derselben an der hinteren Wand **78** und an einem stromaufwärtigen Ende mit der inneren Wand **72** selbst fest verbunden, um dazwischen einen umschlossenen Raum **82** zu bilden. Die äußere Wand **80** hat mehrere Einlaßlöcher oder einfach Einlässe **84**, die der äußeren Oberfläche **76** zugewandt sind. Die hintere Wand **78** hat mehrere gegenseitigen Umfangsabstand aufweisende Auslaßlöcher oder einfach Auslässe **86** zum Abgeben des Kühlfluids **14** aus dem Raum **82**.

[0034] Die erste Flammrohrplatte **62** hat weiter eine Einrichtung zum Leiten des Kühlfluids **14** von jedem der Einlässe **84** aus als einen Strahl **88a**, **88b**, **88c** durch den Raum **82**, um eine Grenzschicht **90** zu durchbrechen, die sich an der äußeren Oberfläche **76** bildet, und in direkten Kontakt mit der äußeren Oberfläche **76** zu gelangen. Diese Einrichtung zum Leiten des Kühlfluids **14** umfaßt u.a., daß die Einlässe **84** und die Auslässe **86** so bemessen und positioniert sind, daß der Impuls (Masse × Geschwindigkeit) des Strahls **88a**, **88b**, **88c**, der durch die Einlässe **84** hindurchgehen kann, ausreicht, um die Grenzschicht **90** zu durchbrechen und mit der äußeren Oberfläche **76** in Kontakt zu kommen.

[0035] Zum Unterstützen des Umlenkens des Kühlfluids **14** aus einer insgesamt longitudinalen Richtung über der äußeren Wand **80** in eine Einwärtsrichtung, die schräg zu der äußeren Wand ist, ist ein ringförmiger, die Strömung umlenkender Rand **92** gemäß der Darstellung in den Fig. 3 und Fig. 5 an jedem Einlaß **84** vorgesehen, und zwar vorzugsweise daran befestigt oder angeformt. Der Rand **92** erstreckt sich vorzugsweise unter die äußere Wand **80** um mindestens etwa zwei Wanddicken derselben, um das Kühlfluid **14** effektiv umzulenken und die Strahlen **88a**, **88b**, **88c** zu richten. In einer Ausführungsform der Erfindung, die gebaut und getestet worden ist, waren die Ränder **92** in der Lage, die Strahlen **88a**, **88b**, **88c** zu der inneren Wand **72** unter einem zwischen ihnen gemessenen Winkel von etwa 75° zu leiten.

[0036] Fig. 3 zeigt, daß während des Betriebes der Brennkammer **10** das Kühlfluid **14** an den Einlässen **84** auf einem statischen Druck P_1 ist, der den Verdichteraustrittsdruck darstellt. Der statische Druck des Kühlfluids **14** in dem umschlossenen Raum **82** an dem Auslaß **86** hat einen Wert P_2 und der statische Druck des Kühlfluids **14** in den Kühlwülsten **68** stromabwärts des Auslasses **86** hat einen Wert P_3, welcher den statischen Druck am Turbineneinlaß darstellt. Der gesamte Druckabfall, P_1 minus P_3, der mit P_{13} bezeichnet wird, ist ein bestimmter Wert und wird durch den Triebwerkszyklus gesteuert.

[0037] Gemäß einem Merkmal der Erfindung wird ein erster Druckabfall P_1 minus P_2, der mit P_{12} bezeichnet wird, vorbestimmt größer gemacht als ein zweiter Druckabfall P_2 minus P_3, der mit P_{23} bezeichnet wird, um die Gewährleistung, daß die innere Wand **72** durchbruchgekühlt wird, zu unterstützen. Da der gesamte statische Druckabfall P_{13} eine gegebene Größe ist, können die Einlässe **84** und die Auslässe **86** so bemessen werden, daß der erste Druckabfall P_{12} einen maximalen Wert und der zweite Druckabfall P_{23} einen minimalen Wert hat, um zu gewährleisten, daß sämtliche Strahlen **88a**, **88b**, **88c** die Grenzschicht **90** durchbrechen. Das kann erreicht werden, indem der Strömungsquerschnitt der Auslässe **86** innerhalb der physikalischen Grenzen, die durch die Kühlwülste **68** gesetzt werden, einfach soweit wie möglich vergrößert wird, während noch ein effektives Ausmaß an Filmkühlung von den Auslässen **86** aus an der inneren Oberfläche **34** der zweiten Flammrohrplatte **64**, die stromabwärts der ersten Flammrohrplatte **62** angeordnet ist, erfolgt.

[0038] Zu Vergleichszwecken sei angegeben, daß bei einem herkömmlichen prallgekühlten Gebilde der statische Druckabfall an den Prallöchern üblicherweise etwa gleich dem statischen Druckabfall an den Auslaßlöchern, welche herkömmliche Filmkühlwülste speisen, ist.

[0039] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wie sie in den Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt ist, umfassen die Einlässe **84** eine erste, stromaufwärtige Reihe von gegenseitigen Umfangsabstand aufweisenden ersten Einlässen **84a**, eine zweite Reihe von gegenseitigen Umfangsabstand aufweisenden zweiten Einlässen **84b**, welche mit Längsabstand stromabwärts der ersten Einlässe **84a** angeordnet sind und an welche sich wiederum eine dritte Reihe von gegenseitigen Umfangsabstand aufweisenden dritten, hinteren Einlässen **84c** anschließt. Die Einlässe **84a**, **84b**, **84c** haben jeweils einen Strömungsquerschnitt A_1, A_2 bzw. A_3 und jeweils einen rechtwinkeligen Abstand H_1, H_2 bzw. H_3 von der äußeren Oberfläche **76**.

[0040] Ein erster Strahl **88a** des Kühlfluids **14** wird durch den ersten Einlaß **84a** erzeugt, um mit einem ersten, stromaufwärtigen Teil **76a** der äußeren Oberfläche **76** in Kontakt zu kommen, und die Grenzschicht **90** zu bilden, welche einen Impuls und eine Dicke T_1 hat und stromabwärts über einen zweiten Teil **76b** der äußeren Oberfläche **76** hinwegleitbar ist, welche dem zweiten Einlaß **84b** zugewandt ist. Der Strömungsquerschnitt A_2 des zweiten Einlasses **84b** wird zusammen mit dem Impuls eines zweiten Strahls **88b**, der durch den zweiten Einlaß **84b** erzeugt wird, auf vorbestimmte Weise relativ zu der Dicke T_1 und dem Impuls der Grenzschicht **90** gewählt, daß gewährleistet ist, daß der zweite Strahl **88b** die Grenzschicht **90** durchbricht, um mit der äußeren Oberfläche **76** des zweiten Teils **76b** in Kontakt zu kommen.

[0041] Ebenso werden der Strömungsquerschnitt A_3 des dritten Einlasses **84c** und der Impuls eines dritten Strahls **88c**, welcher durch den dritten Einlaß **84c** erzeugt wird, auf vorbestimmte Weise relativ zu dem Impuls und der Dicke T_2 der Grenzschicht **90**, welche über die äußere Oberfläche **76** des dritten Teils **76c** strömt, gewählt, daß gewährleistet ist, daß der dritte Strahl **88c** die Grenzschicht **90** durchbricht, um mit der äußeren Oberfläche **76** in Kontakt zu kommen.

[0042] Die Grenzschicht **90** nimmt in stromabwärtiger Richtung in der Dicke zu, weil die Menge an Kühlfluid **14** aus den Einlässen **84** kumulativ ist. Deshalb ist die Dicke T_3 größer als T_2, die ihrerseits größer als T_1 ist. Die Einlässe **84a**, **84b** und **84c** könnten zwar jeweils maßgeschneidert werden, um eine maximale Durchbruchkühlung mit einem Minimum an Kühlfluid **14** zum Durchbrechen der Dicken der Grenzschicht **90** zu erzielen, zur Vereinfachung der Herstellung können jedoch gleichmäßige Einlässe **84a**, **84b** und **84c** gewählt werden, um ein effektives Ausmaß an Durchbruchkühlung zu erzielen.

[0043] Die Zahl der Reihen von Einlässen **84** wird durch die Fähigkeit der Strahlen **88a**, **88b**, **88c**, die Grenzschicht **90** zu durchdringen, begrenzt. Zu viele Reihen von Einlässen **84** werden eine Grenzschicht **90** ergeben, die durch die Strahlen **88a**, **88b**, **88c** nicht durchdrungen werden kann, was das Kühlvermögen und den Wärmeübertragungskoeffizienten des Gebildes wesentlich reduzieren wird. Bei der exemplarischen Gasturbinentriebwerksbrennkammer, die tatsächlich gebaut und getestet worden ist, hat es sich gezeigt, daß eine optimale Zahl von Reihen von Einlässen **84** auf nicht mehr als drei Reihen begrenzt ist.

[0044] Zum Minimieren der Stärke und der Dicke der Grenzschicht **90** und zum gleichmäßigeren Kühlen der inneren Wand **72** wird bevorzugt, daß die zweiten Einlässe **84b** mit Umfangsabstand zwischen den ersten Einlässen **84a** und den dritten Einlässen **84c** angeordnet sind, wie es in Fig. 2 gezeigt ist.

[0045] Da jeder Strahl **88a**, **88b**, **88c** einen Kühlbereich in der äußeren Oberfläche **76** der inneren Wand **72** bewirkt, haben die Einlässe **84** auf vorbestimmte Weise derartigen gegenseitigen Abstand, daß die Kühlbereiche der Strahlen **88a**, **88b**, **88c** einander überlappen, um eine insgesamt gleichmäßige Temperatur der äußeren Oberfläche **76** der inneren Wand **72** zu erzielen.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform, die tatsächlich gebaut und getestet worden ist, hatten die Einlässe **84** einen gleichmäßigen Durchmesser von 2,92 mm (0,115 Zoll) und einen gegenseitigen Abstand von 7,11 mm (0,28 Zoll) in der Längsrichtung zwischen den Reihen und von 19,56 mm (0,77 Zoll) in der Umfangsrichtung. Die Höhen H_1, H_2 und H_3 betrugen 6,35 mm (0,25 Zoll), 7,62 mm (0,30 Zoll) bzw. 8,89 mm (0,35 Zol). Der gesamte statische Druckabfall P_{13} betrug etwa 0,97 bar (14 psi), der erste Druckabfall P_{12} betrug etwa 0,76 bar (11 psi), und der zweite Druckabfall P_{23} betrug etwa 0,21 bar (3 psi).

[0047] Aus den obigen Angaben können die besonderen Entwurfsparameter zum Erzielen der Durchbruchkühlung auf herkömmliche Weise bestimmt werden. Zum Beispiel können die folgenden Gleichungen benutzt werden:

$$h = Nuk/D \tag{1}$$

wobei h der Wärmeübertragungskoeffizient der äußeren Oberfläche **76** in jeder Reihe von Einlässen **84** ist, Nu die bekannte Nusselt-Zahl ist, die eine Funktion der Größe, des Abstands und der Teilung der Einlässe **84** sowie des Winkels A der Strahlen **88a**, **88b**, **88c** ist, k die Wärmeleitfähigkeit des Kühlfluids **14** ist, und D der Durchmesser der Einlässe **84** ist.

$$Nu = CRe^{m} Pr^{1/3} (H/D)^{0,091} \tag{2}$$

wobei der zusätzliche Parameter C eine Konstante ist, m eine Variable ist, Re die bekannte Reynolds-Zahl ist, Pr die bekannte Prandtl-Zahl ist, die für das Kühlfluid **14** bei einer bestimmten Temperatur im wesentlichen konstant ist, und H die Höhe H_1, H_2 oder H_3 der Einlässe **84** ist.

[0048] Die Parameter C und m werden auf herkömmliche Weise aus empirischen Daten bestimmt, die für besondere Verwendungszwecke erzeugt werden und eine Funktion der Dicke und des Impulses der Grenzschicht **90** sind.

$$Re = \varphi VD/\mu, \tag{3}$$

wobei der zusätzliche Parameter φ die Dichte des Kühlfluids **14** ist, V die Geschwindigkeit des Strahls **88a**, **88b**, **88c** ist, und μ der absolute Koeffizient der Viskosität des Kühlfluids **14** ist.

$$V = W/\varphi A_e \tag{4}$$

wobei der zusätzliche Parameter W der Durchsatz des Kühlfluids **14** in jeder Reihe von Einlässen **84** ist, und A_e der üblicherweise bekannte effektive Querschnitt jeder Reihe der Einlässe **84** ist (z.B. A_1, A_2, A_3).

$$W = (A_e/A_{et})\, W_t \tag{5}$$

wobei der zusätzliche Parameter A_{et} die Summe des effektiven Querschnitts von zusätzlichen Einlaßreihen ist und W_t der Gesamtdurchsatz ist.

$$W_t = \sqrt{(P_1 - P_3)\, 2\varphi}\; A_{eo} \tag{6}$$

wobei der zusätzliche Parameter A_{eo} der gesamte effektive Strömungsquerschnitt der Einlässe **84** und der Auslässe **86** ist.

$$\frac{1}{A_{eo}^{\,2}} = \frac{1}{A_{et}^{\,2}} + \frac{1}{A_{ed}^{\,2}} \tag{7}$$

wobei der zusätzliche Parameter A_{ed} die Summe der effektiven Querschnitte der Auslässe **86** ist.

[0049] Diese Gleichungen können benutzt werden, um den Wärmeübertragungskoeffizienten h aufgrund von jeder Reihe der Strahlen **88a**, **88b**, **88c** auf der Basis der obigen Parameter zu bestimmen. Eine iterative Technik wird benutzt, um die Entwurfsparameter zu verändern und einen Wärmeübertragungskoeffizienten h zu erzielen, der größer ist als der, welcher bei der herkömmlichen Prallkühlung erzielt werden würde.

[0050] Beispielsweise ist ein Wärmeübertragungskoeffizient h von etwa 633 kJ/h-0,09 m^2-0,55°C (600

btu/hr-ft^2-°F) für die herkömmliche Prallkühlung typisch. Im Gegensatz dazu wurde ein Wärmeübertragungskoeffizient h von etwa 950 kJ/h-0,09 m^2-0,55°C (900 btu/hr-ft^2-°F) bei der in Fig. 3 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der Durchbruchkühlung erzielt. Das stellt eine Verbesserung von etwa 50% dar. Der beträchtliche Vorteil der Durchbruchkühlung wird noch deutlicher im Vergleich zur herkömmlichen Filmkühlung einer Rückfläche eines undurchlöcherten Flammrohres, die einen typischen Wärmeübertragungskoeffizienten von etwa nur 317 kJ/h-0,09 m^2-0,55°C (300 btu/hr-ft^2-°F) ergibt.

[0051] Der Grenzwert für die Anzahl von Reihen der Einlässe **84** kann anhand der folgenden Gleichungen abgeschätzt werden:

$$h_{mitt} = Ke^{-c(N-1)} \quad (8)$$

wobei h_{mitt} der mittlere Wärmeübertragungskoeffizient aufgrund einer besonderen Reihe ist, K und c Konstanten sind, und N die Gesamtzahl der Reihen der Einlässe **84** ist. Bei einer Reihe von Einlässen **84** wäre K gleich dem mittleren Wärmeübertragungskoeffizienten für diese Reihe.

$$h_t = h_{mitt}(1-c(N-1)) \quad (9)$$

wobei der zusätzliche Parameter h_t der mittlere Wärmeübertragungskoeffizient aufgrund von sämtlichen Einlässen **84** ist.

[0052] Wenn die Anzahl von Reihen N der Einlässe **84** zunimmt, nimmt demgemäß der mittlere Wärmeübertragungskoeffizient h_t aufgrund von sämtlichen Einlässen **84** ab. Die Gleichungen 8 und 9 repräsentieren die Auswirkung der zunehmenden Dicke der Grenzschicht **90**. Wenn eine relativ große Anzahl von Reihen N benutzt wird, geht der Durchbruchkühleffekt verloren, was zu einem Gebilde führt, das einem herkömmlichen prallgekühlten Gebilde enger angenähert ist. Bei einer Ausführungsform der Erfindung hat es sich gezeigt, wie oben dargelegt, daß drei Reihen der Einlässe **84** effektiv ermöglicht haben, die Durchbruchkühlung zu erzielen.

[0053] Gemäß der Darstellung in den Fig. 3 und Fig. 4 hat die innere Wand **72** Abstand von der und überlappt die zweite Flammrohrplatte **64**, um die Kühlwulst **68** zu bilden, welche ein stromabwärtiges Ende der inneren Wand **72**, einen Teil der hinteren Wand **78** einschließlich der Auslässe **86** und einen stromaufwärtigen Teil der zweiten Flammrohrplatte **64** umfaßt. Das Kühlfluid **14** wird aus dem Raum **82** über die Auslässe **86** abgegeben und durch die Kühlwülste **68** veranlaßt, als der Grenzschichtfilm **70** von Kühlfluid über die innere Oberfläche **34** des äußeren Flammrohres **16** auf herkömmliche Weise zu strömen.

[0054] Das durchbruchgekühlte Gebilde, d.h. die erste Flammrohrplatte **62**, wie sie in Fig. 3 im wesentlichen dargestellt ist, wurde getestet, und es hat sich gezeigt, daß sich mit ihr akzeptabel niedrige Temperaturen der inneren Wand **72** durch Wärmeableitung von der inneren Wand **72** erzielen lassen, welche eine Wärmeströmungsgeschwindigkeit von etwa 475·10^6 J/h-0,09 m^2 (450000 btu/hr-ft^2) hatte, da keine Filmkühlung auf der Verbrennungsseite der Wand benutzt wurde. Das ist eine beträchtliche Steigerung des Wärmeflusses im Vergleich zu dem Wärmefluß von etwa 158·10^6 J/h-0,09 m2 (150000 btu/hr-ft^2), der üblicherweise bei einem herkömmlichen Flammrohr angetroffen wird, bei welchem die Oberfläche des Flammrohres, welche der Verbrennungszone zugewandt ist, hauptsächlich filmgekühlt wird.

[0055] Da der hohe Wärmefluß über die erste Flammrohrplatte **62** effektiv durch die Durchbruchkühlung abgeleitet wird, kann die Brennkammer **10** ohne Filmkühlung der inneren Oberfläche **74** der ersten Flammrohrplatte **62** betrieben werden, wodurch die Temperatur erhöht wird, welcher das Brennstoff/Luft-Gemisch **52** an der inneren Wand **72** ausgesetzt ist, und geringere Abgasemissionen erzielt werden. In einer getesteten Ausführungsform wurde die innere Oberfläche **74** effektiv auf etwa 816°C (1500°F) betrieben, ohne daß die Filmkühlung derselben notwendig war.

[0056] Zum weiteren Reduzieren der Abgasemissionen an unverbranntem Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid enthält eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung einen Wärmesperrüberzug **94** auf der gesamten inneren Oberfläche **74** der inneren Wand **72**. Der Überzug **94** ist herkömmlich, und 8% Yttrium-Zirkondioxid wurden in der bevorzugten Ausführungsform mit einer Dicke von etwa 0,254 mm (10 mils) benutzt. Mit dem Überzug **94** wurde der Wärmefluß durch die innere Wand **72** auf etwa 317·10^6 J/h-0,09 m^2 (300000 btu/hr-ft^2) reduziert. Durch die Verwendung des Überzugs **94** war die Oberfläche des Überzugs **94**, welche der Verbrennungszone **32** zugewandt ist, einer Temperatur von etwa 1038°C (1900°F) in der getesteten bevorzugten Ausführungsform ausgesetzt, und bei dieser Temperatur wurden die unverbrannten Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid wesentlich reduziert, so daß die Brennkammer **10** in der Lage war, die kürzlich erlassenen stren-

geren FAA- und ICAO-Emis sionsforderungen zu erfüllen.

[0057] Die durchbruchgekühlte erste Flammrohrplatte **62** wird aus mehreren Gründen lediglich als das Flammrohr unmittelbar stromabwärts der Kuppel **38** benutzt. Obgleich die durchbruchgekühlte Flammrohrplatte **62** einen hohen Wärmeübertragungskoeffizienten hat, ist eine relativ große Temperaturdifferenz von der inneren Oberfläche **74** zu der äußeren Oberfläche **76** vorhanden. Große Temperaturgradienten sind im allgemeinen unerwünscht, weil sie die Lebensdauer eines Gebildes verkürzen können. Da die Verbrennung hauptsächlich in der Verbrennungszone **32** in dem Bereich unmittelbar stromabwärts der Kuppel **38** und insgesamt innerhalb der ersten Flammrohrplatte **62** erfolgt, hat sich weiter die Durchbruchkühlung der ersten Flammrohrplatte **62** allein als wirksam erwiesen, die Abgasemissionen ausreichend zu reduzieren, um die FAA- und ICAO-Forderungen zu erfüllen. Demgemäß bleiben die zweite und die dritte Flammrohrplatte **64** und **66** grundsätzlich gegenüber der ursprünglichen und herkömmlichen Filmkühlkonstruktion ungeändert.

[0058] Da die erste Flammrohrplatte **62** ohne Filmkühlung der inneren Oberfläche **74** betrieben wird, um die Abgasemissionen zu reduzieren, zeigte es sich, daß die herkömmliche Kühlung einschließlich der Prallkühlung nicht ausreichte, um eine undurchlöcherte Flammrohrwand wirksam zu kühlen. Es zeigte sich auch, daß nur die Durchbruchkühlung gemäß der Erfindung in der Lage war, die undurchlöcherte innere Wand **72** ausreichend zu kühlen.

[0059] Die Erfindung wurde zwar zum Reduzieren der Abgasemissionen einer Brennkammer konzipiert, es ist jedoch klar, daß die verbesserte Kühlung, die aufgrund des beschriebenen Durchbruchkühlgebildes realisierbar ist, auch bei anderen Gebilden benutzt werden kann, die eine Kühlung erfordern.

[0060] Als Beispiel ist in Fig. 6 eine hohle Gasturbinentriebwerkslaufschaufel **96** dargestellt, durch welche das Kühlfluid **14** strömt. Die Gasturbinentriebwerkslaufschaufel **96** hat eine undurchlöcherte, konkave äußere oder erste Wand **98** mit einer inneren, ersten Oberfläche **100** und einer äußeren, zweiten Oberfläche **102**, über die die Verbrennungsgase strömen. Ein Einsatz **104** oder eine zweite Wand ist in der Gasturbinentriebwerkslaufschaufel **96** angeordnet und hat Abstand von der inneren Oberfläche **100**, um einen Raum **106** zu bilden. Der Einsatz **104** hat drei axialen Abstand aufweisende Reihen, die jeweils mehrere, radialen Abstand aufweisende Einlässe **108** aufweisen. Die Gasturbinentriebwerkslaufschaufel **96** hat mehrere, radialen Abstand aufweisende Hinterkantenauslässe **110**, welche das Kühlfluid aus dem Raum **106** abgeben. Der Einsatz **104**, die konkave Wand **98**, die Einlässe **108** und die Hinterkantenauslässe **110** gleichen insgesamt dem in Fig. 2 dargestellten Durchbruchkühlgebilde. Die Einlässe **108** und die Hinterkantenauslässe **110** sind auf vorbestimmte Weise bemessen und gestaltet, um eine Durchbruchkühlung der konkaven Seite **98** der Schaufel **96** zu erzielen.

[0061] Hier sind zwar die bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden, Modifizierungen sind jedoch im Rahmen der Erfindung möglich.

[0062] Zum Beispiel, obgleich nur das erste Flammrohrteil **62** durchbruchgekühlt gezeigt ist, kann jeder Flammrohrteil oder ein gesamtes Brennkammerflammrohr durchbruchgekühlt werden, was von den besonderen Entwurfserfordernissen abhängt. Obgleich eine getestete Ausführungsform ergeben hat, daß drei Reihen von Einlässen eine optimale Kühlung ergeben, wird der tatsächliche Grenzwert für die Zahl von Reihen nur durch die Möglichkeit, den verbesserten Wärmeübertragungskoeffizienten durch die hier beschriebene Durchbruchkühlung zu erzielen, beschränkt.

Patentansprüche

1. Prallgekühltes Gebilde enthaltend:
eine lochlose erste Wand (**72**; **98**) mit einer ersten Oberfläche (**76**) und eine im Abstand davon angeordnete zweite Wand (**80**), die dazwischen einen umschlossenen Raum (**82**; **106**) bilden,
wobei die zweite Wand (**80**) mehrere, der ersten Oberfläche (**76**) zugewandte Einlässe (**84**; **108**) aufweist, durch die hindurch ein Kühlfluid (**14**) in den Raum (**82**; **106**) hinein leitbar ist, wobei auf der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**; **98**) eine Grenzschicht (**90**) des Kühlfluids (**14**) gebildet wird, und
der Raum (**82**; **106**) mehrere Auslässe (**86**) zum Abgeben des Kühlfluids (**14**) aufweist,
wobei die Einlässe (**84**; **108**) und Auslässe (**86**) derart bemessen und angeordnet sind, dass der Impuls des durch die Einlässe (**84**; **108**) strömenden Kühlfluids (**14**) so groß ist, daß die Grenzschicht (**90**) des Kühlfluids (**14**), die auf der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**; **98**) ausgebildet ist, durchbrochen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Einlässe (**84**; **108**) und Auslässe (**86**) so bemessen sind, dass an den Einlässen (**84**; **108**) ein erster Druckabfall (P_{12}) und an den Auslässen (**86**) ein zweiter Druckabfall (P_{23}) erzeugbar

ist, wobei die Summe beider Druckabfälle gleich einem vorgegebenen gesamten Druckabfall (P_{13}) ist und der erste Druckabfall (P_{12}) größer als der zweite Druckabfall (P_{23}) ist.

2. Gebilde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlfluid (**14**) durch die Auslässe (**86**) aus dem Raum (**82**) abgegeben und durch Kühlwülste (**68**) dazu veranlasst wird, als ein Grenzschichtfilm (**70**) von Kühlfluid (**14**) entlang einer inneren Oberfläche (**34**, **36**) einer Flammrohrplatte (**64**) zu strömen, die stromabwärts von dem prallgekühlten Gebilde angeordnet ist.

3. Gebilde nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlässe (**84**) eine erste Reihe von einen Umfangsabstand aufweisenden ersten Einlässen (**84a**) und eine zweite Reihe von einen Umfangsabstand aufweisenden zweiten Einlässen (**84b**), die mit Längsabstand stromabwärts der ersten Einlässe (**84a**) angeordnet sind, umfassen, daß ein erster Strahl (**88a**) von Kühlfluid (**14**) durch jeden der ersten Einlässe (**84a**) erzeugt wird, um mit einem ersten Teil (**76a**) der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) in Kontakt zu kommen und eine Grenzschicht (**90**) des Kühlfluids (**14**) zu bilden, die ein Moment und eine Dicke (T_1) hat, und stromabwärts über einen zweiten Teil (**76b**) der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) strömen kann, der den zweiten Einlässen (**84b**) zugewandt ist, und daß jeder der zweiten Einlässe (**84b**) einen Strömungsquerschnitt (A_2) hat und einen zweiten Strahl (**88b**) erzeugt, welcher einen Impuls hat, wobei der Strömungsquerschnitt (A_2) des zweiten Einlasses (**84b**) und der Impuls des zweiten Strahls (**88b**) relativ zu der Dicke (T_1) und dem Moment der Grenzschicht (**90**) auf vorbestimmte Weise gewählt werden, so daß der zweite Strahl (**88b**) die Grenzschicht (**90**) durchbricht, um mit der ersten Oberfläche (**76**) des zweiten Teils (**76b**) der ersten Wand (**72**) in Kontakt zu kommen.

4. Gebilde nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine dritte Reihe von mehreren einen Umfangsabstand aufweisenden dritten Einlässen (**84c**), die stromabwärts von der zweiten Reihe angeordnet ist, wobei jeder der dritten Einlässe (**84c**) einen Strömungsquerschnitt (A_3) hat und einen dritten Strahl (**88c**) erzeugt, der einen Impuls hat, wobei der Strömungsquerschnitt (A_3) des dritten Einlasses (**84c**) und der Impuls des dritten Strahls (**88c**) auf vorbestimmte Weise relativ zu einer Dicke (T_2) und einem Impuls der Grenzschicht (**90**), die über den dritten Teil (**76c**) der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) strömen kann, gewählt werden, daß gewährleistet ist, daß der dritte Strahl (**88c**) die Grenzschicht (**90**) durchbricht, um mit dem dritten Teil (**76c**) der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) in Kontakt zu kommen.

5. Gebilde nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Wand (**80**) nicht mehr als drei Reihen von Einlässen (**84a**, **84b**, **84c**) aufweist.

6. Gebilde nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlässe (**84**) jeweils von einem Rand (**92**) eingefaßt sind, wobei sich der Rand (**92**) von der zweiten Wand (**80**) um mindestens zwei Wanddicken der zweiten Wand (**80**) einwärts erstreckt, um das Kühlfluid (**14**) und die Strahlen (**88a**, **88b**, **88c**) zum Durchbrechen zu der ersten Wand (**72**) hin umzulenken.

7. Gebilde nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Strahl (**88a**, **88b**, **88c**) auf einen Kühlbereich in der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) einwirkt und daß die Einlässe (**84**) vorbestimmten gegenseitigen Abstand haben, so daß die Kühlbereiche der Strahlen (**88a**, **88b**, **88c**) einander überlappen, um eine insgesamt gleichmäßige Temperatur der ersten Oberfläche (**76**) der ersten Wand (**72**) zu erzielen.

8. Gebilde nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das prallgekühlte Gebilde Teil einer Brennkammer (**10**) eines Gasturbinentriebwerks ist, wobei die Brennkammer (**10**) ein inneres Flammrohr (**24**) mit Abstand von einem äußeren Flammrohr (**16**), zwischen denen eine Verbrennungszone (**32**) gebildet ist, aufweist, wobei das äußere und das innere Flammrohr (**16**, **24**) erste Flammrohrplatten (**62**) aufweisen, die mit einer ringförmigen Kuppel (**38**) verbunden sind, wobei die Kuppel (**38**) mehrere gegenseitigen Umfangsabstand aufweisende Vergaser (**44**) zum Liefern eines Brennstoff/Luft-Gemisches (**52**), das in der Verbrennungszone (**32**) verbrennbar ist, aufweist, wobei das äußere und das innere Flammrohr (**16**, **24**) weiter zweite Flammrohrplatten (**64**) aufweisen, die sich von den ersten Flammrohrplatten (**62**) aus stromabwärts erstrecken, wobei die erste Flammrohrplatte (**62**) das prallgekühlte Gebilde ist, wobei die erste Wand (**72**) eine innere Wand und die zweite Wand (**80**) eine äußere Wand ist und wobei die ersten Wände (**72**) einen Teil der Verbrennungszone (**32**) begrenzen und die Auslässe (**86**) das Kühlfluid (**14**) als einen Grenzschichtfilm (**70**) längs der inneren Oberflächen der zweiten Flammrohrplatten (**64**) zur Filmkühlung derselben abgeben.

9. Gebilde nach Anspruch 8 enthält, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Wände (**72**) innere Oberflächen (**74**) aufweisen, die der Verbrennungszone (**32**) zugewandt und Strahlungs- und Konvektionserhitzung

von der Verbrennungszone (**32**) her ausgesetzt sind, und daß die Brennkammer (**10**) keine Filmkühlung der inneren Oberflächen (**74**) der ersten Wand (**72**) der ersten Flammrohrplatte (**62**) hat, um Emissionen unverbrannten Kohlenwasserstoffes und Kohlenmonoxids zu reduzieren.

10. Gebilde nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Oberflächen (**74**) der ersten Wand (**72**) einen Wärmesperrüberzug (**94**) zum weiteren Reduzieren der Emissionen unverbrannten Kohlenwasserstoffes und Kohlenmonoxids aufweisen.

11. Gebilde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das prallgekühlte Gebilde Teil einer Gasturbinentriebwerkslaufschaufel (**96**) ist, wobei die lochlose erste Wand (**98**) ein Teil einer äußeren Wand der Gasturbinentriebwerkslaufschaufel (**96**) und die zweite Wand ein innerhalb der Gasturbinentriebwerkslaufschaufel (**96**) angeordneter Einsatz (**104**) ist.

12. Gebilde nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Auslässe des umschlossenen Raums (**106**) mehrere Hinterkantenauslässe (**110**) umfassen, die in einer Hinterkante der Gasturbinentriebwerksschaufel (**96**) angeordnet sind.

13. Gebilde nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Einsatz (**104**) nicht mehr als drei Reihen der Einlässe (**108**) aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

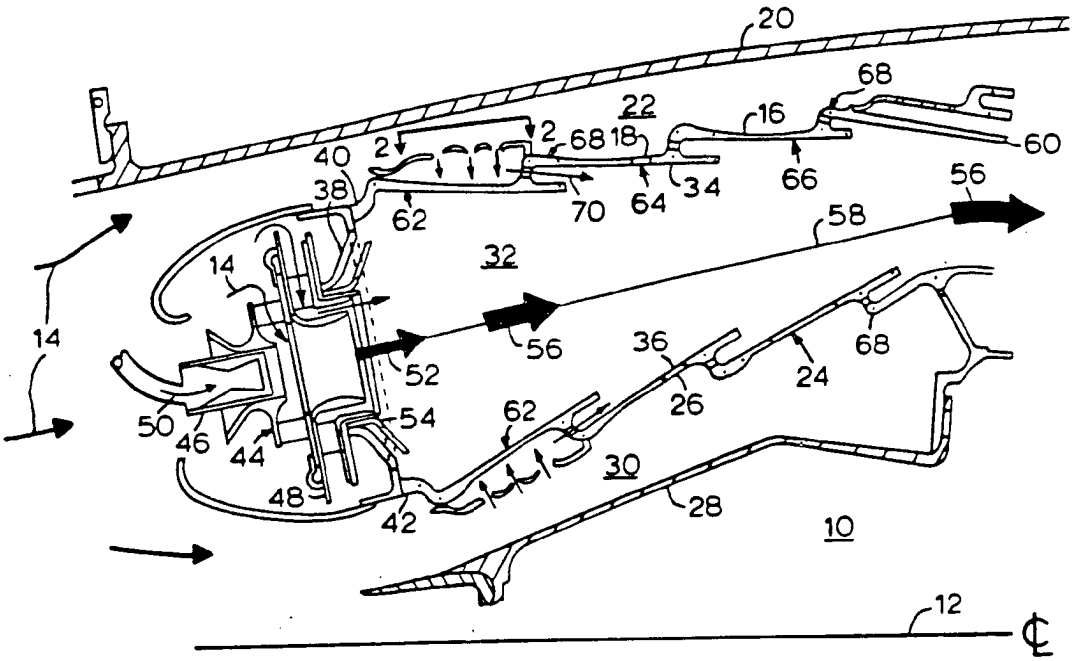


FIG. 1

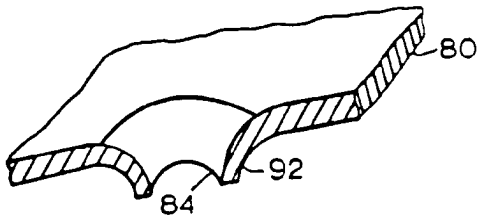


FIG. 5

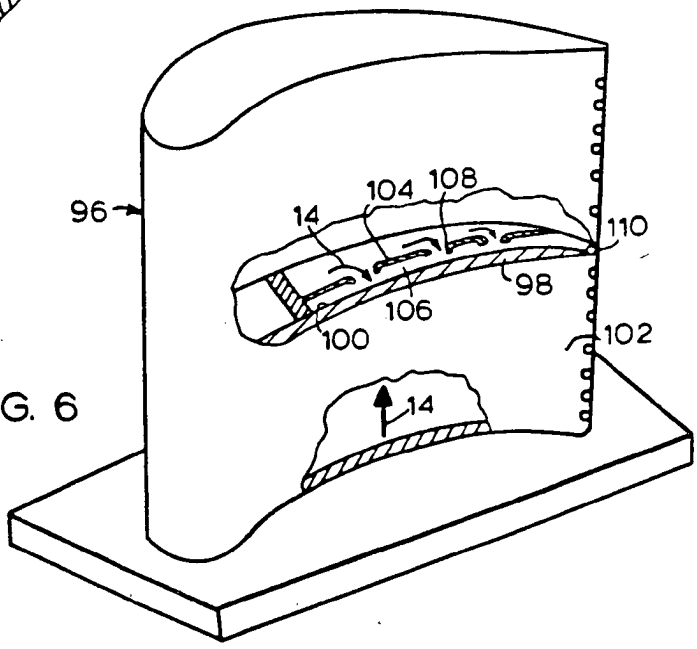


FIG. 6

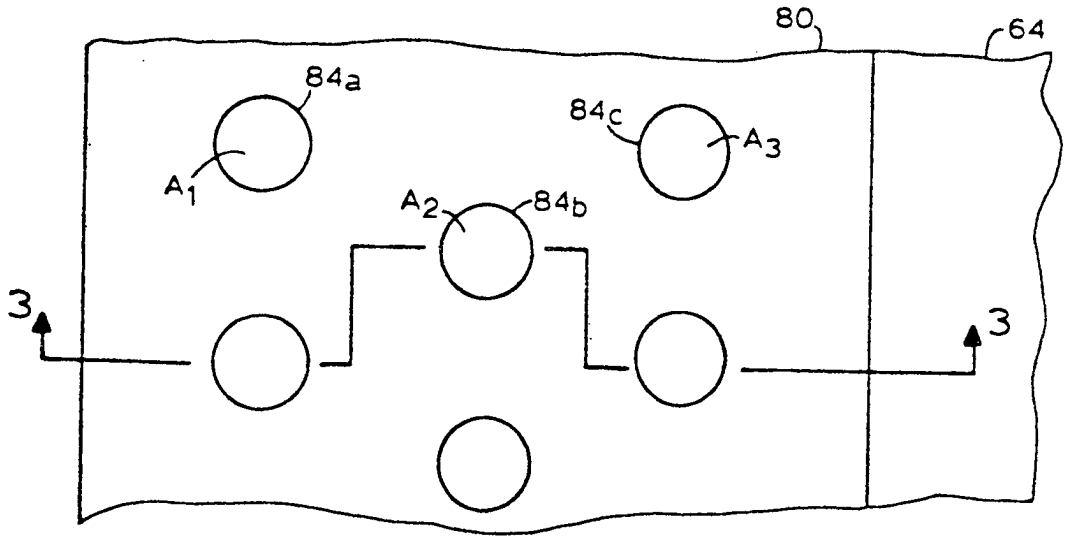
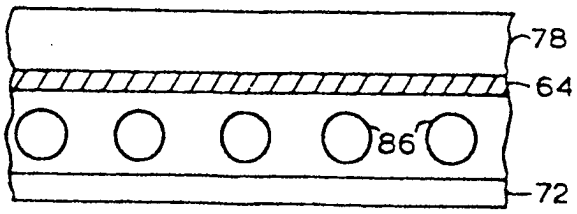


FIG. 2

FIG. 4



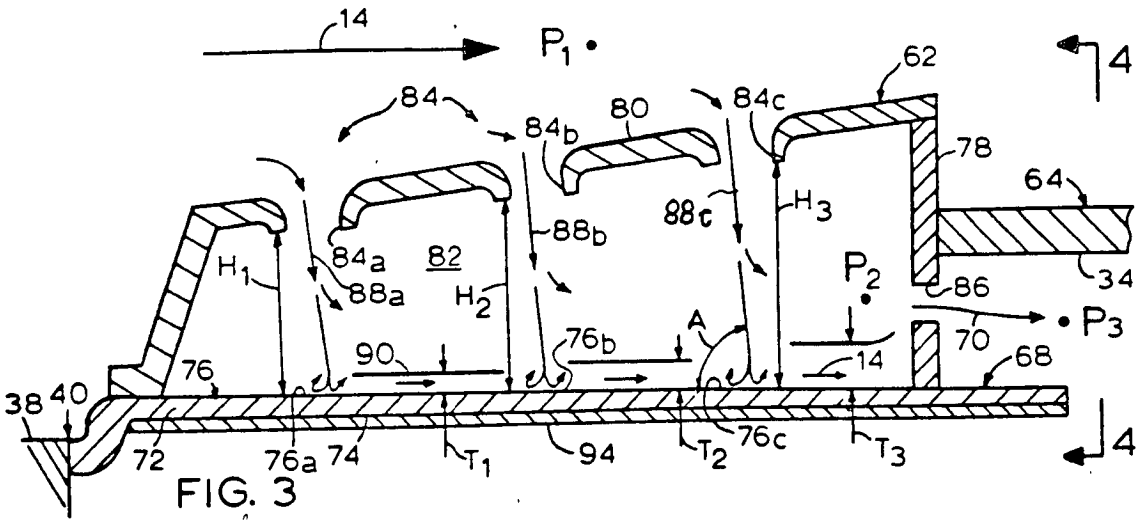

14
P1
4
62
84
84b
80
84c
78
64
88c
H3
88b
84a
82
H1
88a
H2
P2
86
34
P3
A
76b
70
90
14
68
76
38
40
72
76a
74
T1
94
T2
76c
T3
4

FIG. 3