

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 698 339 A2

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

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00009/09

(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(22) Anmeldedatum: 06.01.2009

(72) Erfinder:
Robert Alan Brittingham,
Piedmont, South Carolina 29673 (US)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2009

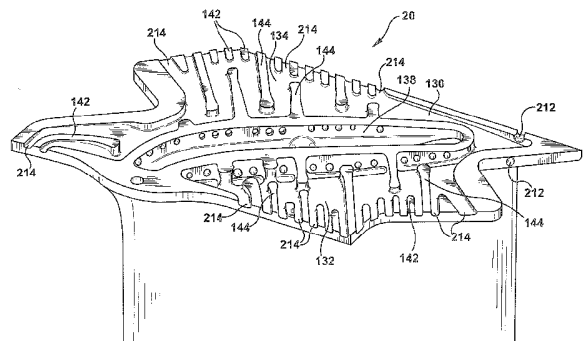
(30) Priorität: 10.01.2008 US 11/971,982

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) Turbinenschaufel mit einem gekühlten Deckband.

(57) Eine Turbinenschaufel, die Folgendes aufweist:
ein Deckband;
einen oder mehrere Kühlhohlräume (130), die innerhalb des Deckbandes ausgebildet sind; und
mindestens ein diskretes Strukturelement (202), das innerhalb mindestens eines der Kühlhohlräume (130) definiert ist.

Das diskrete Strukturelement (202) kann ein Element aufweisen, das einen Boden des Kühlhohlraums (130) strukturell mit einer Decke des Kühlhohlraums (130) verbindet und das nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums (130) oder einem äusseren Rand des Deckbandes seinen Ursprung hat oder darin mündet oder damit verbunden ist.



Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Turbine, zum Beispiel ein Flugzeugtriebwerk, eine Gasturbine, eine Dampfturbine usw. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Hohlraumdeckbänder und das Kühlen eines Turbinenschaufeldeckbandes durch Zirkulieren eines Kühlmittels durch den Hohlraum. Als ein nicht-einschränkendes Beispiel werden die Erfindung und ihr Hintergrund anhand einer Gasturbine beschrieben.

[0002] Die Turbinenschaufeln industrieller Gasturbinen und Flugzeugtriebwerke arbeiten in einem extremen Temperaturfeld. Die thermischen Belastungen und Metalltemperaturen, die mit diesem Umfeld verbunden sind, können die Grenznutzungsdauer der Turbinenschaufeln verkürzen. Das Kühlen der Turbinenschaufeln und ihrer Bestandteile während des Betriebes kann die Grenznutzungsdauer verlängern.

[0003] Viele Turbinenschaufeln weisen ein Flügelprofil und ein integrales Deckband auf, das an der Spitze des Flügelprofils angebracht ist. Das Deckband, das an der Aussenkante des Flügelprofils angebracht ist, bildet eine Oberfläche, die im Wesentlichen senkrecht zu der Flügelprofilfläche verläuft. Die Oberfläche des Deckbandes hilft, die Turbinenabgase an dem Flügelprofil zu halten (d.h. sie verhindert, dass die Abgase über das Ende des Flügelprofils abgleiten), so dass ein grösserer Prozentsatz an Energie von den Turbinenabgasen durch die Turbinenschaufeln in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Deckbänder verbessern somit die Leistung des Gasturbinenmotors. Des Weiteren ist es wünschenswert, dass die gesamte Aussenfläche des Flügelprofils durch ein Deckband bedeckt ist. Allerdings werden die Deckbänder und ihre Verbindung zu den Flügelprofilen aufgrund der mechanischen Kräfte, die durch die Drehgeschwindigkeit der Turbine wirken, während des Betriebes hohen Belastungen ausgesetzt. Wenn man diese mechanischen Belastungen und die thermischen Belastungen und Metalltemperaturen, die mit dem extremen Hochtemperaturumfeld der Turbine verbunden sind, zusammennimmt, so wird es zu einer rechten Herausforderung, ein Deckband zu konstruieren, das seine vorgesehene Funktion über die gesamte Grenznutzungsdauer des Flügelprofils hinweg erfüllt.

[0004] Zwei mögliche Verfahren zur Lösung dieses Problems bestehen darin, entweder

- 1) die auf die Deckbänder einwirkenden mechanischen Belastungen durch Verringern ihres Gewichts zu mindern oder
- 2) die Metalltemperaturen zu verringern, denen die Deckbänder ausgesetzt werden.

[0005] Im Hinblick auf die erste Lösung besteht ein gängiges Verfahren zum Verringern des Deckbandgewichts darin, das überstehende Deckband «auszuzacken» (d.h. eine Einwölbung oder einen Abschnitt des überstehenden Deckbandes zu entfernen). Die Verringerung des Deckbandmaterials führt zu einer Verringerung der Last, die während des Betriebes auf die Verbindung einwirkt, die zwischen dem Deckband und dem Flügelprofil besteht. Jedoch wird eine Verkleinerung der Oberfläche des Deckbandes durch Auszacken insofern durch einen Nachteil erkauft, als es die Leistung des Turbinenmotors mindert, weil ein Deckband mit kleinerer Oberfläche weniger in der Lage ist, das Turbinenabgas an dem Turbinenflügelprofil zu halten (d. h. es gleiten mehr Abgase über die Spitze eines Flügelprofils ab, das ein Deckband mit verkleinerter Oberfläche aufweist). Die zweite Alternative ist, d. h. das Senken der Metalltemperaturen, denen das Deckband ausgesetzt ist, durch Senken der Betriebstemperatur der Gasturbine ist ebenfalls keine wünschenswerte Lösung. Wie dem Durchschnittsfachmann klar ist, führt eine Senkung der Betriebstemperatur der Turbine zu einer Verringerung des Wirkungsgrades der Turbine. Eine Senkung der Metalltemperaturen, denen das Deckband ausgesetzt ist, durch Kühlen des Deckbandes während des Betriebes könnte jedoch die Grenznutzungsdauer des Teils verlängern.

[0006] Es besteht somit Bedarf an verbesserten Systemen zum Kühlen von Turbinenschaufeldeckbändern in einer solchen Weise, dass die Metalltemperaturen, die mit dem Hochtemperaturumfeld der Turbine verbunden sind, gesenkt werden. Die Senkung der Metalltemperaturen ermöglicht es dann dem Teil, den erhöhten mechanischen Belastungen, denen Deckbänder mit grösserer Oberfläche (d. h. nicht-ausgezackte Deckbänder) ausgesetzt sind, besser zu widerstehen. Ein solches System würde es dem Deckband ermöglichen, in dem Hochtemperaturumfeld der Turbine ohne Auszackung, oder mit der kleinstmöglichen Auszackung, besser zu arbeiten. Wenn ein solches System das Deckband kühlen könnte, während zusätzlich das Gewicht des Deckbandes verringert wird, so könnten darüber hinaus noch weitere Verbesserungen realisiert werden.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0007] Die vorliegende Anmeldung beschreibt darum eine Turbinenschaufel, die ein Deckband enthält, wobei ein oder mehrere Kühlhohlräume innerhalb des Deckbandes ausgebildet sind und wobei mindestens ein diskretes Strukturelement innerhalb mindestens eines der Kühlhohlräume definiert ist. Das diskrete Strukturelement kann ein Element aufweisen, das strukturell einen Boden des Kühlhohlraums mit einer Decke des Kühlhohlraums verbindet und weder von einer Innenwand des Kühlhohlraums noch einer Aussenkante des Deckbandes ausgeht oder darin mündet oder damit verbunden ist. Die Innenwand des Kühlhohlraums kann eine Wand, die eine Kühlmittelkammer definiert, oder eine Aussenwand des Kühlhohlraums oder eine mittige Innenwand aufweisen. Das diskrete Strukturelement kann ein Strukturelement aufwei-

sen, das mit Ausnahme der Verbindungen, die das Strukturelement mit dem Boden und der Decke des Kühlhohlraums aufweist, von dem hohlen Bereich des Kühlhohlraums umgeben ist.

[0008] In einigen Ausführungsformen kann das diskrete Strukturelement eine diskrete Teilungsrippe aufweisen, wobei die diskrete Teilungsrippe eine Rippe umfasst, die sich über mindestens einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum hindurch erstreckt. In einigen Ausführungsformen kann der grösste Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum hindurch mindestens 75% der Distanz durch den Kühlhohlraum hindurch aufweisen.

[0009] In einigen Ausführungsformen kann die diskrete Teilungsrippe so ausgebildet sein, dass sie ungefähr in der Mitte des Kühlhohlraums beginnt und sich nach aussen in Richtung der zwei gegenüberliegenden Aussenwänden des Kühlhohlraums erstreckt. Die diskrete Teilungsrippe kann eine solche Länge aufweisen, dass ein erster Spalt zwischen einem ersten Ende der diskreten Teilungsrippe und einer der gegenüberliegenden Aussenwände des Kühlhohlraums definiert wird und ein zweiter Spalt zwischen einem zweiten Ende der diskreten Teilungsrippe und der anderen der gegenüberliegenden Aussenwände des Kühlhohlraums definiert wird. Der erste Spalt und der zweite Spalt können jeweils eine Erstreckungsdistanz von ungefähr 0,10 bis 0,75 Inch aufweisen. In einigen Ausführungsformen weisen der erste Spalt und der zweite Spalt jeweils eine Erstreckungsdistanz von mindestens ungefähr 0,10 Inch auf. Das diskrete Strukturelement kann eine diskrete gekürzte Rippe aufweisen, wobei die diskrete gekürzte Rippe eine Rippe umfasst, die sich über weniger als einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum hindurch erstreckt.

[0010] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Anmeldung werden beim Studium der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen deutlich, wenn sie in Verbindung mit den Zeichnungen und den angehängten Ansprüchen gelesen wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Diese und weitere Aufgaben und Vorteile dieser Erfindung werden vollständiger verstanden und können besser eingeordnet werden, nachdem die folgende, ausführlichere Beschreibung der derzeit bevorzugten beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen studiert wurde, wobei in diesen Zeichnungen Folgendes dargestellt ist:

- Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Turbinenschaufel mit Deckband;
- Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht auf herkömmliche Deckbänder, die eine Deckband-Auszackung veranschaulicht ;
- Fig. 3 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 7 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 8 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung; und
- Fig. 9 ist eine weggeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckbandes mit einem Kühlhohlraum gemäss einer alternativen Ausführungsform der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0012] Wenden wir uns nun den Figuren zu, wo die verschiedenen Zahlen in den verschiedenen Ansichten gleiche Teile bezeichnen. Fig. 1 veranschaulicht eine typische Schaufel mit Kühlmitteldurchgängen, die an einer Schaufelspitze austreten, um über ein Deckband zu strömen. Wie dort schematisch veranschaulicht, besteht jede Turbinenschaufel 10 aus einem Flügelprofil 12 und einer Wurzel 14. Das Flügelprofil 12 hat eine Vorderkante und eine Hinterkante. Eine allgemein konkave Überdruckfläche und eine allgemein konvexe Unterdruckfläche erstrecken sich zwischen der Vorder- und der Hinterkante gegenüberliegender Seiten des Flügelprofils 12. In dem veranschaulichten Beispiel besteht die Wurzel 14 aus einem Schaft 16 und einem Schwalbenschwanz 18, der eine entsprechende Schwalbenschwanznut in dem Rotor in Eingriff nimmt, um die Turbinenschaufel 10 an dem Rotor zu befestigen.

[0013] Wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt, ist ein Deckband 20 an der Spitze des Flügelprofils 12 ausgebildet und erstreckt sich von der Oberfläche des Flügelprofils 12 senkrecht nach aussen. Das Deckband 20 hat radial nach innen und radial nach aussen weisende Flächen und ist dem heissen komprimierten Gas ausgesetzt, das durch die Turbinensektion strömt. Jedes Deckband 20 hat Lagerflächen 22, 24, über die es das Deckband einer benachbarten Schaufel berührt, wodurch Schaufelvibrationen entgegengewirkt wird. Des Weiteren erstreckt sich in der Regel eine Dichtungsschiene 26 von der radial nach aussen weisenden Fläche der Deckbandes 20 radial nach aussen, um ein Entweichen von heissem Gas um die jeweilige Schaufelreihe herum zu verhindern. In einigen herkömmlichen Turbinenschaufelstrukturen erstrecken sich mehrere Kühlluftdurchgänge radial auswärts durch die Schaufel in die Schaufelspitze hinein. In anderen herkömmlichen Turbinenschaufelstrukturen können Kühlmitteldurchgänge in dem Flügelprofil definiert sein. Wie in Fig. 2 gezeigt, kann der Kühlmitteldurchgang in herkömmlicher Weise in Luftauslasslöchern 28 enden, die es der Kühlluft ermöglichen, an der radial nach aussen weisenden Fläche des Deckbandes 20 auszutreten.

[0014] Fig. 3 veranschaulicht eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung. Wie veranschaulicht, können in dem Deckband 20 Hohlräume definiert sein (das heisst Kammern, Höhlungen, Öffnungen und/oder Durchgangskanäle). Alle innerhalb des Deckbandes 20 definierten Hohlräume können in Strömungsverbindung miteinander stehen, so dass die Hohlräume einen durchgängigen Kühlhohlraum bilden (im Weiteren ein «Kühlhohlraum 130»). (Es ist zu beachten, dass die im vorliegenden Text offenbarten beispielhaften Ausführungsformen allgemein mit Bezug auf die Funktion des Kühlens des Deckbandes mittels Hindurchleiten eines Kühlmittels beschrieben sind. Diese Funktion ist nur beispielhaft und soll keine Einschränkung darstellen. Alle im vorliegenden Text beschriebenen Ausführungsformen können allgemein auch zu anderen Zwecken als zum Kühlen verwendet werden. Zum Beispiel können alle Hohlräume und die strukturellen Stützkonfigurationen dafür verwendet werden, ein leichtes, strukturell stabiles Deckband herzustellen. Im Interesse der Kürze werden die Strukturelemente, die an der Bildung von Hohlräumen in einem Deckband beteiligt sind, im vorliegenden Text nur mit Bezug auf ihre «Kühl»-Funktion beschrieben. Jedoch sind, wie im vorliegenden Text definiert, alle solche Bezüge so zu verstehen, dass sie auch die Möglichkeit der Verwendung des Hohlraums und/oder beliebiger seiner Strukturelemente für Vorteile beinhaltet, die nichts mit der Kühlfunktion zu tun haben. Das heisst, dass zum Beispiel der «Kühlhohlraum» und/oder beliebige seiner beschriebenen Strukturelemente für die Funktion des Herstellens eines leichten, strukturell stabilen hohlen Deckbandes und nicht für den Zweck des Kühlens des Deckbandes verwendet werden können. Das gilt unabhängig davon, ob in der detaillierten Beschreibung oder in den Ansprüchen oder einem sonstigen Teil dieser Anmeldung von einer Kühlfunktion gesprochen wird oder nicht. In einigen Ausführungsformen kann der Kühlhohlraum 130 einen über-druckseitigen Kühlhohlraum 132 und einen unterdruckseitigen Kühlhohlraum 134 aufweisen, wobei diese mit der Überdruckseite bzw. der Unterdruckseite des Flügelprofils 12 übereinstimmen. Wie veranschaulicht, können der überdruckseitige Kühlhohlraum 132 und der unterdruckseitige Kühlhohlraum 134 entlang einer Hinterkante 136 des Flügelprofils 112 in Strömungsverbindung miteinander stehen.

[0015] In einer herkömmlichen Weise kann Luft in die Turbinenschaufel 10 nahe dem Bereich des Schwalbenschwanzes 18 oder Schaftes 16 eingesaugt werden und durch das Flügelprofil 12 in Richtung des Deckbandes 20 strömen. In dem veranschaulichten Beispiel kann eine Kühlmittelkammer 138 (die im Wesentlichen den überdruckseitigen Kühlhohlraum 132 und den unterdruckseitigen Kühlhohlraum 134 voneinander trennt) ungefähr in der Mitte des Deckbandes 20 als ein Kühlmittelreservoir (allgemein für komprimierte Luft) zur Verteilung durch das Deckband 20 hindurch über den überdruckseitigen Kühlhohlraum 132 und den unterdruckseitigen Kühlhohlraum 134 definiert sein. Als eine Alternative kann die Kühlmittelkammer 138 in der Spitze des Flügelprofils 12 definiert sein (diese Ausführungsform ist nicht gezeigt). Als eine weitere Alternative können die mehreren Kühlmitteldurchgänge, die durch das Flügelprofil 12 hindurch verlaufen, direkt mit dem überdruckseitigen Kühlhohlraum 132 und dem unterdruckseitigen Kühlhohlraum 134 gekoppelt sein, dergestalt, dass keine Kühlmittelkammer 138 vorhanden ist (siehe die Besprechung unten in Verbindung mit der Ausführungsform von Fig. 4).

[0016] Das Kühlmittel kann dann aus der Kühlmittelkammer 138 oder den jeweiligen Kühlmitteldurchgängen zu den Kühlhohlräumen 132, 134 – und durch die Kühlhohlräume 132, 134 hindurch strömen. In dem veranschaulichten Beispiel sind mehrere Kühlmittelkammeröffnungen 140 zwischen der Kühlmittelkammer 138 und den Kühlhohlräumen 132, 134 definiert. Somit stehen die Kühlmittelkammer 138, der überdruckseitige Kühlhohlraum 132 und der unterdruckseitige Kühlhohlraum 134 alle in Strömungsverbindung miteinander. Als solches, wie im vorliegenden Text definiert und verwendet, bilden die Kühlmittelkammer 138, der überdruckseitige Kühlhohlraum 132 und der unterdruckseitige Kühlhohlraum 134 einen einzigen Kühlhohlraum oder einen durchgängigen Kühlhohlraum in dem Deckband 20 (d.h. weil alle definierten Höhlungen, Kammern, Öffnungen und Durchgangskanäle innerhalb des Deckbandes 20 in Strömungsverbindung miteinander stehen). Die Kühlmittelkammeröffnungen 140, welche die Kühlhohlräume 132, 134 mit der Kühlmittelkammer 138 verbinden, brauchen nicht nur verwendet zu werden, um einfach die Kühlhohlräume 132, 134 mit der Kühlmittelkammer 138 zu verbinden, sondern können auch dafür ausgelegt sein, die Strömung in die Kühlhohlräume 132, 134 hinein so zu dosieren oder zu steuern, dass eine wünschenswerte Verteilung des Kühlmittels durch das Deckband 20 hindurch realisiert wird. In der Alternative kann die Kühlmittelkammer 138 zu den Kühlhohlräumen 132, 134 hin offen sein, wie später noch besprochen wird.

[0017] In dem Kühlhohlraum 130 können mehrere Stützrippen oder Rippen 142, 144 definiert sein. Im Allgemeinen sind die Rippen 142, 144 längliche Strukturen, die den Boden (oder radialen Boden) des Kühlhohlraums 130 mit der Decke (oder radialen Decke) des Kühlhohlraums 130 verbinden, wie in den verschiedenen Figuren veranschaulicht. (In dieser

Anmeldung ist der Boden des Kühlhohlraums 130 in den verschiedenen Figuren als der Bereich um die Rippen herum veranschaulicht. Die Decke des Kühlhohlraums 130 ist der Abschnitt, der von dem Deckband 20 entfernt wurde, so dass eine Ansicht des Innenraums des Kühlhohlraums 130 gewonnen werden kann.) Eine der Funktionen der Rippen 142, 144 besteht darin, vorteilhafterweise die Form des Kühlhohlraums 130 zu definieren. Ausserdem wahren die Rippen 142, 144 die strukturelle Festigkeit des hohlen Deckbandes 20, so dass die Grenznutzungsdauer der Turbinenschaufel 10 nicht beeinträchtigt wird. Die Rippen 142, 144 stützen die hohlen Bereiche des Kühlhohlraums 130, wodurch das Deckband 20 ein geringes Gewicht haben kann. Leichte Deckbänder sind von Vorteil, da sie mechanische Belastungen sowohl im Deckband 20 als auch im Flügelprofil 12 während des Betriebes mindern. Allgemein erstrecken sich, wie unten noch genauer beschrieben wird, die Rippen 142, 144 teilweise durch den Kühlhohlraum 130 hindurch, in dem sie sich befinden. In einigen Ausführungsformen können sich mehrere der Rippen 142, 144 über einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum 130 hindurch erstrecken. In einigen Ausführungsformen verlaufen die Rippen 142, 144 ungefähr parallel zueinander.

[0018] Wie veranschaulicht, können die Rippen 142, 144 mehrere gekürzte Rippen 142 aufweisen. Gekürzte Rippen 142 sind allgemein kürzere Rippen, die in einigen Ausführungsformen (und wie veranschaulicht) Austrittsöffnungen 147 definieren. Ausserdem können die Rippen 142, 144 mehrere Teilungsrippen 144 aufweisen, die wesentlich länger als die gekürzte Rippen 142 sind. (Es ist zu beachten, dass einige Ausführungsformen nur mehrere Teilungsrippen 144 aufzuweisen brauchen. In solchen Ausführungsformen können Löcher, die am Rand des Deckbandes 20 gebohrt sind, die Austrittsöffnungen 147 definieren.) Im Allgemeinen, und wie veranschaulicht, haben die Teilungsrippen 144 eine solche Länge, dass sie sich über mindestens einen grössten Teil der Erstreckungsdistanz des jeweiligen Kühlhohlraums 132, 134, aber nicht über die gesamte Distanz erstrecken. In einigen Ausführungsformen können sich die Teilungsrippen 144 über mindestens 75% der Breite durch den Kühlhohlraum 130 hindurch erstrecken. Auf diese Weise bilden die Teilungsrippen 144 keine separaten Hohlräume. Oder anders ausgedrückt: Der Hohlraum auf beiden Seiten einer Teilungsrippe 144 bleibt um mindestens ein Ende der Teilungsrippe 144 herum in Strömungsverbindung.

[0019] Wie in Fig. 3 veranschaulicht, können die Teilungsrippen 144 eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 aufweisen. Die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 kann sich allgemein auswärts von der Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, zu einer Position kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 erstrecken, wodurch ein Raum oder Spalt zwischen der sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippe 145 und der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert wird. In einigen Ausführungsformen kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der trunkierten Rippen 142 definiert sein. In solchen Ausführungsformen kann sich die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 von der Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, zu einer Position kurz vor der trunkierten Rippe 142, welche die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 an dieser Stelle definiert, erstrecken, wodurch ein Spalt zwischen der sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippe 145 und der trunkierten Rippe 142 definiert wird. Die Teilungsrippen 144 können auch eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 aufweisen, die sich allgemein von der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 zu einer Position kurz vor der Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, nach innen erstreckt, wodurch ein Spalt zwischen der sich nach innen erstreckenden Teilungsrippe 146 und der Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, definiert wird. In einigen Ausführungsformen können beide Spalte, die durch:

- 1) die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 und
- 2) die sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 und die Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, definiert werden, ungefähr 0,10 bis 0,25 Inch messen.

[0020] In anderen Ausführungsformen können beide Spalte, die durch:

- 1) die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 und
- 2) die sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 und die Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert, definiert werden, mindestens 0,10 Inch messen.

[0021] Wie veranschaulicht, kann jeder der Kühlhohlräume 132, 134 mehrere Teilungsrippen 144 aufweisen. In einigen Ausführungsformen (und wie veranschaulicht) kann jeder der Kühlhohlräume 132, 134 zwischen 4 und 7 Teilungsrippen 144 aufweisen. Des Weiteren können, wie veranschaulicht, die Teilungsrippen 144 in einer abwechselnden Anordnung konfiguriert sein. In einer abwechselnden Anordnung wechselt sich die Platzierung von sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippen 145 allgemein mit der Platzierung von sich nach innen erstreckenden Teilungsrippen 146 ab. In dieser Anmeldung ist eine «abwechselnde Anordnung» in weitem Sinne so zu verstehen, dass mehrere verschiedene Abwechslungs-Konfigurationen unter diesen Begriff fallen, und ist nicht streng auf eine Abwechslungs-Konfiguration nach dem Schema «eins auf eins» beschränkt (d.h. die Anordnung, bei der neben jeder sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippe 145 nur sich nach innen erstreckende Teilungsrippen 146 liegen dürfen). In dieser Anmeldung ist eine «abwechselnde Anordnung» auch so zu verstehen, dass sie zum Beispiel die folgende Sequenz von Teilungsrippen beschreibt: eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach aussen

erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146. In einem anderen Fall kann z. B. eine «abwechselnde Anordnung» verwendet werden, um diese Sequenz zu beschreiben: eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 – eine sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 – eine sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145. «Abwechselnde Anordnung» kann auch verwendet werden, um weitere ähnliche Sequenzen zu beschreiben. Die Strategie der abwechselnden Anordnung kann praktisch einen gewundenen oder labyrinthartigen Kühlkreis durch die Kühlhohlräume 132, 134 hindurch definieren, was bei der Kühlung des Deckbandes 20 über die Zirkulation eines Kühlmittels dort hindurch von Vorteil sein kann. In dieser Anmeldung ist ein Labyrinthkreislauf allgemein so definiert, dass er einen sich windenden oder richtungswechselnden Pfad beschreibt, der die Strömung hemmt, was, wie unten noch genauer beschrieben wird, vorteilhafterweise genutzt werden kann, um Kühlmittel während des Betriebes effektiv durch das gesamte Deckband 20 hindurch zu verteilen.

[0022] Wie oben angesprochen, können zwischen benachbarten gekürzten Rippen 142 Austrittsöffnungen 147 definiert sein, damit Kühlmittel aus der Turbinenschaufel 10 ausströmen kann. Die Kühlhohlräume 132, 134 sind, wie veranschaulicht, hauptsächlich in der Ebene des Deckbandes 20 angeordnet.

[0023] Fig. 4 veranschaulicht eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung, die nicht die Kühlmittelkammer 138 der oben besprochenen Ausführungsform aufweist. Die Ausführungsform von Fig. 4 kann allgemein die mehreren trunkierten Rippen 142 und Teilungsrippen 144 in einer ähnlichen Anordnung aufweisen wie die, die oben in Bezug auf Fig. 3 besprochen wurde. Jedoch kann die Ausführungsform von Fig. 4 anstelle der Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, eine mittige Innenwand 152 aufweisen. Die mittige Innenwand 152 halbiert allgemein den Kühlhohlraum 130, wodurch (wie die Kühlmittelkammer 138 es in der Ausführungsform von Fig. 3 tat) der überdruckseitige Kühlhohlraum 132 und der unterdruckseitige Kühlhohlraum 134 auf jede Seite gebildet werden. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die Kühlmitteldurchgänge, die sich durch das Flügelprofil 12 hindurch erstrecken, direkt über mehrere Eintrittsöffnungen 154 mit dem überdruckseitigen Kühlhohlraum 132 und dem unterdruckseitigen Kühlhohlraum 134 gekoppelt sein. Wie veranschaulicht, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang der Wand der mittleren Innenwand 152 angeordnet sein. Es sind noch andere Positionen möglich, wie zum Beispiel der Boden der Kühlhohlräume 132, 134.

[0024] Des Weiteren erstreckt sich in der Ausführungsform von Fig. 4 die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 allgemein auswärts von der mittleren Innenwand 152 zu einer Position kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130. In einigen Ausführungsformen, und wie veranschaulicht, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der gekürzten Rippen 142 definiert sein. In solchen Ausführungsformen kann sich die sich nach aussen erstreckende Teilungsrippe 145 von Fig. 4 von der mittleren Innenwand 152 zu einer Position kurz vor der trunkierten Rippe 142, welche die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 an dieser Stelle definiert, erstrecken, wodurch ein Spalt zwischen der sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippe 145 und der trunkierten Rippe 142 definiert wird. Des Weiteren erstreckt sich in der Ausführungsform von Fig. 4 die sich nach innen erstreckende Teilungsrippe 146 allgemein von der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 nach innen zu einer Position kurz vor der mittleren Innenwand 152, wodurch ein Spalt zwischen der nach innen erstreckenden Teilungsrippe 146 und der mittleren Innenwand 152 definiert wird. Und schliesslich können, ähnlich der Ausführungsform von Fig. 3, die Teilungsrippen 144 so angeordnet werden, dass sich die Platzierung einer sich nach aussen erstreckenden Teilungsrippe 145 mit der Platzierung einer sich nach innen erstreckenden Teilungsrippe 146 abwechselt.

[0025] In den Fig. 5 bis 9 sind alternative Ausführungsformen veranschaulicht. Diese Ausführungsformen veranschaulichen die Anwendung einiger der oben besprochenen Merkmale innerhalb von Kühlhohlräumen 130 einer anderen Konfiguration sowie die Verwendung neuer Elemente, wie weiter unten ausführlicher beschrieben wird. Beide Ausführungsformen, die in den Fig. 3 und 4 veranschaulicht sind, haben ein Teilungsstrukturelement ungefähr in der Mitte des Deckbandes 20 (d. h. in Fig. 3 ist das Teilungsstrukturelement die Kühlmittelkammer 138, und in Fig. 4 ist das Teilungsstrukturelement die mittige Innenwand 152). In einigen Ausführungsformen, wie denen der Fig. 5 bis 8, braucht kein Teilungsstrukturelement vorhanden zu sein.

[0026] Fig. 5 veranschaulicht eine alternative Ausführungsform eines einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraums 130 in einem Deckband 20 mit mehreren Teilungsrippen 144. Es können auch mehrere trunkierte Rippen 142 vorhanden sein. Die trunkierten Rippen 142 können Austrittsöffnungen 147 definieren, die entlang der Überdruckseite und der Unterdruckseite des Deckbandes 20 konzentriert sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die Kühlmitteldurchgänge, die sich durch das Flügelprofil 12 hindurch erstrecken, über mehrere Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 gekoppelt sein. Wie veranschaulicht, können die Eintrittsöffnungen 154 in Richtung der Mitte des Deckbandes 20 auf beiden Seiten einer ungefähren Mittellinie des Deckbandes 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen werden würde, ungefähr die Unterdruckseite des Deckbandes 20 von der Überdruckseite des Deckbandes 20 trennen würde, obgleich auch andere Positionen möglich sind.

[0027] Des Weiteren sind in der Ausführungsform von Fig. 5 die Teilungsrippen 144 so konfiguriert, dass sie ihren Ursprung entlang der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 (d.h. einer ersten Innenwand) haben und sich über das Deckband 20 hinweg in Richtung der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 (d.h. einer zweiten Innenwand) erstrecken. Die Teilungsrippen 144 können eine solche Länge aufweisen, dass sie an einer Position kurz vor der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden. Auf diese Weise kann ein schmaler Raum oder Spalt am Ende

der Teilungsrippe 144 zwischen der Teilungsrippe 144 und der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert werden. In einigen Ausführungsformen, und wie veranschaulicht, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der gekürzten Rippen 142 definiert sein. In solchen Ausführungsformen kann sich die Teilungsrippe 144 in Richtung der gekürzten Rippe 142 der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 zu einer Position kurz vor der gekürzten Rippe 142, welche die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 an dieser Stelle definiert, erstrecken, wie in Fig. 5 veranschaulicht. Auf diese Weise kann ein schmaler Raum oder Spalt am Ende der Teilungsrippe 144 zwischen der Teilungsrippe 144 und der gegenüberliegenden trunkierten Rippe 142 definiert werden. Des Weiteren können, wie in Fig. 5 veranschaulicht, die Teilungsrippen 144 in einer abwechselnden Anordnung koniert sein. In dieser Anordnung wechselt sich die Platzierung einer Teilungsrippe 144, die sich von einer der Aussenwände des Kühlhohlraums 130 erstreckt, mit der Platzierung einer Teilungsrippe 144 ab, die ihren Ursprung an der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 hat. Siehe dazu auch die oben gegebene Definition für «abwechselnde Anordnung». Wie zuvor, kann diese Strategie der abwechselnden Anordnung durch den Kühlhohlraum 130 hindurch praktisch einen gewundenen oder labyrinthartigen Kühlkreislauf definieren, was beim Kühlen des Deckbandes 20 über die Zirkulation eines Kühlmittels dort hindurch von Vorteil sein kann. Es ist zu beachten, dass in alternativen Ausführungsformen die abwechselnden Teilungsrippen 144 so ausgerichtet sein können, dass sie allgemein senkrecht auf die Ausrichtung der Teilungsrippen 144 ausgerichtet sein würden, wie in Fig. 5 veranschaulicht. Dem Durchschnittsfachmann leuchtet ein, dass auch andere Anordnungen möglich sind.

[0028] Die Fig. 6–8 veranschaulichen verschiedene beispielhafte Ausführungsformen, die diskrete Strukturelemente innerhalb eines Deckband-Kühlhohlraums 130 aufweisen. In dieser Anmeldung meint ein diskretes Strukturelement ein Element, das strukturell den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbindet und das nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem äusseren oder Umfangsrand des Deckbandes 20 seinen Ursprung hat oder darin mündet oder damit verbunden ist. Für den Zweck dieser Definition kann eine Innenwand des Kühlhohlraums 130 Folgendes aufweisen:

- 1) die Wand, welche die Kühlmittelkammer 138 definiert;
- 2) die Aussenwand des Kühlhohlraums 130;
- 3) die mittige Innenwand 152; oder
- 4) weitere ähnliche Wände, die innerhalb des Kühlhohlraums 130 definiert sein können.

[0029] Des Weiteren ist, wie in dieser Anmeldung verwendet und zuvor angemerkt, die Decke des Kühlhohlraums 130 das Element, das in den Fig. 3–9 weggelassen wurde, so dass das Innere des Kühlhohlraums 130 betrachtet werden kann. Oder anders ausgedrückt: Diskrete Strukturelemente sind allgemein Strukturelemente, die, mit Ausnahme der Verbindungen des Strukturelements mit dem Boden und der Decke des Kühlhohlraums 130, von dem hohlen Bereich des Kühlhohlraums 130 umgeben sind.

[0030] Fig. 6 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum 130 mit mehreren diskreten Teilungsrippen 202. Die diskreten Teilungsrippen 202 sind diskrete Strukturelemente, weil sie den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbinden und nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem äusseren Rand des Deckbandes 20 ihren Ursprung haben oder darin münden oder damit verbunden sind. In einigen Ausführungsformen, und wie gezeigt, können auch mehrere gekürzte Rippen 142 vorhanden sein. Die gekürzten Rippen 142 können Austrittsöffnungen 147 definieren, die entlang der Überdruckseite und der Unterdruckseite des Deckbandes 20 konzentriert sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 in der Ausführungsform von Fig. 6 können die Kühlmitteldurchgänge, die sich durch das Flügelprofil 12 hindurch erstrecken, über mehrere Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 gekoppelt sein. Wie veranschaulicht, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer ungefähren Mittellinie des Deckbandes 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen werden würde, ungefähr die Unterdruckseite des Deckbandes 20 von der Überdruckseite des Deckbandes 20 trennen würde.

[0031] Des Weiteren können in der Ausführungsform von Fig. 6 die diskreten Teilungsrippen 202 so konfiguriert sein, dass jede ungefähr in der Mitte des Kühlhohlraums 130 beginnt und sich nach aussen in Richtung gegenüberliegender Aussenwände des Kühlhohlraums 130 erstreckt. Die diskreten Teilungsrippen 202 können sich über mindestens einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum 130 hindurch erstrecken. In einigen Ausführungsformen können sich die diskreten Teilungsrippen 202 über mindestens 75% der Breite des Kühlhohlraums 130 erstrecken. In anderen Ausführungsformen können die diskreten Teilungsrippen 202 so ausgerichtet sein, dass sie allgemein senkrecht auf die in Fig. 6 veranschaulichten diskreten Teilungsrippen 202 ausgerichtet sein würden. Dem Durchschnittsfachmann leuchtet ein, dass auch andere Anordnungen möglich sind. Die diskreten Teilungsrippen 202 können eine solche Länge aufweisen, dass sie an einem Ende an einer Position kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden und an dem anderen Ende an einer Position kurz vor der gegenüberliegenden Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden. Auf diese Weise können zwei Spalte am Ende einer jeden der diskreten Teilungsrippen 202 definiert werden (d.h. ein erster Spalt, der durch das Ende der diskreten Teilungsrippe 202 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert wird; und ein zweiter Spalt, der durch das andere Ende der diskreten Teilungsrippe 202 und die gegenüberliegende Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert wird). In einigen Ausführungsformen können der erste und der zweite Spalt jeweils ungefähr 0,10 bis 0,75

Inch messen. In anderen Ausführungsformen können der erste und der zweite Spalt jeweils ungefähr mindestens 0,10 Inch messen. In einigen Ausführungsformen, und wie veranschaulicht, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der trunkierten Rippen 142 definiert werden. In solchen Ausführungsformen kann sich die diskrete Teilungsrippe 202 in Richtung gegenüberliegender Aussenwände des Kühlhohlraums 130 zu einer Position bis kurz vor der trunkierten Rippe 142, welche die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 an dieser Stelle definiert, erstrecken, wie in Fig. 6 veranschaulicht.

[0032] Fig. 7 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum 130 mit mehreren diskreten trunkierten Rippen 206. Die diskreten gekürzten Rippen 206 sind, wie oben definiert, diskrete Strukturelemente, weil sie den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbinden und nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem äusseren Rand des Deckbandes 20 ihren Ursprung haben oder darin münden oder damit verbunden sind. In einigen Ausführungsformen (obgleich nicht in Fig. 7 gezeigt) können auch mehrere gekürzte Rippen, die Austrittsöffnungen 147 definieren, vorhanden sein. Die gekürzten Rippen 142, die Austrittsöffnungen 147 definieren (wie in vorangegangenen Ausführungsformen gezeigt), werden nicht als diskrete Strukturelemente angesehen, wie im vorliegenden Text definiert, weil sie allgemein an der Aussenkante oder dem Umfangsrand des Deckbandes 20 enden. Ohne Kühlmittelkammer 138 in der in Fig. 7 gezeigte Ausführungsform können die Kühlmitteldurchgänge, die sich durch das Flügelprofil 12 hindurch erstrecken, über mehrere Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 gekoppelt werden. Wie veranschaulicht, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer ungefähren Mittellinie des Deckbandes 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen werden würde, ungefähr die Unterdruckseite des Deckbandes 20 von der Überdruckseite des Deckbandes 20 trennen würde.

[0033] Wie in Fig. 7 veranschaulicht, können mehrere der diskreten trunkierten Rippen 206 durch den gesamten Kühlhohlraum 130 hindurch so beabstandet sein, dass ein minimaler Spalt zwischen allen beibehalten bleibt. Die diskreten gekürzten Rippen 206 können von rechteckiger Art sein (in einigen Ausführungsformen mit gerundeten Ecken), wie in Fig. 7 gezeigt. In einigen Ausführungsformen können die diskreten gekürzten Rippen 206 ungefähr 0,10 bis 0,75 Inch lang und 0,05 bis 0,25 Inch breit sein. In einigen Ausführungsformen, und wie in Fig. 7 veranschaulicht, können zwischen 15 und 25 diskrete gekürzte Rippen 206 innerhalb des Kühlhohlraums 130 definiert sein.

[0034] Fig. 8 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum 130 mit mehreren diskreten Säulen 208. Die diskreten Säulen 208 sind, wie oben definiert, diskrete Strukturelemente, weil sie den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbinden und nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem äusseren Rand des Deckbandes 20 ihren Ursprung haben oder darin münden oder damit verbunden sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 in der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform können die Kühlmitteldurchgänge, die sich durch das Flügelprofil 12 hindurch erstrecken, über mehrere Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 gekoppelt sein. Wie veranschaulicht, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer ungefähren Mittellinie des Deckbandes 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen werden würde, ungefähr die Unterdruckseite des Deckbandes 20 von der Überdruckseite des Deckbandes 20 trennen würde.

[0035] Wie in Fig. 8 veranschaulicht, können mehrere der diskreten Säulen 208 durch den gesamten Kühlhohlraum 130 so beabstandet sein, dass ein minimaler Spalt zwischen allen diskreten Säulen beibehalten wird. Wie veranschaulicht, können die diskreten Säulen 208 einen kreisrunden Querschnitt aufweisen. In solchen Ausführungsformen kann der Durchmesser des kreisrunden Querschnitts ungefähr 0,05 bis 0,25 Inch messen. In anderen Ausführungsformen können die diskreten Säulen 208 einen quadratischen Querschnitt aufweisen. In solchen Ausführungsformen kann jede der Seiten des quadratischen Querschnitts ungefähr 0,05 bis 0,25 Inch messen. In einigen Ausführungsformen, und wie in Fig. 8 veranschaulicht, können zwischen 5 und 50 diskrete Säulen 206 innerhalb des Kühlhohlraums 130 definiert sein.

[0036] Fig. 9 veranschaulicht eine beispielhafte Ausführungsform, welche die Verwendung runder Austrittsöffnungen 212 und nicht-runder Austrittsöffnungen 214 bei einem Deckband-Kühlhohlraum 130 demonstriert. Wie zuvor beschrieben, können zwischen benachbarten trunkierten Rippen 142 oder durch die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 hindurch mehrere Austrittsöffnungen 212, 214 definiert sein, über die das druckbeaufschlagte Kühlmittel den Kühlhohlraum 130 verlassen kann. Wie in der beispielhaften Ausführungsform von Fig. 9 gezeigt, können nicht-runde Austrittsöffnungen 214 definiert werden. Diese nicht-runden Austrittsöffnungen 214 können eine rechteckige Gestalt haben (einige Ausführungsformen können gerundete Ecken aufweisen), wie veranschaulicht.

[0037] Obwohl nicht gezeigt, können die nicht-runden Austrittsöffnungen 214 auch eine elliptische oder ovale Form haben. Die nicht-runden Austrittsöffnungen 214 können im Vergleich zu runden Austrittsöffnungen Vorteile bei der Wärmeübertragung haben. Wie in Fig. 9 veranschaulicht, können auch eine oder mehrere der runden Austrittsöffnungen 212 definiert werden. Es können auch zusätzliche runde Austrittsöffnungen 212 und nicht-runde Austrittsöffnungen 214 vorhanden sein. Dem Durchschnittsfachmann leuchtet ein, dass auch andere Anordnungen der runden Austrittsöffnungen 212 und nicht-runden Austrittsöffnungen 214 möglich sein können.

[0038] Es ist zu beachten, dass die in den Fig. 3 bis 9 beschriebenen Ausführungsformen allesamt Beispiele eines Deckbandes mit einem einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum darstellen. Bestimmte der im vorliegenden Text besprochenen Merkmale sind jedoch in ihrer Verwendung nicht auf einen einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum beschränkt (d. h. sie können erfolgreich in Deckbändern verwendet werden, die mehrere getrennte Kühlhöhlräume aufweisen, die nicht in Strömungsverbindung miteinander stehen). Zu diesen Merkmalen gehören:

- 1) Rippen, die sich teilweise über einen Kühlhohlraum hinweg erstrecken, dergestalt, dass sie einen Durchgang zwischen dem Ende der Rippe und einer gegenüberliegenden Struktur bilden;
- 2) die abwechselnde Anordnung der Rippen, die sich teilweise über einen Kühlhohlraum hinweg erstrecken;
- 3) die diskreten Strukturelemente; und
- 4) die Verwendung von nicht-runden Austrittsöffnungen und runden Austrittsöffnungen.

[0039] Die Beschreibung dieser Merkmale in Bezug auf einen einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraum ist nur beispielhaft und soll keine Einschränkung darstellen.

[0040] Während der Verwendung kann Kühlmittel (allgemein komprimierte Luft) zu der Turbinenschaufel 10 verteilt werden. Das Kühlmittel kann durch die Kühlmitteldurchgänge hindurch zu der Kühlmittelkammer 138 strömen. Das Kühlmittel kann dann durch die Kühlmittelkammeröffnungen 140 hindurch in den Kühlhohlraum 130 geleitet werden. (Es ist zu beachten, dass in den Ausführungsformen, die in Fig. 4 bis Fig. 8 beschrieben sind, das Kühlmittel direkt durch die Eintrittsöffnungen 154 hindurch in den Kühlhohlraum 130 geleitet wird.) Sobald sich das Kühlmittel in dem Kühlhohlraum 130 befindet, strömt es je nach Bedarf um die Rippen 142, 144 in Richtung der Austrittsöffnungen 147 und verlässt dann das Deckband 20 über die Austrittsöffnungen 147, die allgemein entlang der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 positioniert sind. Dieser Kühlmittelstrom durch den Kühlhohlraum 130 hindurch kühlt das Deckband 20 durch Konvektion.

[0041] Dem Durchschnittsfachmann leuchtet ein, dass die Druckverhältnisse, die an den Rändern des Deckbandes 20 existieren, während des Betriebes der Turbine starken Schwankungen unterworfen sind. Der äussere Druck ist an der Vorderkante (in beiden Fig. 3 und 4 als 170 gezeigt) des Deckbandes 20 hoch, an der Hinterkante (in beiden Fig. 3 und 4 als 180 gezeigt) des Deckbandes 20 gering und an den Rändern des Deckbandes 20 zwischen der Vorder- und der Hinterkante (in beiden Fig. 3 und 4 als 190 gezeigt) von mittlerer Stärke. Der Druck in dem Kühlhohlraum 130 des Deckbandes 20 ist höher als der äussere Druck, doch ohne Eingreifen tritt ein grosser Teil des Kühlmittels nahe der Hinterkante 180 des Deckbandes 20 aus, wo der äussere Druck am geringsten ist. Diese Tendenz kann zur Folge haben, dass eine unzureichende Menge Kühlmittel an der Vorderkante 170 des Deckbandes 20 austritt, was in jenen Bereichen zu übermässig hohen Temperaturen führen kann, die sich nachteilig auf die Grenznutzungsdauer der Turbinenschaufel 10 auswirken können. Darum ist es wünschenswert zu bewirken, dass das Kühlmittel vorzugsweise durch das gesamte Deckband 20 hindurch verteilt wird, wenn es die Turbinenschaufel 10 verlässt.

[0042] Die Anordnung der Rippen 142, 144, wie sie in den Ausführungsformen oben beschrieben ist, erzeugt allgemein einen gewundenen oder labyrinthartigen Kühlkreislauf, den das Kühlmittel, das in das Deckband 20 eintritt, vor dem Ausreten durchlaufen muss. Zum Beispiel muss Kühlmittel, das nahe der Vorderkante 170 in das Deckband 20 eintritt, den labyrinthartigen Kühlkreislauf durchqueren, um an der Hinterkante 180, wo ein geringerer Druck herrscht, auszutreten. Auf diese Weise erzeugt der gewundene Pfad oder der labyrinthartige Kühlkreislauf eine Behinderung, die verhindert, dass eine unverhältnismässige Menge des Kühlmittels an der Hinterkante 180, wo ein geringerer Druck herrscht, austritt. Das Resultat ist, dass Kühlmittel entlang all der verschiedenen Druckregionen des Deckbandes 20 aus dem Deckband 20 austritt, wodurch während des Betriebes eine bevorzugte Verteilung von Kühlmittel durch das gesamte Deckband 20 hindurch erzeugt wird. Dieses vorteilhafte Resultat wird erreicht, ohne dass mehrere unabhängige oder getrennte Kühlhöhlräume (d. h. Kühlhöhlräume, die nicht in Strömungsverbindung miteinander stehen) innerhalb des Deckbandes 20 erforderlich sind. Der Durchschnittsfachmann weiss, dass Turbinenschaufeln mit Kühlhöhlräumen allgemein durch ein Ausschmelzgiessverfahren hergestellt werden. Das Vorhandensein eines einzelnen oder durchgängigen Kühlhohlraums anstelle mehrerer getrennter Höhlräume macht es möglich, bestimmte Vorteile in dem Ausschmelzgiessverfahren zu realisieren.

[0043] Ein weiterer Vorteil der abwechselnden Anordnung der Teilungsrippen 144 ist, dass die freien Enden 194 einer jeden der Teilungsrippen 144 durch die Teilungsrippe 144 zu jeder Seite hin abgeschirmt sind, wodurch die strukturelle Integrität des Deckbandes 20 erhöht wird. Mit dem freien Ende 194 der Teilungsrippe 144 ist das Ende gemeint, das in einem offenen Bereich innerhalb des Kühlhohlraums 130 endet (siehe das freie Ende, das in den Fig. 3, 4 und 5 mit 194 bezeichnet ist). Oder anders ausgedrückt: Das freie Ende 194 ist das Ende der Teilungsrippe 144, das dem Ende gegenüberliegt, das seinen Ursprung an einer Innen- oder Aussenwand in dem durchgängigen Kühlhohlraum 130 hat («Innen- oder Aussenwand» des durchgängigen Kühlhohlraums 130 kann zum Beispiel bedeuten:

- 1) die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 oder
- 2) die Wand der Kühlmittelkammer 138 oder
- 3) die mittige Innenwand 152).

[0044] Wie dem Durchschnittsfachmann einleuchtet, entsteht dadurch, dass man die Teilungsrippe 144 in einem offenen Bereich innerhalb des durchgängigen Kühlhohlraums 130 enden lässt, ein Bereich von erhöhter mechanischer Beanspruchung. Die Belastung, die zu dieser mechanischen Beanspruchung führt, kann jedoch durch die benachbarte Teilungs-

rippe 144 aufgefangen werden, die aufgrund der abwechselnden Anordnung der Teilungsrippen 144 möglicherweise nicht in demselben Bereich innerhalb des Kühlhohlraums endet. Dies dient dem Verringern der örtlichen Belastungskonzentrationen, die sich anderenfalls am Ende einer der Teilungsrippen 144 bemerkbar gemacht hätten.

[0045] Obgleich die Erfindung in Verbindung damit beschrieben wurde, was derzeit als die praktischste und bevorzugte Ausführungsform angesehen wird, versteht es sich, dass die Erfindung nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt werden darf, sondern vielmehr verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen umfassen soll, die unter den Geist und Geltungsbereich der angehängten Ansprüche fallen. Während zum Beispiel speziell über das Kühlen eines Deckbandes gesprochen wurde, könnte die im vorliegenden Text offenbarte Technologie auch auf ein Deckband angewendet werden, das sich nicht an der Spitze der Schaufel befindet. In dieser Hinsicht haben einige Schaufeln Deckbänder ungefähr in der Mitte der Länge des Flügelprofils, die sie mit ihrer benachbarten Schaufel verbinden, und die oben beschriebenen Kühlmitteldurchgänge könnten darin integriert sein.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10), die Folgendes umfasst: ein Deckband (20); einen oder mehrere Kühlhohlräume (130), die innerhalb des Deckbandes (20) ausgebildet; und mindestens ein diskretes Strukturelement (202, 206, 208), das innerhalb mindestens eines der Kühlhohlräume (130) definiert ist.
2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, wobei das diskrete Strukturelement (202, 206, 208) ein Element umfasst, das einen Boden des Kühlhohlraums (130) strukturell mit einer Decke des Kühlhohlraums (130) verbindet und das nicht an einer Innenwand des Kühlhohlraums (130) oder einem äusseren Rand des Deckbandes (20) seinen Ursprung hat oder darin mündet oder damit verbunden ist.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 2, wobei die Innenwand des Kühlhohlraums (130) eine Wand, die eine Kühlmittelkammer (138) definiert, eine Aussenwand des Kühlhohlraums (130) oder eine mittige Innenwand (152) umfasst.
4. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 2, wobei das diskrete Strukturelement (202, 206, 208) ein Strukturelement umfasst, das mit Ausnahme der Verbindungen, die das Strukturelement mit dem Boden und der Decke des Kühlhohlraums (130) aufweist, von dem hohlen Bereich des Kühlhohlraums (130) umgeben ist.
5. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 4, wobei das diskrete Strukturelement (202, 206, 208) eine diskrete Teilungsrippe (202) umfasst, wobei die diskrete Teilungsrippe (202) eine Rippe umfasst, die sich über mindestens einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum (130) hindurch erstreckt.
6. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 5, wobei der grösste Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum hindurch mindestens 75% der Distanz durch den Kühlhohlraum (130) hindurch umfasst.
7. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 5, wobei die diskrete Teilungsrippe (202) so ausgebildet ist, dass sie ungefähr in der Mitte des Kühlhohlraums (130) beginnt und sich nach aussen in Richtung der zwei gegenüberliegenden Aussenwände des Kühlhohlraums (130) erstreckt; und wobei die diskrete Teilungsrippe (202) eine solche Länge aufweist, dass ein erster Spalt zwischen einem ersten Ende der diskreten Teilungsrippe (202) und einer der gegenüberliegenden Aussenwände des Kühlhohlraums (130) definiert wird und ein zweiter Spalt zwischen einem zweiten Ende der diskreten Teilungsrippe (202) und der anderen der gegenüberliegenden Aussenwände des Kühlhohlraums (130) definiert wird.
8. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 7, wobei der erste Spalt und der zweite Spalt jeweils eine Erstreckungsdistanz von ungefähr 0,10 bis 0,75 Inch aufweisen.
9. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 7, wobei der erste Spalt und der zweite Spalt jeweils eine Erstreckungsdistanz von mindestens ungefähr 0,10 Inch aufweisen.
10. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 4, wobei das diskrete Strukturelement (202, 206, 208) eine diskrete gekürzte Rippe (206) umfasst, wobei die diskrete gekürzte Rippe (206) eine Rippe umfasst, die sich über weniger als einen grössten Teil der Distanz durch den Kühlhohlraum (130) hindurch erstreckt.

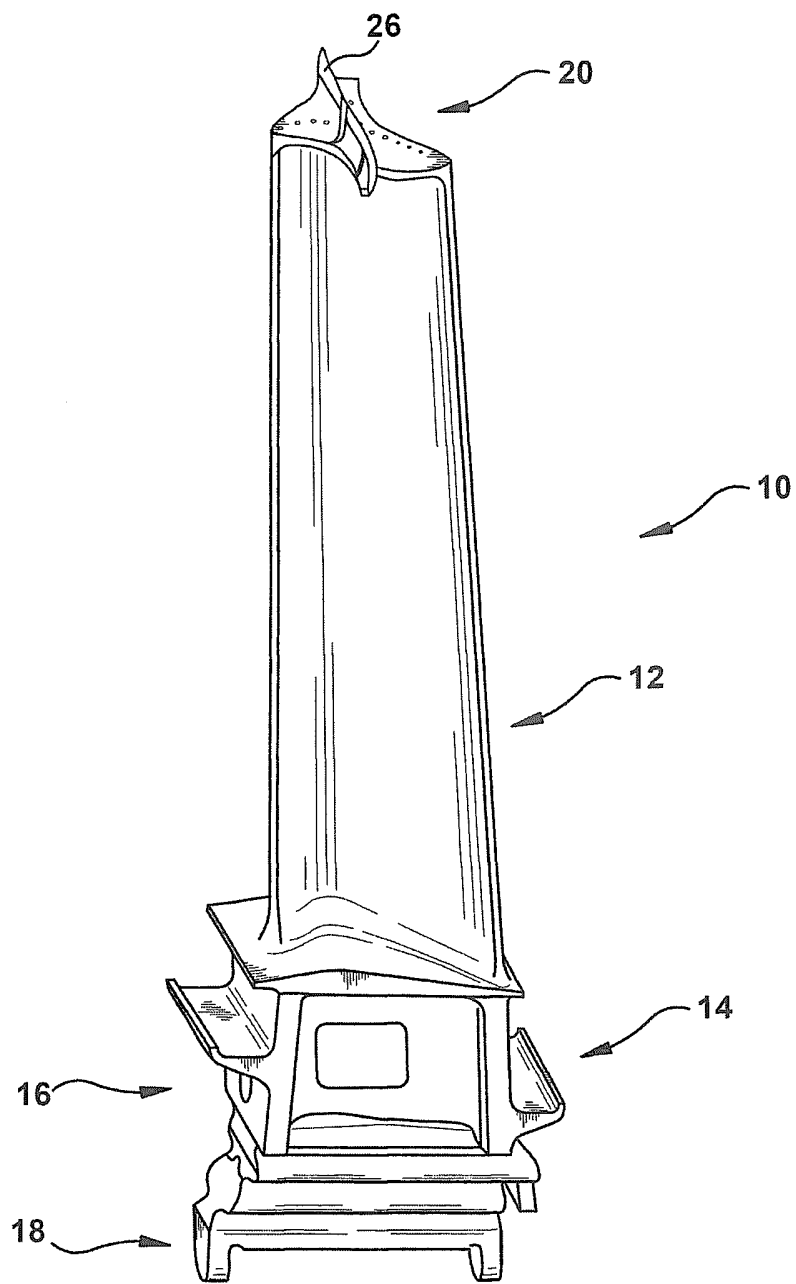


FIG. 1

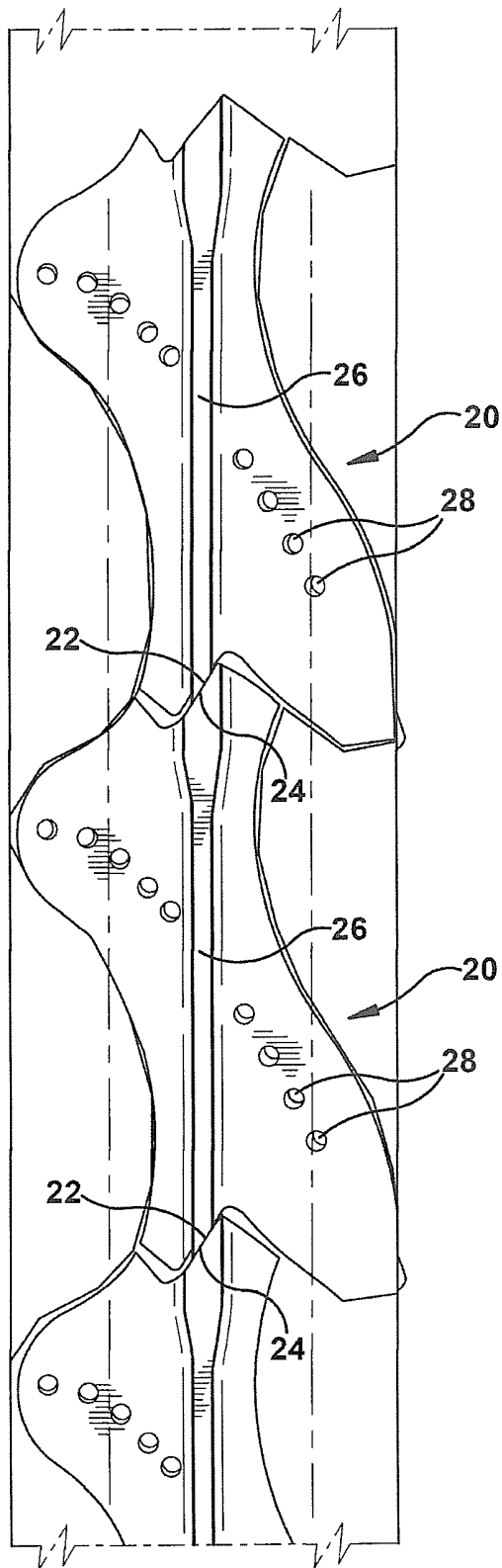


FIG. 2

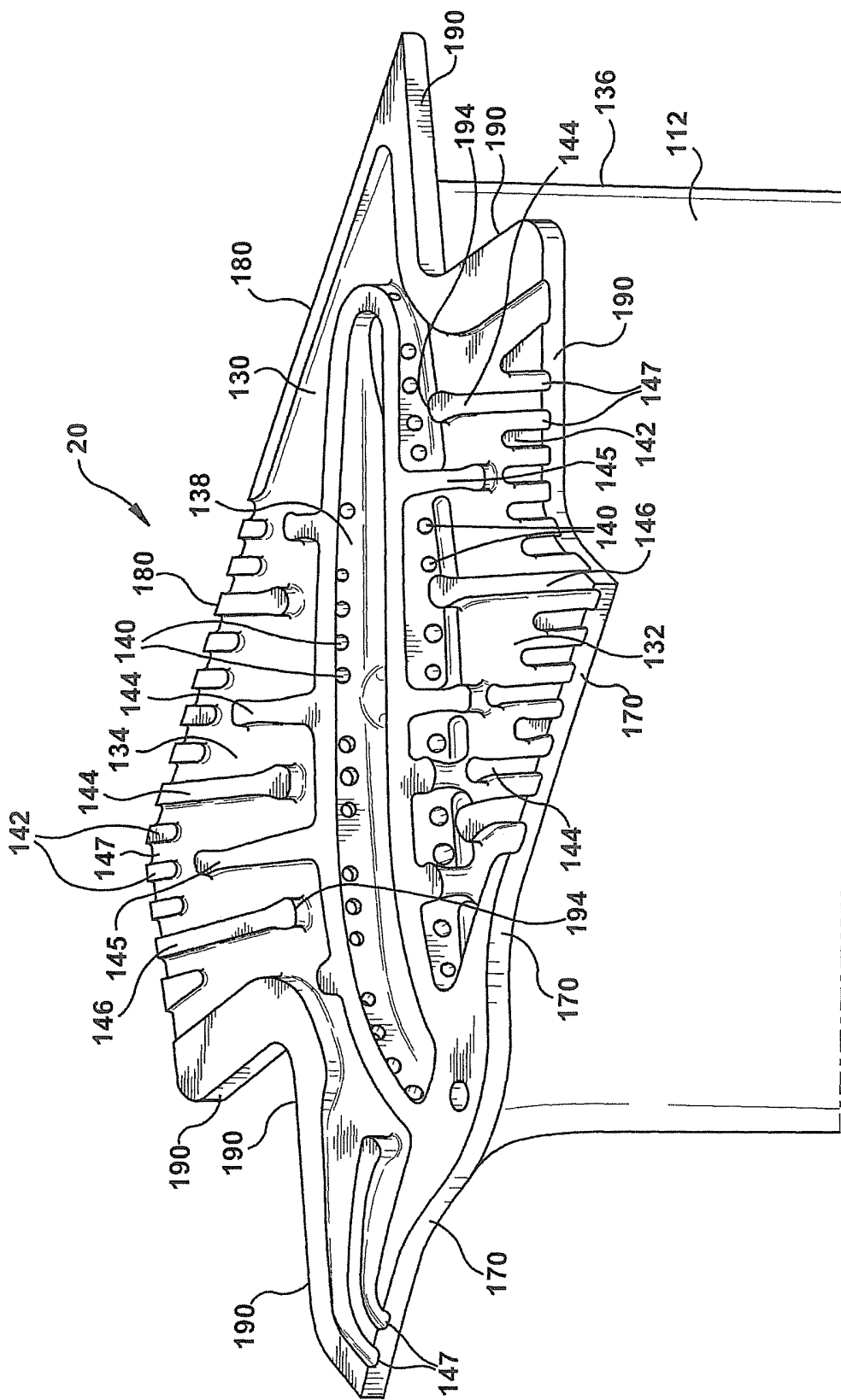


FIG. 3

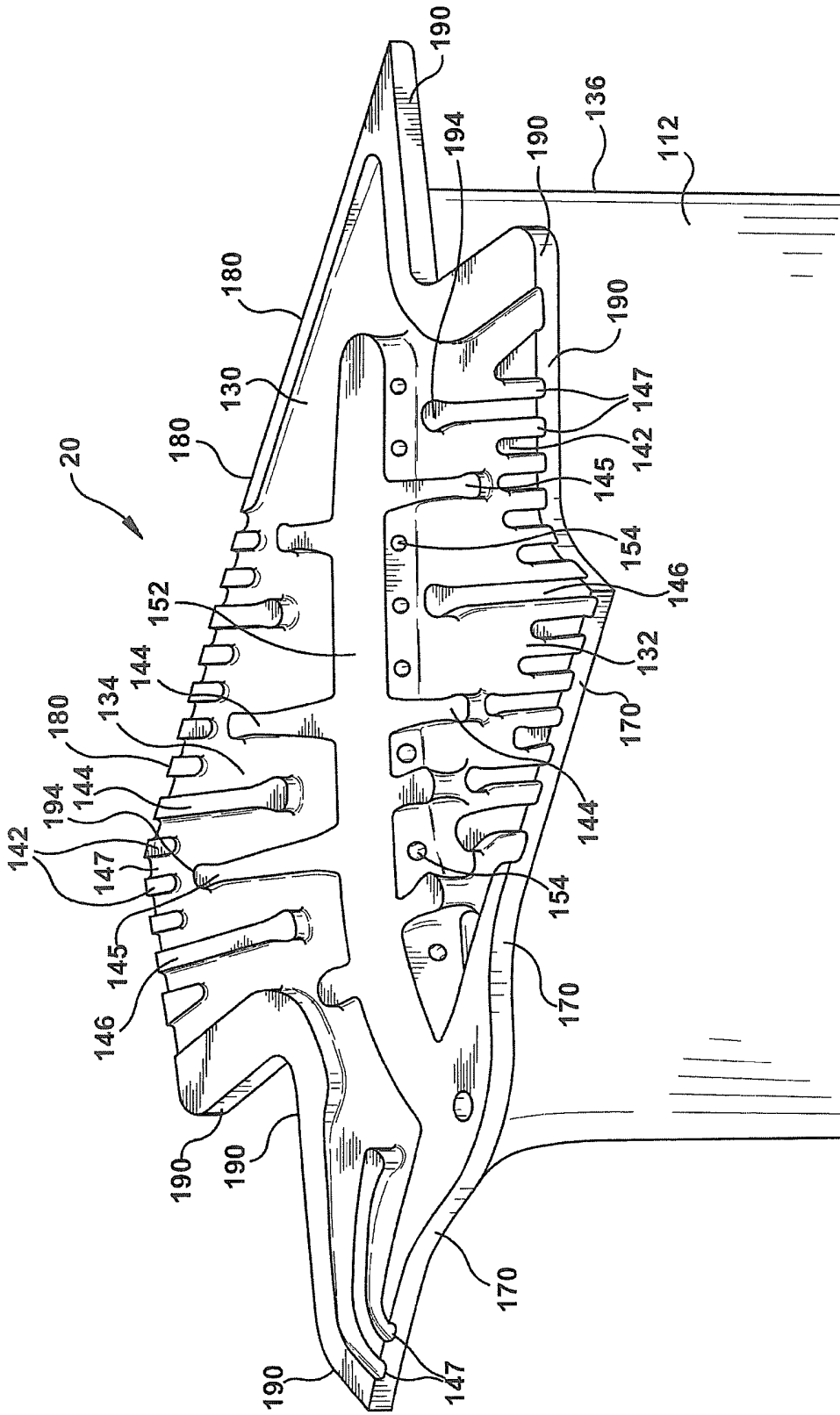


FIG. 4

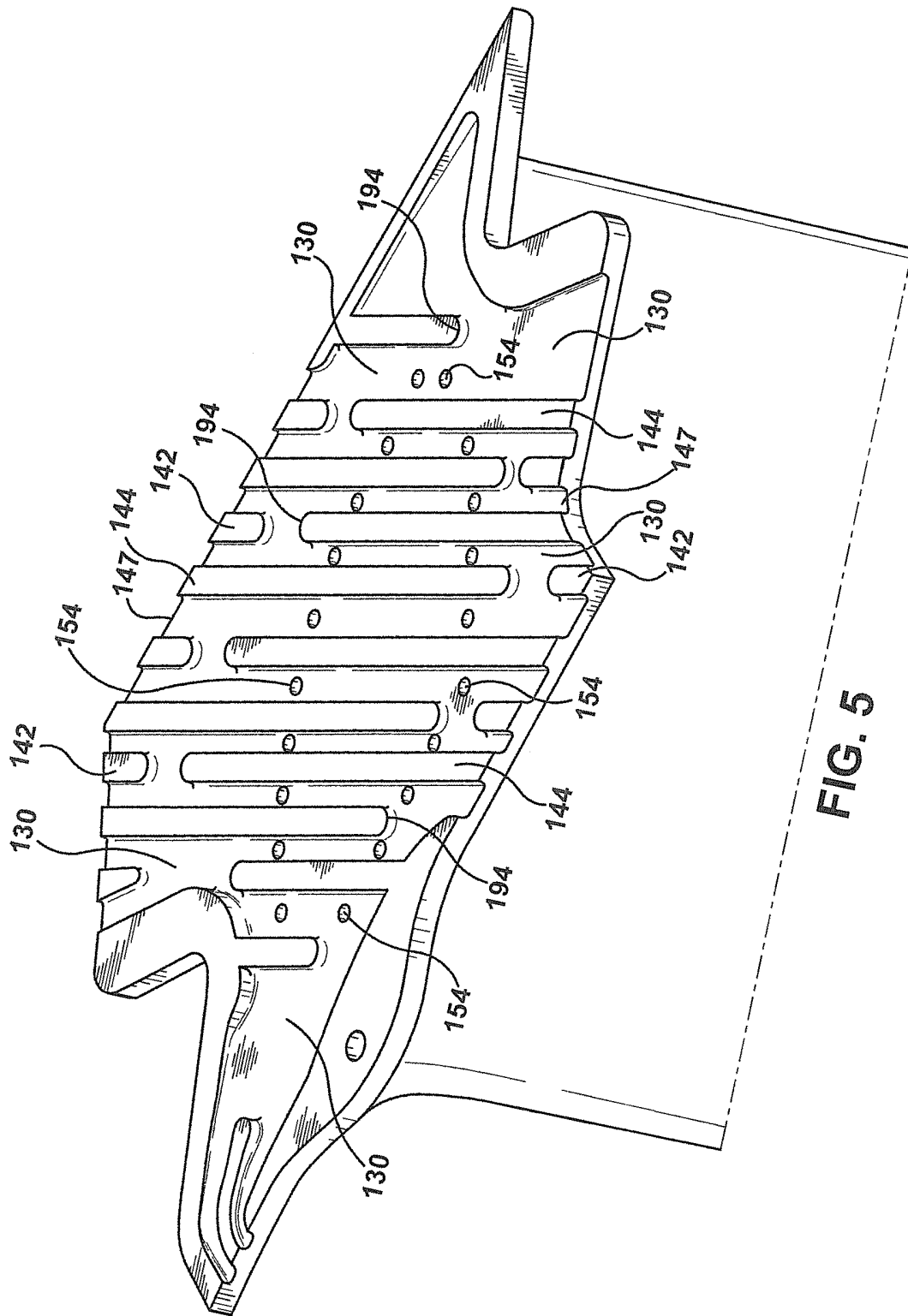


FIG. 5

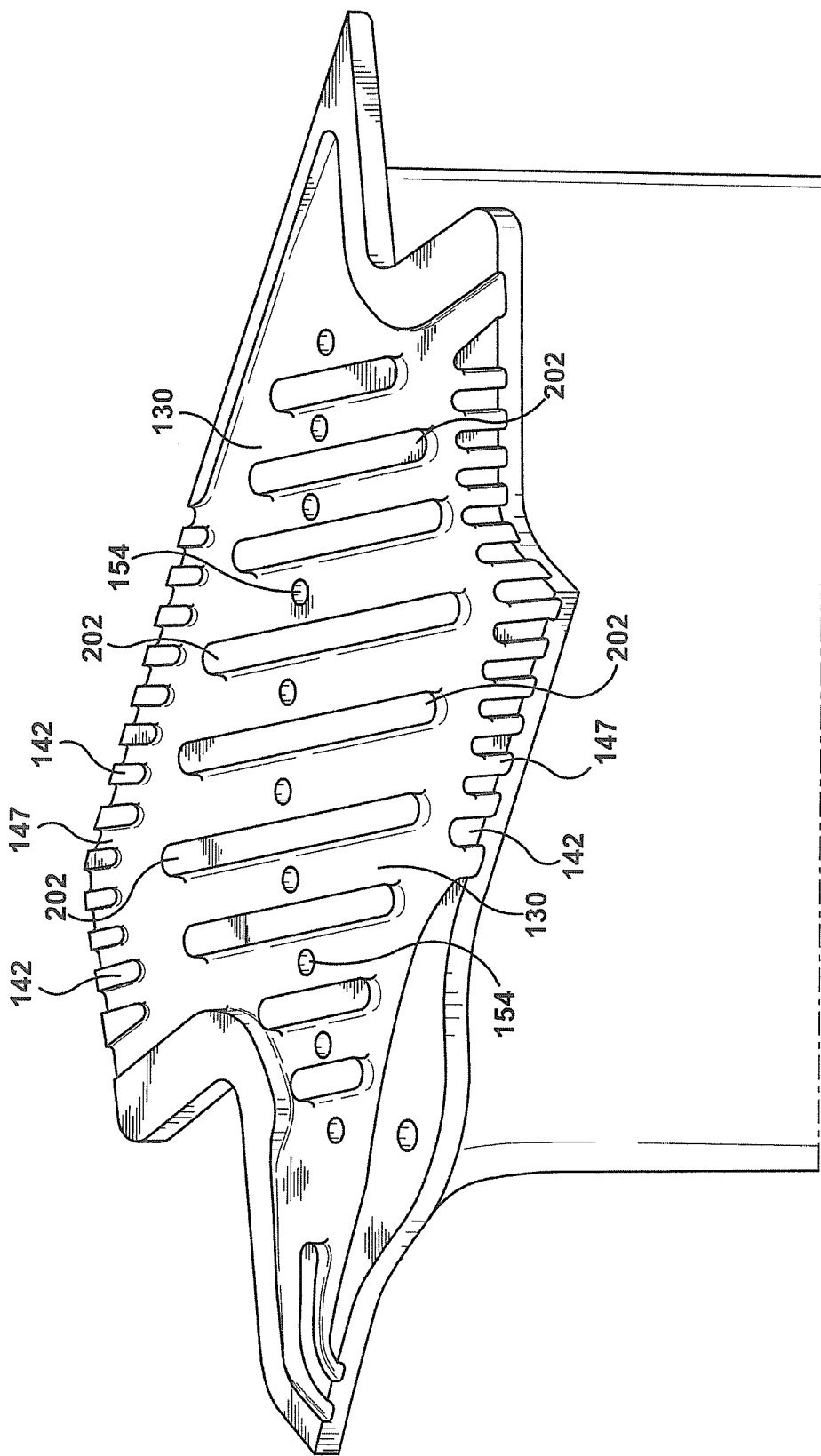


FIG. 6

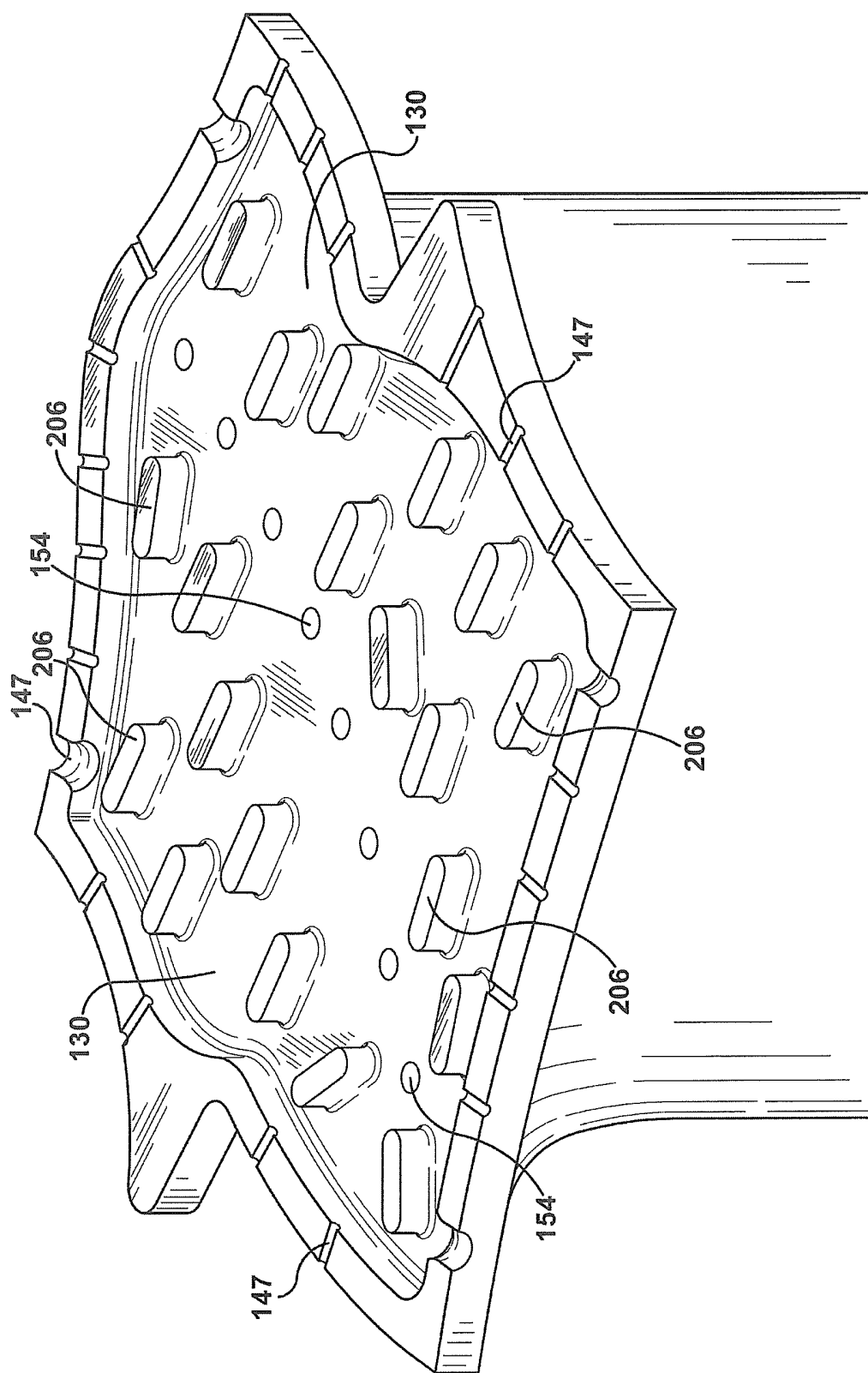


FIG. 7

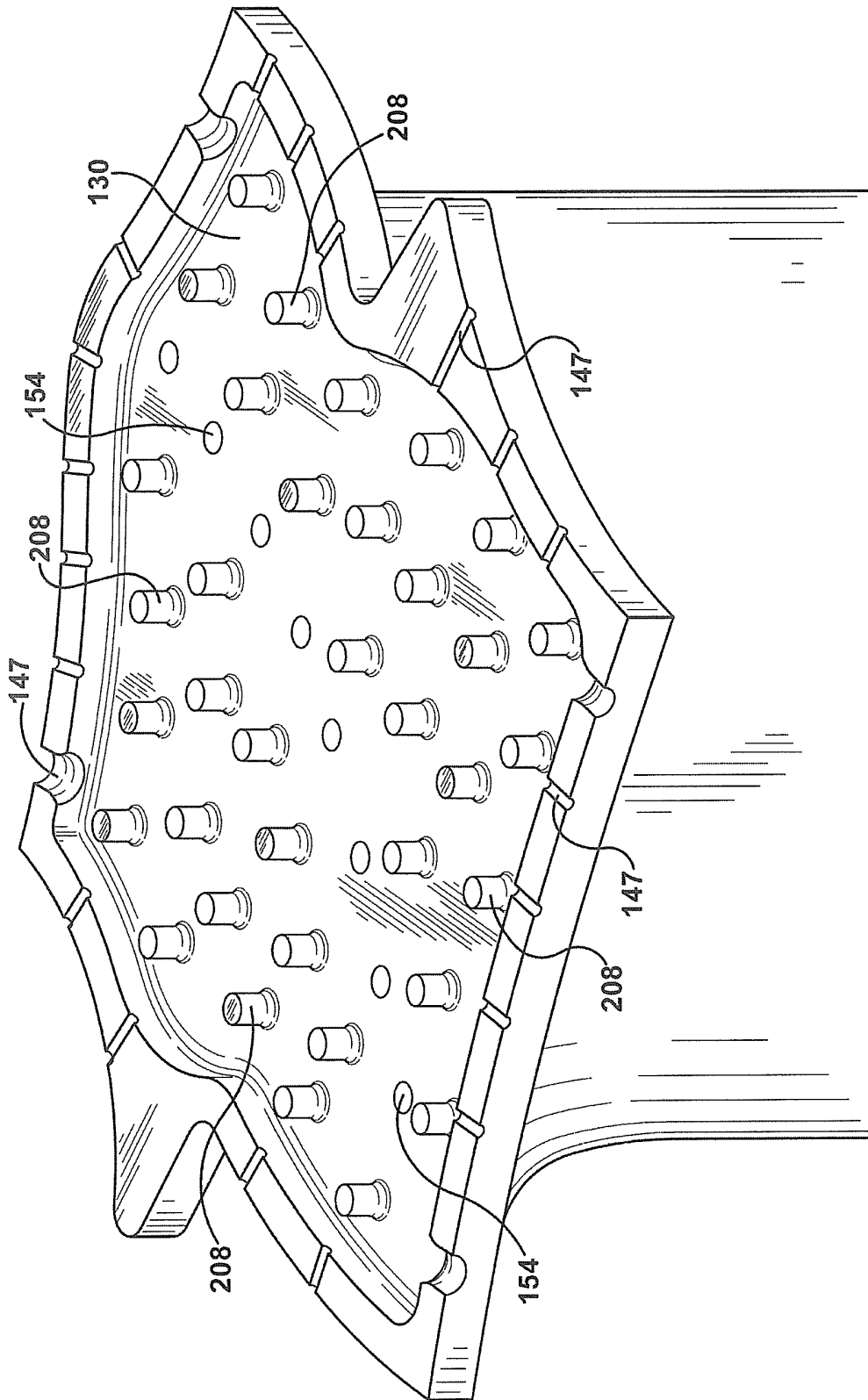


FIG. 8

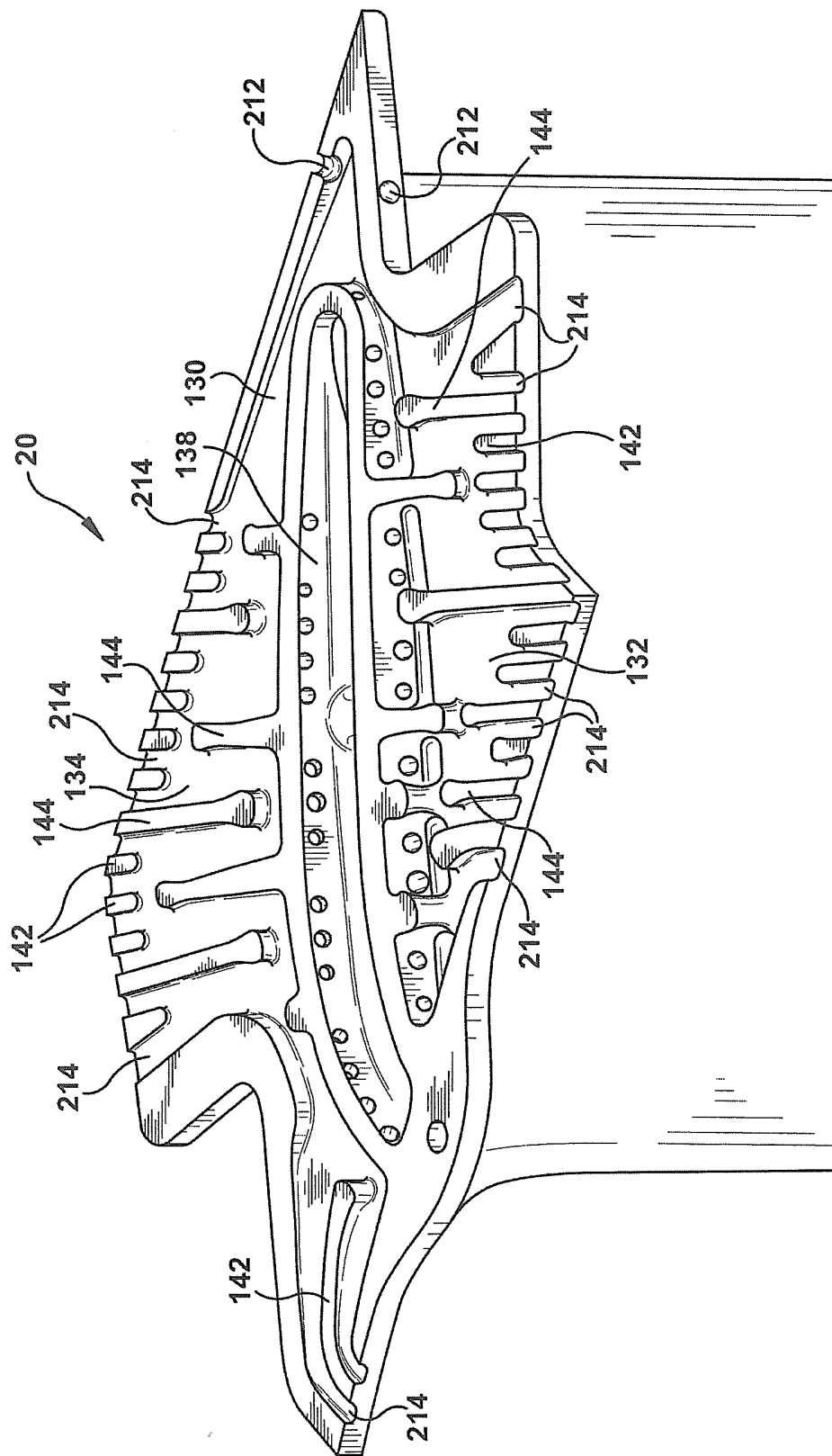


FIG. 9