



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

698 336 B1

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

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00006/09

(22) Anmeldedatum: 06.01.2009

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2009

(30) Priorität: 10.01.2008 US 11/971,958

(24) Patent erteilt: 15.05.2013

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.05.2013

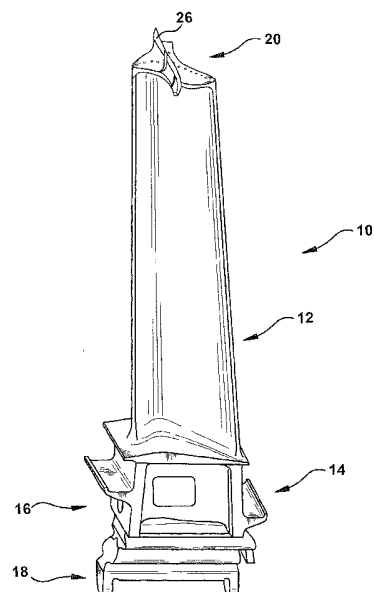
(73) Inhaber:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

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

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

(54) **Turbinenschaufel.**

(57) Eine Turbinenschaufel (10) umfasst einen Flügel (12) und ein Deckblatt (20), das an einem Ende der Turbinenschaufel (10) benachbart zum Flügel (12) definiert ist, wobei das Deckblatt (20) einen oder mehrere Hohlräume aufweist, die darin definiert sind. Alle Hohlräume, die im Inneren des Deckblatts (20) definiert sind, stehen miteinander in Fluidverbindung und definieren einen Kühlhohlraum. Der Flügel (12) kann einen Kühlmittelkanal aufweisen, der darin definiert ist. Der Kühlmittelkanal kann derart durch den Flügel (12) verlaufen, dass der Kühlmittelkanal mit dem Kühlhohlraum in Fluidverbindung steht.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaufel für eine Turbine, z.B. ein Flugzeugtriebwerk, eine Gasturbine, eine Dampfturbine usw. Es werden Deckblätter mit Hohlräumen und die Kühlung eines Turbinenschaufel-Deckblatts durch ein durch den Hohlraum umlaufendes Kühlmittel beschrieben. Die Turbinenschaufeln von industriellen Gasturbinen und Flugzeugtriebwerken werden in einer extremen Temperaturumgebung betrieben. Die thermischen Beanspruchungen und Metalltemperaturen, die mit dieser Umgebung einhergehen, können die Nutzlebensdauer der Turbinenschaufeln verkürzen. Die Kühlung der Turbinenschaufeln und ihrer Einzelteile während des Betriebs kann deren Nutzlebensdauer verlängern.

[0002] Viele Turbinenschaufeln weisen einen Flügel und ein integrales Deckblatt auf, das an der Spitze des Flügels befestigt ist. Das Deckblatt, das an der Aussenkante des Flügels angebracht ist, stellt eine Fläche dar, die im Wesentlichen rechtwinklig zur Flügelfläche verläuft. Die Fläche des Deckblatts hilft, die Turbinenabgase auf dem Flügel zu halten (d.h., erlaubt den Abgasen nicht, über das Ende des Flügelblatts hinauszugleiten), wodurch ein grösserer Prozentsatz der Energie aus den Turbinenabgasen von den Turbinenschaufeln in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Dadurch verbessern Deckblätter die Leistung des Gasturbinenmotors. Ferner ist es wünschenswert, die ganze Aussenfläche des Flügels mit einem Deckblatt zu bedecken. Die Deckblätter und die Verbindung, die sie mit den Flügeln herstellen, werden aber während des Betriebs aufgrund der mechanischen Kräfte, die durch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbine angelegt werden, stark beansprucht. Wenn diese mechanischen Beanspruchungen mit den thermischen Beanspruchungen und Metalltemperaturen gepaart werden, die mit der extrem hohen Temperaturumgebung der Turbine einhergehen, wird es zu einer Herausforderung, ein Deckblatt zu konstruieren, das seine beabsichtigte Funktion über die gesamte Nutzlebensdauer eines Flügels hinweg erfüllt.

[0003] Zwei mögliche Methoden zur Lösung dieses Problems sind entweder:

- 1) die mechanischen Beanspruchungen, die auf die Deckblätter angelegt werden, zu reduzieren, indem ihr Gewicht verringert wird oder
- 2) die Metalltemperaturen zu reduzieren, denen die Deckblätter ausgesetzt werden. Was die Erstere anbetrifft, besteht ein gängiges Verfahren zur Verringerung des Deckblattgewichts darin, das überhängende Deckblatt «anzuschneiden» (d.h., durch Einkerbung oder Entfernung eines Teils davon). Die Reduktion im Deckblattmaterial führt zu einer Verringerung der Last, die während des Betriebs an der Verbindung zwischen dem Deckblatt und dem Flügel angelegt wird. Die Verkleinerung der Fläche des Deckblatts durch das Anschneiden ist aber mit einem Nachteil verbunden, da sie die Leistung des Turbinenmotors reduziert, weil ein Deckblatt mit kleinerer Fläche eine geringere Fähigkeit hat, das Turbinenabgas auf dem Turbinenflügel zu halten (d.h., mehr Abgas gleitet über die Oberseite eines Flügels, der ein Deckblatt mit reduzierter Fläche aufweist). Die zweite Alternative, die Verringerung der Metalltemperaturen, denen das Deckblatt ausgesetzt wird, durch Senken der Betriebstemperatur der Gasturbine, ist auch keine wünschenswerte Lösung. Wie ein Fachmann erkennen wird, hat eine Senkung in der Betriebstemperatur der Turbine eine Senkung im Wirkungsgrad der Turbine zur Folge. Doch das Reduzieren der Metalltemperaturen, denen das Deckblatt ausgesetzt wird, indem es während des Betriebs gekühlt wird, könnte die Nutzlebensdauer des Teils verlängern.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Turbinenschaufel bereitzustellen, um Turbinenschaufel-Deckblätter so zu kühlen, dass die Metalltemperaturen, die mit der Hochtemperatur-Turbinenumgebung einhergehen, reduziert werden. Die Reduktion in den Metalltemperaturen wird dann dem Teil erlauben, den erhöhten mechanischen Belastungen, die mit Deckblättern mit grösserer Fläche (d. h., nicht angeschnittenen Deckblättern) verbunden sind, besser zu widerstehen. Ein derartiges System würde dem Deckblatt erlauben, in der Hochtemperaturumgebung der Turbine ohne Anschnitt oder mit möglichst kleinem Anschnitt besser zu funktionieren. Ferner, wenn solch ein System das Deckblatt kühlen und zugleich auch das Gewicht des Deckblatts reduzieren könnte, werden weitere Verbesserungen im Wirkungsgrad erreicht.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, umfassend einen Flügel und ein Deckblatt, das an einem Ende der Turbinenschaufel benachbart zum Flügel definiert ist, wobei das Deckblatt einen oder mehrere Hohlräume aufweist, die darin definiert sind. Alle Hohlräume, die im Inneren des Deckblatts definiert sind, stehen miteinander in Fluidverbindung und definieren einen Kühlhohlraum. Vorzugsweise weist der Flügel einen Kühlmittelkanal auf, der darin definiert ist; und der Kühlmittelkanal verläuft derart durch den Flügel, dass der Kühlmittelkanal mit dem Kühlhohlraum in Fluidverbindung steht. In einer Ausführungsform umfasst der Kühlhohlraum eine Vielzahl von Rippen, die darin geformt sind. Die Rippen umfassen längliche Strukturen, die den Boden des Kühlhohlraums mit der Decke des Kühlhohlraums verbinden. Die Rippen sind so konfiguriert, dass im Inneren des Kühlhohlraums ein Labyrinthkühlkreis geformt ist.

[0006] In einer Ausführungsform umfasst der Kühlhohlraum eine Vielzahl von Rippen, die darin geformt sind. Die Rippen sind so dimensioniert und konfiguriert, dass einige der Rippen teilweise durch den Kühlhohlraum hinweg verlaufen. Vor-

zugsweise sind die Rippen auch so dimensioniert und konfiguriert, dass einige der Rippen teilweise durch den Kühlhohlraum hinweg und Spalte definierend durch den Kühlhohlraum hinweg verlaufen. Vorzugsweise umfasst der Kühlhohlraum einen druckseitigen Kühlhohlraum, einen saugseitigen Kühlhohlraum und eine Kühlmittelkammer, wobei die Kühlmittelkammer eine Kammer umfasst, die im Wesentlichen zwischen dem druckseitigen Kühlhohlraum und dem saugseitigen Kühlhohlraum liegt. Die Kühlmittelkammer steht mit dem Kühlmittelkanal in Fluidverbindung, und die Kühlmittelkammer steht über eine Vielzahl von Kühlmittelkammeröffnungen mit dem druckseitigen Kühlhohlraum und einem saugseitigen Kühlhohlraum in Fluidverbindung.

[0007] In einer Ausführungsform sind die Kühlmittelkammeröffnungen so dimensioniert und angeordnet, dass die Strömung eines Kühlmittels zwischen der Kühlmittelkammer und dem druckseitigen Kühlhohlraum und dem saugseitigen Kühlhohlraum im Betrieb der Turbinenschaufel so verteilt geregelt ist, dass eine Verteilung des Kühlmittels durch den Kühlhohlraum erreicht ist. Vorzugsweise umfassen die Rippen eine Vielzahl von Trennrippen und sind die Trennrippen so dimensioniert und konfiguriert, dass einige der Trennrippen, durch Spalte getrennt, durch den Kühlhohlraum hinweg verlaufen. Vorzugsweise umfassen die Trennrippen eine Vielzahl von Trennrippen, welche von der Kühlmittelkammer weg erstreckt sind, und eine Vielzahl von Trennrippen, welche in Richtung zur Kühlmittelkammer erstreckt sind. Mindestens einige der von der Kühlmittelkammer weg erstreckten Trennrippen gehen von einer Wand aus, die die Kühlmittelkammer definiert, und verlaufen, durch einen ersten Spalt getrennt, bis zu einer Aussenwand des Kühlhohlraums, wodurch zwischen der Trennrippe und der Aussenwand des Kühlhohlraums der erste Spalt definiert ist. Mindestens einige der in Richtung zur Kühlmittelkammer erstreckten Trennrippen gehen von der Aussenwand des Kühlhohlraums aus und verlaufen, durch einen zweiten Spalt getrennt, bis zu der Wand, die die Kühlmittelkammer definiert, wodurch zwischen der Trennrippe und der die Kühlmittelkammer definierenden Wand der zweite Spalt definiert ist.

[0008] In einigen Ausführungsformen ist die Aussenwand des Kühlhohlraums teilweise durch eine oder mehrere verkürzte Rippen definiert, wobei die verkürzten Rippen im Wesentlichen kürzer sind als die Trennrippen. Die von der Kühlmittelkammer weg erstreckten Trennrippen gehen von der Wand aus, die die Kühlmittelkammer definiert, und verlaufen, durch einen Spalt getrennt, bis zu der verkürzten Rippe, die die Aussenwand des Kühlhohlraums definiert, wodurch zwischen der Trennrippe und der verkürzten Rippe der Spalt definiert ist. Diese und andere Merkmale der vorliegenden Anmeldung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen hervor.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Diese und andere Aufgaben und Vorteile dieser Erfindung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der gegenwärtig bevorzugten beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen hervor, wobei:

- Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht einer konventionellen Turbinenschaufel mit Deckblatt ist;
- Fig. 2 ein schematischer Grundriss konventioneller Deckblätter ist, der den Anschnitt des Deckblatts veranschaulicht;
- Fig. 3 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer Ausführungsform der Erfindung ist;
- Fig. 4 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist;
- Fig. 5 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist;
- Fig. 6 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist;
- Fig. 7 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist;
- Fig. 8 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist; und
- Fig. 9 eine ausgeschnittene, teilweise perspektivische Ansicht eines Deckblatts mit einem Kühlhohlraum nach einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0010] Nun auf die Zeichnungen Bezug nehmend, wobei die verschiedenen Bezugszeichen in den verschiedenen Ansichten durchweg gleiche Teile darstellen, veranschaulicht Fig. 1 eine typische Schaufel mit Kühlmitteldurchgängen, die

an einer Schaufelspitze austreten, um über ein Deckblatt zu laufen. Wie darin schematisch dargestellt, besteht jede Turbinenschaufel 10 aus einem Flügel 12 und einer Wurzel 14. Der Flügel 12 hat eine Vorderkante und eine Hinterkante. Eine allgemein konkave Druckfläche und eine allgemein konvexe Saugfläche verlaufen zwischen der Vorder- und Hinterkante auf entgegengesetzten Seiten des Flügels 12. Im dargestellten Beispiel besteht die Wurzel 14 aus einem Schaft 16 und einem Schwalbenschwanz 18, der mit einer entsprechenden Schwalbenschwanznut auf dem Rotor im Eingriff steht, um die Turbinenschaufel 10 am Rotor zu befestigen.

[0011] Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, ist auf der Spitze des Flügels 12 ein Deckblatt 20 geformt und verläuft von der Fläche des Flügels 12 im rechten Winkel nach aussen. Das Deckblatt 20 hat radial nach innen und radial nach aussen gewandte Flächen und wird dem heissen verdichteten Gas ausgesetzt, das durch den Turbinenabschnitt strömt. Jedes Deckblatt 20 weist Auflageflächen 22, 24 auf, über die es mit dem Deckblatt einer benachbarten Schaufel in Kontakt ist, wodurch die Schaufelvibration eingeschränkt wird. Zudem verläuft eine Dichtschiene 26 typischerweise von der radial nach aussen gewandten Fläche des Deckblatts 20 radial nach aussen, um das Ausströmen von Heissgas um die jeweilige Schaufelreihe herum zu verhindern. In einigen konventionellen Turbinenschaufelstrukturen verläuft eine Vielzahl von Kühlluftkanälen radial nach aussen durch die Schaufel in die Schaufelspitze. In anderen konventionellen Turbinenschaufelstrukturen können Kühlmittelkanäle im Flügel definiert sein. Wie in Fig. 2 gezeigt, kann ein Kühlmittelkanal konventionell in Luftauslasslöchern 28 enden, die den Austritt der Kühlluft an der radial äusseren Fläche des Deckblatts 20 zulassen.

[0012] Fig. 3 veranschaulicht ein Beispiel der Erfindung. Wie dargestellt, kann das Deckblatt 20 Hohlräume (die Kammern, Höhlungen, Öffnungen und/oder Durchgänge einschliessen können) aufweisen, die darin definiert sind. Alle Hohlräume, die im Inneren des Deckblatts 20 definiert sind, können miteinander in Fluidverbindung stehen, wodurch die Hohlräume einen durchgehenden Kühlhohlraum formen (nachstehend «Kühlhohlraum 130» genannt). (Es ist anzumerken, dass die Beispiele, die vorliegend offenbart werden, allgemein im Hinblick auf die Funktion der Deckblattkühlung durch Durchlauf eines Kühlmittels beschrieben werden. Diese Funktion ist lediglich beispielhaft und nicht als einschränkend zu verstehen. Sämtliche Beispiele, die vorliegend beschrieben werden, können allgemein zu anderen Zwecken als dem der Kühlung genutzt werden. Zum Beispiel können alle Hohlräume und die strukturellen Stützkonfigurationen verwendet werden, um ein leichtes, strukturell einwandfreies Deckblatt herzustellen. Der Kürze halber werden die Strukturelemente, die mit der Formung von Hohlräumen in einem Deckblatt verbunden sind, vorliegend nur im Hinblick auf ihre «Kühlfunktion» beschrieben. Wie vorliegend definiert, ist diese Funktion aber so aufzufassen, dass sie auch die Möglichkeit der Nutzung eines Hohlraums und/oder jedes seiner Strukturelemente für Vorteile einschliesst, die von der Kühlfunktion getrennt sind. Daher kann der «Kühlhohlraum» und/oder jedes seiner beschriebenen Strukturelemente zum Beispiel für die Funktion der Herstellung eines leichten, strukturell einwandfreien hohlen Deckblatts genutzt werden, und nicht zur Deckblattkühlung. Dies gilt unabhängig davon, ob in der ausführlichen Beschreibung, in den Ansprüchen oder in einem anderen Teil dieser Anmeldung auf eine Kühlfunktion Bezug genommen wird.) In einigen Beispielen kann der Kühlhohlraum 130 einen druckseitigen Kühlhohlraum 132 und einen saugseitigen Kühlhohlraum 134 aufweisen, die jeweils der Druckseite und Saugseite des Flügels 12 entsprechen. Wie gezeigt, können der druckseitige Kühlhohlraum 132 und der saugseitige Kühlhohlraum 134 an einer Hinterkante 136 des Flügels 112 entlang miteinander in Fluidverbindung stehen.

[0013] Auf konventionelle Weise kann in der Nähe des Schwalbenschwanz 18- oder Schaft 16-Bereichs in die Turbinenschaufel 10 Luft eingelassen werden und durch den Flügel 12 zum Deckblatt 20 hin strömen. Im dargestellten Beispiel kann eine Kühlmittelkammer 138 im ungefähren Zentrum des Deckblatts 20 (das im Wesentlichen den druckseitigen Kühlhohlraum 132 und den saugseitigen Kühlhohlraum 134 trennt) als Kühlmittelreservoir definiert sein, um das Kühlmittel (allgemein verdichtete Luft) über den druckseitigen Kühlhohlraum 132 und den saugseitigen Kühlhohlraum 134 durch das Deckblatt 20 hindurch zu verteilen. Als Alternative kann die Kühlmittelkammer 138 in der Spitze des Flügels 12 definiert sein (dieses Beispiel wird nicht gezeigt). Als weitere Alternative kann die Vielzahl von Kühlmittelkanälen, die durch den Flügel 12 verläuft, direkt mit dem druckseitigen Kühlhohlraum 132 und dem saugseitigen Kühlhohlraum 134 verbunden sein, sodass keine Kühlmittelkammer 138 vorhanden ist (siehe die nachstehende Erläuterung zum Beispiel von Fig. 4).

[0014] Das Kühlmittel kann dann aus der Kühlmittelkammer 138 oder den jeweiligen Kühlmittelkanälen zu und durch die Kühlhohlräume 132, 134 strömen. Im dargestellten Beispiel ist zwischen der Kühlmittelkammer 138 und den Kühlhohlräumen 132, 134 eine Vielzahl von Kühlmittelkammeröffnungen 140 geformt. Dadurch stehen die Kühlmittelkammer 138, der druckseitige Kühlhohlraum 132 und der saugseitige Kühlhohlraum 134 miteinander in Fluidverbindung. Wie vorliegend definiert und benutzt, formen die Kühlmittelkammer 138, der druckseitige Kühlhohlraum 132 und der saugseitige Kühlhohlraum 134 daher im Deckblatt 20 einen einzelnen Kühlhohlraum oder einen durchgehenden Kühlhohlraum (d. h., weil sämtliche Höhlungen/Kammern/Öffnungen/Durchgänge, die im Deckblatt 20 definiert sind, miteinander in Fluidverbindung stehen). Die Kühlmittelkammeröffnungen 140, die die Kühlhohlräume 132, 134 mit der Kühlmittelkammer 138 verbinden, können nicht nur zur einfachen Verbindung der Kühlhohlräume 132, 134 mit der Kühlmittelkammer 138 benutzt werden, sondern können auch geeignet sein, um den Strom in die Kühlhohlräume 132, 134 so zu dosieren oder zu regeln, dass im ganzen Deckblatt 20 eine wünschenswerte Verteilung des Kühlmittels durchgeführt wird. In der Alternative kann die Kühlmittelkammer 138 zu den Kühlhohlräumen 132, 134 hin offen sein, wie weiter unten erläutert.

[0015] Der Kühlhohlraum 130 kann eine Vielzahl von Stützrippen oder Rippen 142, 144 aufweisen, die darin definiert sind. Allgemein 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 Zeichnungen dargestellt. (Vorliegend wird der Boden des Kühlhohlraums 130 in den verschiedenen Zeichnungen als der Bereich um die Rippen

herum dargestellt. Die Decke des Kühlhohlraums 130 ist der Teil, der vom Deckblatt 20 abgenommen wurde, um das Innere des Kühlhohlraums 130 sichtbar zu machen.) Eine der Funktionen der Rippen 142, 144 ist es, die Form des Kühlhohlraums 130 auf vorteilhafte Weise zu definieren. Die Rippen 142, 144 halten auch die strukturelle Festigkeit des hohlen Deckblatts 20 aufrecht, damit die Nutzlebensdauer der Turbinenschaufel 10 nicht negativ beeinflusst wird. Die Rippen 142, 144 stützen die hohlen Bereiche des Kühlhohlraums 130, was die Leichtigkeit des Deckblatts 20 ermöglicht. Leichte Deckblätter sind vorteilhaft, da sie während des Betriebs die mechanischen Beanspruchungen sowohl im Deckblatt 20 als auch im Flügel 12 reduzieren. Wie weiter unten ausführlicher beschrieben, verlaufen die Rippen 142, 144 allgemein teilweise durch den Kühlhohlraum 130 hindurch, in welchem sie angeordnet sind. In einigen Beispielen kann eine Vielzahl der Rippen 142, 144 über einen Grossteil des Kühlhohlraums 130 hinweg verlaufen. In einigen Beispielen liegen die Rippen 142, 144 etwa parallel zueinander.

[0016] Wie dargestellt, können die Rippen 142, 144 eine Vielzahl von verkürzten Rippen 142 einschliessen. Verkürzte Rippen 142 sind allgemein kürzere Rippen, die in einigen Beispielen (und wie dargestellt) Austrittsöffnungen 147 definieren. Zusätzlich können die Rippen 142, 144 eine Vielzahl von Trennrippen 144 einschliessen, die im Wesentlichen länger sind als die verkürzten Rippen 142. (Es ist anzumerken, dass einige Beispiele nur eine Vielzahl von Trennrippen 144 umfassen können. In solchen Beispielen können Löcher, die im Rand des Deckblatts 20 gebohrt sind, die Austrittsöffnungen 147 definieren). Allgemein, und wie dargestellt, weisen die Trennrippen 144 eine derartige Länge auf, dass sie über einen Grossteil der Erstreckung hinweg durch den jeweiligen Kühlhohlraum 132, 134 hindurch verlaufen, aber nicht über die gesamte Erstreckung hinweg verlaufen. In einigen Beispielen können die Trennrippen 144 über mindestens 75 % der Breite hinweg durch den Kühlhohlraum 130 verlaufen. Dadurch stellen die Trennrippen 144 keine getrennten Hohlräume her. Mit anderen Worten, der Hohlraum auf jeder Seite einer Trennrippe 144 bleibt um mindestens ein Ende der Trennrippe 144 herum in Fluidverbindung.

[0017] Wie in Fig. 3 gezeigt, können die Trennrippen 144 eine von der Kühlmittelkammer weg erstreckte Trennrippe 145 einschliessen. Die von der Kühlmittelkammer weg erstreckte Trennrippe 145 kann allgemein von der Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, zu einer Stelle kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 nach aussen verlaufen, wodurch sie zwischen der von der Kühlmittelkammer weg erstreckten Trennrippe 145 und der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 einen Zwischenraum oder Spalt definiert. In einigen Beispielen kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der verkürzten Rippen 142 definiert werden. In solchen Beispielen kann die von der Kühlmittelkammer weg erstreckte Trennrippe 145 von der Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, bis zu einer Stelle knapp vor der verkürzten Rippe 142 verlaufen, die an dieser Stelle die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert, wodurch zwischen der von der Kühlmittelkammer weg erstreckten Trennrippe 145 und der verkürzten Rippe 142 ein Spalt definiert wird. Die Trennrippen 144 können auch eine in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckte Trennrippe 146 einschliessen, die allgemein von der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 bis zu einer Stelle kurz vor der Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, nach innen verläuft, wodurch zwischen der in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckten Trennrippe 146 und der Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, ein Spalt definiert wird. In einigen Beispielen können beide Spalten die definiert werden durch:

- 1) die von der Kühlmittelkammer weg erstreckte Trennrippe 145 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 und
- 2) die in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckte Trennrippe 146 und die Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, beide etwa 2,54 bis 6,35 mm (0,10 bis 0,25 Zoll) messen.

[0018] In anderen Beispielen können die Spalten, die definiert werden durch:

- 1) die von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckte Trennrippe 145 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 und
- 2) die in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckte Trennrippe 146 und die Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert, beide mindestens 2,54 mm (0,10 Zoll) messen.

[0019] Wie dargestellt, kann jeder der Kühlhohlräume 132, 134 eine Vielzahl von Trennrippen 144 enthalten. In einigen Beispielen (und wie dargestellt) kann jeder der Kühlhohlräume 132, 134 zwischen 4–7 Trennrippen 144 enthalten. Ferner, wie dargestellt, können die Trennrippen 144 in einer alternierenden Anordnung konfiguriert sein. In einer alternierenden Anordnung alterniert die Anordnung von jeweils von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckten Trennrippen 145 allgemein mit der Anordnung von in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckten Trennrippen 146.

[0020] Vorliegend ist eine «alternierende Anordnung» im weiteren Sinne so aufzufassen, dass sie mehrere verschiedene alternierende Konfigurationen einschliessen kann, ohne auf ein strenges einfaches Alternieren beschränkt zu sein (d. h., die Anordnung, die verlangt, dass neben jeder von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckten Trennrippe 145 nur von in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckten Trennrippen 146 liegen). Hierin ist eine «alternierende Anordnung» auch so aufzufassen, dass sie zum Beispiel die folgende Sequenz von Trennrippen beschreibt: eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach innen verlaufende Trennrippe 146 – eine

nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach innen verlaufende Trennrippe 146. In einem anderen Fall kann eine «alternierende Anordnung» zum Beispiel verwendet werden, um diese Sequenz zu beschreiben: eine nach innen verlaufende Trennrippe 146 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach innen verlaufende Trennrippe 146 – eine nach innen verlaufende Trennrippe 146 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145 – eine nach aussen verlaufende Trennrippe 145. «Alternierende Anordnung» kann benutzt werden, um andere vergleichbare Sequenzen zu beschreiben. Die alternierende Anordnungsstrategie kann auf effektive Weise einen verschlungenen oder labyrinthähnlichen Kühlkreis durch die Kühlhohlräume 132, 134 definieren, was zur Kühlung des Deckblatts 20 durch den Umlauf eines Kühlmittels durch dieses von Vorteil sein kann. Hierin wird ein Labyrinthkühlkreis allgemein definiert, um einen gewundenen oder weitläufigen Weg zu beschreiben, der die Strömung behindert, was, wie weiter unten ausführlicher beschrieben, vorteilhaft genutzt werden kann, um das Kühlmittel während des Betriebs wirkungsvoll im ganzen Deckblatt 20 zu verteilen.

[0021] Wie oben erwähnt, können zwischen benachbarten verkürzten Rippen 142 Austrittsöffnungen 147 für den Kühlmittelfluss aus der Turbinenschaufel 10 definiert sein. Die Kühlhohlräume 132, 134 sind, wie gezeigt, hauptsächlich in der Ebene des Deckblatts 20 angeordnet.

[0022] Fig. 4 veranschaulicht ein alternatives Beispiel der vorliegenden Anmeldung, die die Kühlmittelkammer 138 des oben erläuterten Beispiels nicht einschliesst. Das Beispiel von Fig. 4 kann die Vielzahl von verkürzten Rippen 142 und Trennrippen 144 allgemein in ähnlicher Anordnung umfassen wie oben in Bezug auf Fig. 3 erläutert. Doch statt der Wand, die die Kühlkammer 138 definiert, kann das Beispiel von Fig. 4 eine innere Mittelwand 152 aufweisen. Die innere Mittelwand 152 halbiert allgemein den Kühlhohlraum 130, wodurch sie (wie die Kühlkammer 138 in Fig. 3) den druckseitigen Kühlhohlraum 132 und den saugseitigen Kühlhohlraum 134 auf jeder Seite davon herstellt. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die durch den Flügel 12 verlaufenden Kühlmittelkanäle durch eine Vielzahl von Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem druckseitigen Kühlhohlraum 132 und dem saugseitigen Kühlhohlraum 134 verbunden sein. Wie dargestellt, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang der Wand der inneren Mittelwand 152 angeordnet sein. Andere Stellen sind möglich, wie z.B. der Boden der Kühlhohlräume 132, 134.

[0023] Ferner verläuft in dem Beispiel von Fig. 4 die von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckte Trennrippe 145 allgemein von der inneren Mittelwand 152 nach aussen bis zu einer Stelle kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130. In einigen Beispielen, und wie dargestellt, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der verkürzten Rippen 142 definiert werden. In solchen Beispielen kann die von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckte Trennrippe 145 von Fig. 4 von der inneren Mittelwand 152 bis zu einer Stelle kurz vor der verkürzten Rippe 142 verlaufen, die an dieser Stelle die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert, wodurch zwischen der von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckten Trennrippe 145 und der verkürzten Rippe 142 ein Spalt definiert wird. Und in der Fig. 4 verläuft die in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckte Trennrippe 146 allgemein von der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 bis zu einer Stelle kurz vor der inneren Mittelwand 152 nach innen, wodurch zwischen der in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckten Trennrippe 146 und der inneren Mittelwand 152 ein Spalt definiert wird. Schliesslich können die Trennrippen 144 von Fig. 3 entsprechend so angeordnet sein, dass die Anordnung einer von der Kühlmittelkammer 138 weg erstreckten Trennrippe 145 mit der Anordnung einer in Richtung zur Kühlmittelkammer 138 erstreckten Trennrippe 146 alterniert.

[0024] Alternative Beispiele werden in Fig. 5 bis 9 dargestellt. Diese Beispiele veranschaulichen die Anwendung einiger der oben erläuterten Merkmale in Kühlhohlräumen 130 mit anderer Konfiguration sowie die Verwendung neuer Elemente, wie unten im Einzelnen beschrieben. Die in Fig. 3 und 4 dargestellten Beispiele weisen beide ungefähr in der Mitte des Deckblatts 20 ein Trennmerkmal (d. h., in Fig. 3 ist das Trennmerkmal die Kühlmittelkammer 138 und in Fig. 4 ist das Trennmerkmal die innere Mittelwand 152). In einigen Beispielen wie die in Fig. 5 bis 8 kann kein Trennmerkmal vorhanden sein.

[0025] Fig. 5 veranschaulicht ein alternatives Beispiel eines einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraums 130 in einem Deckblatt 20 mit einer Vielzahl von Trennrippen 144. Auch eine Vielzahl von verkürzten Rippen 142 kann vorhanden sein. Die verkürzten Rippen 142 können Austrittsöffnungen 147 definieren, die entlang der Druckseite und Saugseite des Deckblatts 20 konzentriert sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die durch den Flügel 12 verlaufenden Kühlmittelkanäle durch eine Vielzahl von Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 verbunden sein. Wie dargestellt, können die Eintrittsöffnungen 154 zur Mitte des Deckblatts 20 hin angeordnet sein, auf beiden Seiten einer annähernden Mittellinie des Deckblatts 20, die, wenn sie gezogen würde, die Saugseite des Deckblatts 20 von der Druckseite des Deckblatts 20 trennen würde, obwohl andere Stellen möglich sind.

[0026] Ferner sind in der Fig. 5 die Trennrippen 144 so konfiguriert, dass sie entlang der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 (d.h., eine erste Innenwand) ausgehen und durch das Deckblatt 20 zur entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 (d. h., eine zweite Innenwand) hin verlaufen. Die Trennrippen 144 können eine solche Länge haben, dass sie an einer Stelle kurz vor der entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden. Dadurch kann am Ende der Trennrippe 144 zwischen der Trennrippe 144 und der entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 ein enger Zwischenraum oder Spalt definiert werden. In einigen Beispielen, und wie dargestellt, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der verkürzten Rippen 142 definiert werden. In solchen Beispielen kann die Trennrippe 144 zur verkürzten Rippe 142 der entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 bis zu einer Stelle kurz vor der verkürzten Rippe 142 verlaufen, die an dieser Stelle die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert, wie in Fig. 5 gezeigt. Dadurch kann am Ende der Trennrippe 144 ein enger Zwischenraum oder Spalt zwischen der Trennrippe 144

und der entgegengesetzten verkürzten Rippe 142 definiert werden. Ferner, wie in Fig. 5 gezeigt, können die Trennrippen 144 in einer alternierenden Anordnung konfiguriert sein. In dieser Anordnung alterniert die Anordnung einer Trennrippe 144, die von einer der Aussenwände des Kühlhohlraums 130 verläuft, mit der Anordnung einer Trennrippe 144, die von der entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 ausgeht. Siehe auch die Definition für «alternierende Anordnung», die oben gegeben wurde. Wie zuvor kann diese alternierende Anordnungsstrategie durch den Kühlhohlraum 130 auf effektive Weise einen verschlungenen oder labyrinthähnlichen Kühlkreis definieren, die zur Kühlung des Deckblatts 20 durch den Umlauf eines Kühlmittels durch dieses von Vorteil sein kann. Es ist anzumerken, dass in alternativen Beispielen die alternierenden Trennrippen 144 so orientiert sein können, dass sie allgemein rechtwinklig zur in Fig. 5 dargestellten Orientierung der Trennrippen 144 ausgerichtet sind. Für den Fachmann versteht es sich, dass auch andere Anordnungen möglich sind.

[0027] Fig. 6 bis 8 veranschaulichen mehrere Beispiele, die diskrete Strukturelemente in einem Deckblatt-Kühlhohlraum 130 aufweisen. Hierin ist ein diskretes Strukturelement als ein Element zu verstehen, das den Boden des Kühlhohlraums 130 strukturell mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbindet und das nicht von einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem Aussenrand oder dem Umfang des Deckblatts 20 ausgeht, darin endet oder damit verbunden ist. Im Sinne dieser Definition kann eine Innenwand des Kühlhohlraums 130 einschliessen:

- 1) die Wand, die die Kühlmittelkammer 138 definiert;
- 2) die Aussenwand des Kühlhohlraums 130;
- 3) die innere Mittelwand 152 oder
- 4) andere vergleichbare Wände, die im Kühlhohlraum 130 definiert sein können.

[0028] Auch hier, und wie zuvor erwähnt, ist die Decke des Kühlhohlraums 130 das Element, das in Fig. 3–9 abgenommen wurde, damit das Innere des Kühlhohlraums 130 erkennbar ist. Mit anderen Worten, diskrete Strukturelemente sind allgemein Strukturelemente, die mit Ausnahme der Verbindungen, die das Strukturelement zum Boden und zur Decke des Kühlhohlraums 130 herstellt, vom Hohlbereich des Kühlhohlraums 130 umgeben sind.

[0029] Fig. 6 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum 130 mit einer Vielzahl von diskreten Trennrippen 202. Die diskreten Trennrippen 202 sind diskrete Strukturelemente, weil sie den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbinden und nicht von einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem Aussenrand des Deckblatts 20 ausgehen, darin enden oder damit verbunden sind. In einigen Beispielen kann, wie gezeigt, auch eine Vielzahl von verkürzten Rippen 142 vorhanden sein. Die verkürzten Rippen 142 können Austrittsöffnungen 147 definieren, die entlang der Druckseite und Saugseite des Deckblatts 20 konzentriert sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 können in dem Beispiel von Fig. 6 die Kühlmittelkanäle, die durch den Flügel 12 verlaufen, durch eine Vielzahl von Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 verbunden sein. Wie dargestellt, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer annähernden Mittellinie des Deckblatts 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen würde, die Saugseite des Deckblatts 20 von der Druckseite des Deckblatts 20 trennen würde.

[0030] Ferner können in der Fig. 6 die diskreten Trennrippen 202 so konfiguriert sein, dass jede in der annähernden Mitte des Kühlhohlraums 130 beginnt und zu entgegengesetzten Aussenwänden des Kühlhohlraums 130 hin nach aussen verläuft. Die diskreten Trennrippen 202 können über mindestens einen Grossteil durch den Kühlhohlraum 130 hinweg verlaufen. In einigen Beispielen können die diskreten Trennrippen 202 über mindestens 75 % der Breite des Kühlhohlraums 130 hinweg verlaufen. In anderen Beispielen können die diskreten Trennrippen 202 so orientiert sein, dass sie allgemein rechtwinklig zu den in Fig. 6 dargestellten Trennrippen 202 verlaufen. Für den Fachmann versteht es sich, dass auch andere Anordnungen möglich sind. Die diskreten Trennrippen 202 können eine solche Länge haben, dass sie an einem Ende an einer Stelle kurz vor der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden und sie am anderen Ende an einer Stelle kurz vor der entgegengesetzten Aussenwand des Kühlhohlraums 130 enden. Dadurch können zwei Spalte an den Enden jeder der diskreten Trennrippen 202 definiert werden (d.h., ein erster Spalt, der durch das Ende der diskreten Trennrippe 202 und die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert wird; und ein zweiter Spalt, der durch das andere Ende der diskreten Trennrippe 202 und die entgegengesetzte Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert wird). In einigen Beispielen können der erste und der zweite Spalt jeder etwa 2,54 mm bis 19,05 mm (0,10 bis 0,75 Zoll) messen. In anderen Beispielen können der erste und der zweite Spalt jeder mindestens 2,54 mm (0,10 Zoll) messen. In einigen Beispielen, und wie dargestellt, kann die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 durch eine der verkürzten Rippen 142 definiert werden. In solchen Beispielen kann die diskrete Trennrippe 202 zu entgegengesetzten Aussenwänden des Kühlhohlraums 130 bis zu einer Stelle kurz vor der verkürzten Rippe 142 verlaufen, die an dieser Stelle die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 definiert, wie in Fig. 6 gezeigt.

[0031] Fig. 7 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum 130 mit einer Vielzahl von diskreten verkürzten Rippen 206. Die diskreten verkürzten Trennrippen 206 sind, wie oben definiert, diskrete Strukturelemente, weil sie den Boden des Kühlhohlraums 130 mit der Decke des Kühlhohlraums 130 verbinden und nicht von einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem Aussenrand des Deckblatts 20 ausgehen, darin enden oder damit verbunden sind. In einigen Beispielen (auch wenn dies in Fig. 7 nicht gezeigt wird) kann auch eine Vielzahl von verkürzten Rippen vorhanden sein,

die Austrittsöffnungen 147 definieren. Die verkürzten Rippen 142, die Austrittsöffnungen 147 definieren (wie in vorherigen Beispielen gezeigt), werden nicht als diskrete Strukturelemente wie vorliegend definiert betrachtet, weil sie allgemein im Aussenrand oder Umfang des Deckblatts 20 enden. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die durch den Flügel 12 verlaufenden Kühlmitteldurchgänge in dem in Fig. 7 gezeigten Beispiel durch eine Vielzahl von Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 verbunden sein. Wie dargestellt, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer annähernden Mittellinie des Deckblatts 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen würde, die Saugseite des Deckblatts 20 von der Druckseite des Deckblatts 20 trennen würde.

[0032] Wie in Fig. 7 dargestellt, kann eine Vielzahl von diskreten verkürzten Rippen 206 durch den Kühlhohlraum 130 hindurch beabstandet sein, sodass zwischen jeder ein Mindestabstand eingehalten wird. Die Abstände, die zwischen jeder der diskreten verkürzten Rippen 206 eingehalten werden, können mindestens 1,27 mm (0,05 Zoll) betragen. Die diskreten verkürzten Rippen 206 können rechteckig beschaffen sein (in einigen Beispielen mit abgerundeten Ecken), wie in Fig. 7 gezeigt. In einigen Beispielen können die diskreten verkürzten Rippen 206 etwa 2,54 mm bis 19,05 mm (0,10 bis 0,75 Zoll) lang und 1,27 mm bis 6,35 mm (0,05 bis 0,25 Zoll) breit sein. In einigen Beispielen, und wie in Fig. 7 dargestellt, können zwischen 15 und 25 diskrete verkürzte Rippen 206 im Kühlhohlraum 130 definiert sein.

[0033] Fig. 8 veranschaulicht einen einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum 130 mit einer Vielzahl von 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 von einer Innenwand des Kühlhohlraums 130 oder dem Aussenrand des Deckblatts 20 ausgehen, darin enden oder damit verbunden sind. Ohne Kühlmittelkammer 138 können die durch den Flügel 12 verlaufenden Kühlmitteldurchgänge in dem in Fig. 8 gezeigten Beispiel durch eine Vielzahl von Eintrittsöffnungen 154 direkt mit dem Kühlhohlraum 130 verbunden sein. Wie dargestellt, können die Eintrittsöffnungen 154 entlang einer annähernden Mittellinie des Deckblatts 20 angeordnet sein, die, wenn sie gezogen würde, die Saugseite des Deckblatts 20 von der Druckseite des Deckblatts 20 trennen würde.

[0034] Wie in Fig. 8 dargestellt, kann eine Vielzahl der diskreten Säulen 208 durch den Kühlhohlraum 130 hindurch beabstandet sein, sodass ein Mindestabstand zwischen jeder der diskreten Säulen eingehalten wird. Der Mindestabstand, der zwischen jeder der diskreten Säulen 208 eingehalten wird, kann mindestens 1,27 mm (0,05 Zoll) betragen. Wie dargestellt, können die diskreten Säulen 208 einen kreisrunden Querschnitt haben. In solchen Beispielen kann der Durchmesser des kreisrunden Querschnitts etwa 1,27 mm bis 6,35 mm (0,05 bis 0,25 Zoll) messen. In anderen Beispielen können die diskreten Säulen 208 einen quadratischen Querschnitt haben. In solchen Beispielen kann jede der Seiten des quadratischen Querschnitts etwa 1,27 mm bis 6,35 mm (0,05 bis 0,25 Zoll) messen. In einigen Beispielen, und wie in Fig. 8 dargestellt, können zwischen 5 und 50 diskrete Säulen 206 im Kühlhohlraum 130 definiert sein.

[0035] Fig. 9 veranschaulicht ein Beispiel, das die Verwendung von runden Auslassöffnungen 212 und unrunder Auslassöffnungen 214 bei einem Deckblatt-Kühlhohlraum 130 demonstriert. Wie zuvor beschrieben, kann zwischen benachbarten verkürzten Rippen 142 oder durch die Aussenwand des Kühlhohlraums 130 eine Vielzahl von Austrittsöffnungen 212, 214 zum Auslass des unter Druck gesetzten Kühlmittels aus dem Kühlhohlraum 130 definiert sein. Wie in dem Beispiel von Fig. 9 gezeigt, können unrunder Austrittsöffnungen 214 definiert sein. Diese unrunder Austrittsöffnungen 214 können rechteckig geformt sein (einige Beispiele können abgerundete Ecken aufweisen), wie dargestellt. Die unrunder Austrittsöffnungen 214 können auch elliptisch oder oval geformt sein, was nicht gezeigt wird. Die unrunder Austrittsöffnungen 214 können runden Austrittsöffnungen gegenüber Wärmeübertragungsvorteile bieten. Wie in Fig. 9 dargestellt, können auch eine oder mehrere runde Austrittsöffnungen 212 definiert sein. Zusätzliche runde Austrittsöffnungen 212 und unrunder Austrittsöffnungen 214 können vorgesehen sein. Wie für einen Fachmann hervorgeht, können auch andere Anordnungen der runden Austrittsöffnungen 212 und unrunder Austrittsöffnungen 214 möglich sein.

[0036] Es ist anzumerken, dass das in Fig. 3 bis 9 beschriebene Beispiel alle Beispiele eines Deckblatts mit einem einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum darstellt. Einige der Merkmale, die vorliegend erläutert wurden, sind aber nicht auf die Anwendung auf einen einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum beschränkt (d. h., sie können erfolgreich in Deckblättern eingesetzt werden, die mehrere getrennte Kühlhöhlräume aufweisen, die nicht miteinander in Fluidverbindung stehen). Zu diesen Merkmalen gehören:

- 1) Rippen, die teilweise durch einen Kühlhohlraum hindurch verlaufen, wodurch sie zwischen dem Ende der Rippe und einer entgegengesetzten Struktur einen Durchgang herstellen;
- 2) die alternierende Anordnung von Rippen, die teilweise durch einen Kühlhohlraum hindurch verlaufen;
- 3) die diskreten Strukturelemente; und
- 4) die Verwendung von unrunder Austrittsöffnungen und runden Austrittsöffnungen.

[0037] Die Beschreibung dieser Merkmale in Bezug auf einen einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraum ist lediglich beispielhaft und nicht als einschränkend zu verstehen.

[0038] In Betrieb kann das Kühlmittel (allgemein verdichtete Luft) zur Turbinenschaufel 10 verteilt werden. Das Kühlmittel kann durch die Kühlmittelkanäle zur Kühlmittelkammer 138 laufen. Das Kühlmittel kann dem Kühlhohlraum 130 dann durch

die Kühlmittelkammeröffnungen 140 zugeführt werden. (Es ist anzumerken, dass in den Beispielen, die in Fig. 4 bis 8 beschrieben werden, das Kühlmittel dem Kühlhohlraum 130 durch die Eintrittsöffnungen 154 direkt zugeführt wird). Sobald es im Kühlhohlraum 130 ist, strömt das Kühlmittel wie erforderlich um die Rippen 142, 144 herum zu den Austrittsöffnungen 147 und tritt dann durch die Austrittsöffnungen 147, die allgemein an der Aussenwand des Kühlhohlraums 130 entlang angeordnet sind, aus dem Deckblatt 20 aus. Dieser Kühlmittelstrom durch den Kühlhohlraum 130 bewirkt die konvektive Kühlung des Deckblatts 20.

[0039] Für den Fachmann versteht es sich, dass die Druckbedingungen, die an den Kanten des Deckblatts 20 vorliegen, während des Betriebs der Turbine stark variieren. Der Aussendruck ist an der Vorderkante (in Fig. 3 und 4 als 170 angezeigt) des Deckblatts 20 hoch und an der Hinterkante (in Fig. 3 und 4 als 180 angezeigt) des Deckblatts 20 niedrig, und massig an den Kanten des Deckblatts 20 zwischen den Vorder- und Hinterkanten (in Fig. 3 und 4 als 190 angezeigt). Der Kühlhohlraum 130 des Deckblatts 20 weist einen höheren Druck auf als der Aussendruck, doch ohne Eingriff tritt viel Kühlmittel in der Nähe der Hinterkante 180 des Deckblatts 20 aus, wo der Aussendruck am niedrigsten ist. Diese Tendenz kann bewirken, dass eine ungenügende Kühlmittelmenge an der Vorderkante 170 des Deckblatts 20 austritt, was in diesen Bereichen übermässige Temperaturen zur Folge haben kann, die die Nutzlebensdauer der Turbinenschaufel 10 negativ beeinflussen können. Daher ist es wünschenswert, die Verteilung des Kühlmittels durch das Deckblatt 20 hindurch bevorzugt zu bewirken, wenn es aus der Turbinenschaufel 10 austritt.

[0040] Die Anordnung der Rippen 142, 144, wie in den obigen Beispielen beschrieben, stellt allgemein einen verschlungenen oder labyrinthähnlichen Kühlkreis her, den das in das Deckblatt 20 eintretende Kühlmittel durchlaufen muss, bevor es austritt. Zum Beispiel muss Kühlmittel, das in der Nähe der Vorderkante 170 in das Deckblatt 20 eintritt, den Labyrinthkühlkreis durchlaufen, um an der Hinterkante 180 mit niedrigerem Druck auszutreten. Auf diese Weise stellt der verschlungene Weg oder Labyrinthkühlkreis ein Hindernis her, das den Austritt einer unverhältnismässigen Kühlmittelmenge an der Hinterkante 180 mit niedrigerem Druck verhindert. Das Ergebnis ist, dass Kühlmittel entlang jeder der verschiedenen Druckregionen des Deckblatts 20 aus dem Deckblatt 20 austritt, was eine bevorzugte Verteilung des Kühlmittels während des Betriebs überall im Deckblatt 20 erzeugt. Dieses vorteilhafte Ergebnis wird erreicht, ohne mehrfache unabhängige oder getrennte Kühlhohlräume (d.h., Kühlhohlräume, die nicht miteinander in Fluidverbindung stehen) im Inneren des Deckblatts 20 zu erfordern. Wie dem Fachmann bekannt ist, werden Turbinenschaufeln mit hohlen Kühlhohlräumen allgemein durch ein Wachsausschmelzverfahren hergestellt. Das Vorhandensein eines einzelnen oder durchgehenden Kühlhohlraums statt mehrerer getrennter Hohlräume hat im Wachsausschmelzverfahren bestimmte Vorteile zu bieten.

[0041] Ein weiterer Vorteil der alternierenden Anordnung der Trennrippen 144 ist, dass die freien Enden 194 jeder der Trennrippen 144 durch die Trennrippe 144 auf beiden Seiten davon abgeschirmt wird, was die strukturelle Integrität des Deckblatts 20 erhöht. Das freie Ende 194 der Trennrippe 144 bezieht sich auf das Ende, das in einem offenen Bereich im Inneren des Kühlhohlraums 130 endet (siehe das freie Ende 194 in Fig. 3, 4 und 5). Mit anderen Worten, das freie Ende 194 ist das Ende der Trennrippe 144, das dem Ende entgegengesetzt ist, das von einer Innen- oder Aussenwand im durchgehenden Kühlhohlraum 130 ausgeht. Eine Innen- oder Aussenwand des durchgehenden Kühlhohlraums 130 kann z.B. einschliessen:

- 1) die Aussenwand des Kühlhohlraums 130;
- 2) die Wand der Kühlmittelkammer 138; oder
- 3) die innere Mittelwand 152.

[0042] Wie für den Fachmann ersichtlich ist, wird durch das Ende der Trennrippe 144 in einem offenen Bereich im durchgehenden Kühlhohlraum 130 ein Bereich mit erhöhter Spannung hergestellt. Die Belastung, die zu dieser Spannung führt, kann aber von der benachbarten Trennrippe 144 aufgenommen werden, die aufgrund der alternierenden Anordnung der Trennrippen 144 nicht im selben Bereich innerhalb des Kühlhohlraums enden kann. Dies dient dazu, lokale Spannungskonzentrationen zu verringern, die sonst am Ende einer der Trennrippen 144 auftreten würden.

[0043] Auch wenn speziell auf die Kühlung eines Deckblatts Bezug genommen wurde, könnte die Technologie, die hierin offenbart wurde, auch auf ein Deckblatt angewandt werden, das nicht auf der Spitze einer Schaufel angeordnet ist. Diesbezüglich weisen manche Schaufeln etwa auf halber Länge der Flügel Deckblätter auf, die es mit ihrer benachbarten Schaufel verbinden, und die hierin oben beschriebenen Kühlmittelkanäle könnten darin integriert werden.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (10), umfassend:
einen Flügel (12); und
ein Deckblatt (20), das an einem Ende der Turbinenschaufel (10) benachbart zum Flügel (12) definiert ist, wobei das Deckblatt (20) einen oder mehrere Hohlräume aufweist, die darin definiert sind;
wobei alle Hohlräume, die im Inneren des Deckblatts (20) definiert sind, miteinander in Fluidverbindung stehen und einen Kühlhohlraum (130) definieren.

2. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, wobei:
der Flügel (12) einen Kühlmittelkanal aufweist, der darin definiert ist; und
der Kühlmittelkanal derart durch den Flügel (12) verläuft, dass der Kühlmittelkanal mit dem Kühlhohlraum (130) in Fluidverbindung steht.
3. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, wobei:
der Kühlhohlraum (130) eine Vielzahl von Rippen (142), (144) umfasst, die darin geformt sind;
die Rippen (142, 144) längliche Strukturen aufweisen, die den Boden des Kühlhohlraums (130) mit der Decke des Kühlhohlraums verbinden; und
die Rippen (142, 144) so konfiguriert sind, dass im Inneren des Kühlhohlraums (130) ein Labyrinthkühlkreis geformt ist.
4. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 1, wobei der Kühlhohlraum (130) eine Vielzahl von Rippen (142), (144) umfasst, die darin geformt sind, wobei die Rippen (142, 144) so dimensioniert und konfiguriert sind, dass einige der Rippen teilweise durch den Kühlhohlraum (130) hinweg verlaufen.
5. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 4, wobei die Rippen (142, 144) so dimensioniert und konfiguriert sind, dass einige der Rippen (142, 144) teilweise durch den Kühlhohlraum (130) hinweg und Spalte definierend durch den Kühlhohlraum (130) hinweg verlaufen.
6. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 4, wobei:
der Kühlhohlraum (130) einen druckseitigen Kühlhohlraum (132), einen saugseitigen Kühlhohlraum (134) und eine Kühlmittelkammer (138) umfasst, wobei die Kühlmittelkammer (138) eine Kammer umfasst, die im Wesentlichen zwischen dem druckseitigen Kühlhohlraum (132) und dem saugseitigen Kühlhohlraum (134) liegt;
die Kühlmittelkammer (138) mit dem Kühlmittelkanal in Fluidverbindung steht; und
die Kühlmittelkammer (138) über eine Vielzahl von Kühlmittelkammeröffnungen (140) mit dem druckseitigen Kühlhohlraum (132) und dem saugseitigen Kühlhohlraum (134) in Fluidverbindung steht.
7. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 6, wobei die Kühlmittelkammeröffnungen (140) so dimensioniert und angeordnet sind, dass die Strömung eines Kühlmittels zwischen der Kühlmittelkammer (138) und dem druckseitigen Kühlhohlraum (132) und dem saugseitigen Kühlhohlraum (134) im Betrieb der Turbinenschaufel (10) so verteilt geregelt ist, dass eine Verteilung des Kühlmittels durch den Kühlhohlraum (130) erreicht ist.
8. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 6, wobei:
die Rippen (142, 144) eine Vielzahl von Trennrippen (144) umfassen; und
die Trennrippen (144) so dimensioniert und konfiguriert sind, dass einige der Trennrippen (144), durch Spalte getrennt, durch den Kühlhohlraum (130) hinweg verlaufen.
9. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 8, wobei:
die Trennrippen (144) eine Vielzahl von Trennrippen (145) umfassen, welche von der Kühlmittelkammer (138) weg erstreckt sind, und eine Vielzahl von Trennrippen (146) umfassen, welche in Richtung zur Kühlmittelkammer (138) erstreckt sind;
mindestens einige der von der Kühlmittelkammer (138) weg erstreckten Trennrippen (145) von einer Wand ausgehen, die die Kühlmittelkammer (138) definiert, und, durch einen ersten Spalt getrennt, bis zu einer Aussenwand des Kühlhohlraums (130) verlaufen, wodurch zwischen der Trennrippe (145) und der Aussenwand des Kühlhohlraums (130) der erste Spalt definiert ist; und
mindestens einige der in Richtung zur Kühlmittelkammer (138) erstreckten Trennrippen (146) von der Aussenwand des Kühlhohlraums (130) ausgehen und, durch einen zweiten Spalt getrennt, bis zu der Wand, die die Kühlmittelkammer (138) definiert, verlaufen, wodurch zwischen der Trennrippe (146) und der die Kühlmittelkammer (138) definierenden Wand der zweite Spalt definiert ist.
10. Turbinenschaufel (10) nach Anspruch 9, wobei:
die Aussenwand des Kühlhohlraums (130) zum Teil durch eine oder mehrere verkürzte Rippen (142) definiert ist, wobei die verkürzten Rippen (142) im Wesentlichen kürzer sind als die Trennrippen (144); und
die von der Kühlmittelkammer (138) weg erstreckten Trennrippen (145) von der Wand ausgehen, die die Kühlmittelkammer (138) definiert, und, durch einen Spalt getrennt, bis zu der verkürzten Rippe (142) verlaufen, die die Aussenwand des Kühlhohlraums (130) definiert, wodurch zwischen der Trennrippe (145) und der verkürzten Rippe (142) der Spalt definiert ist.

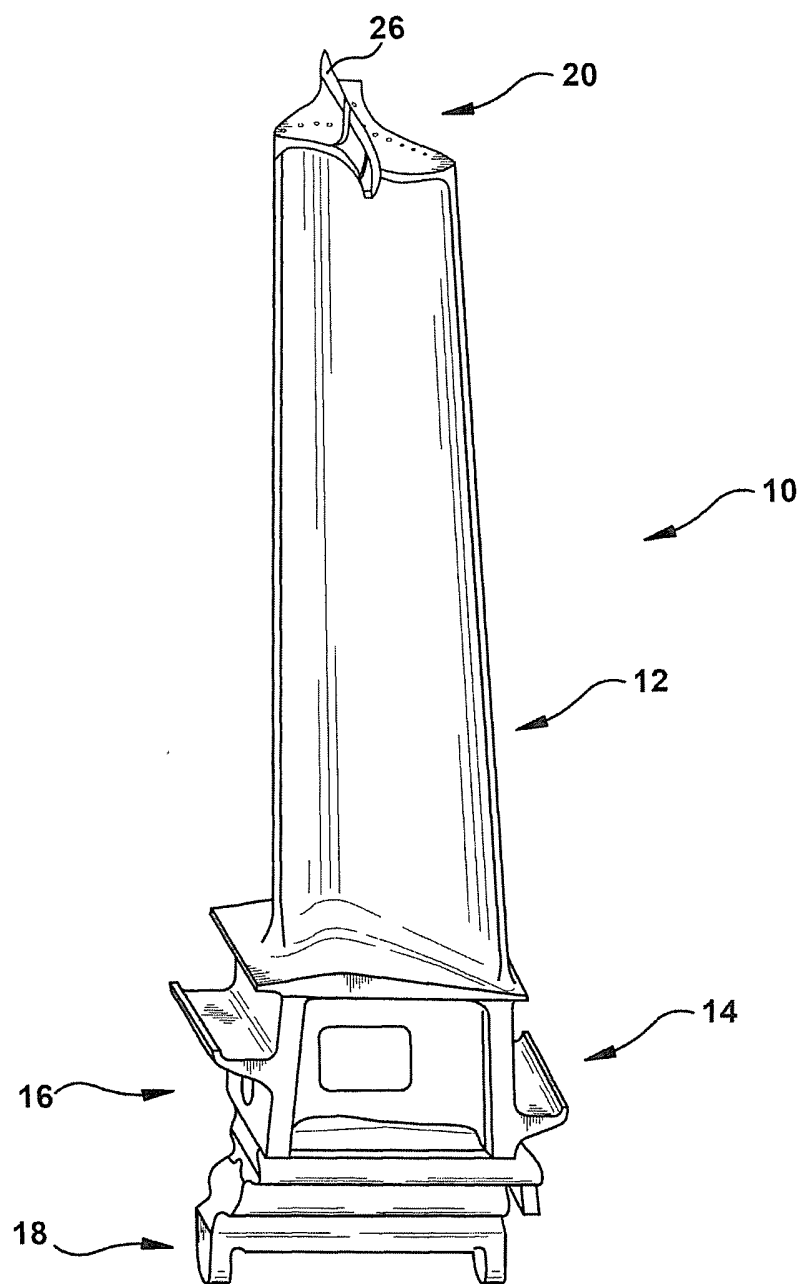


FIG. 1

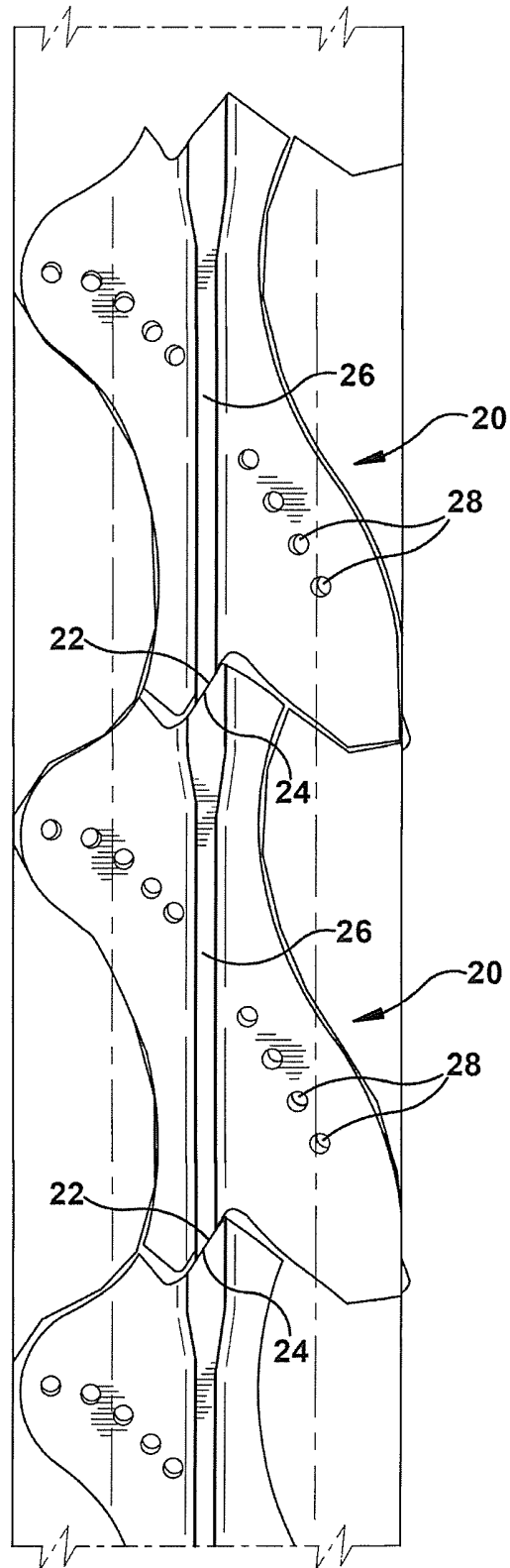


FIG. 2

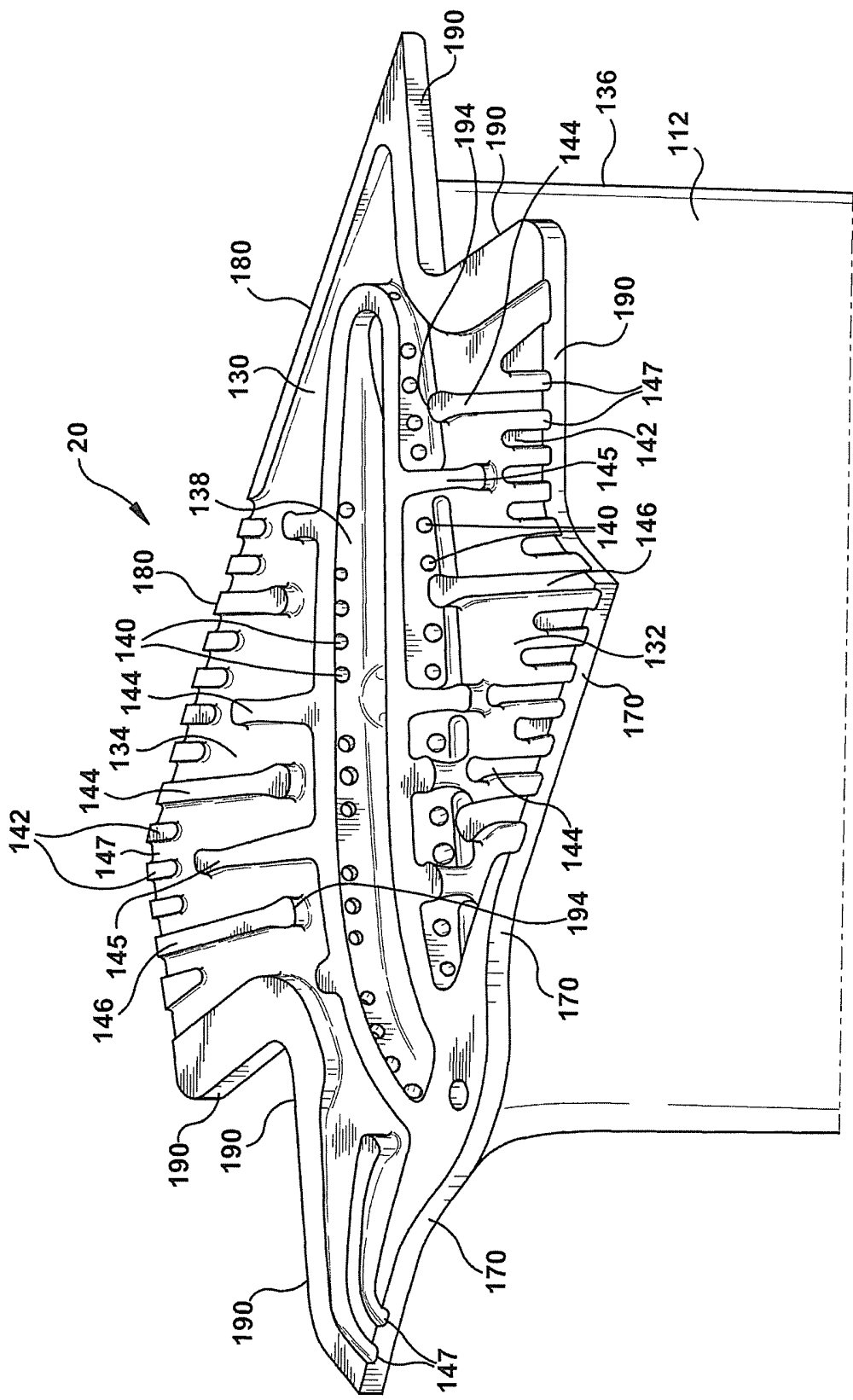


FIG. 3

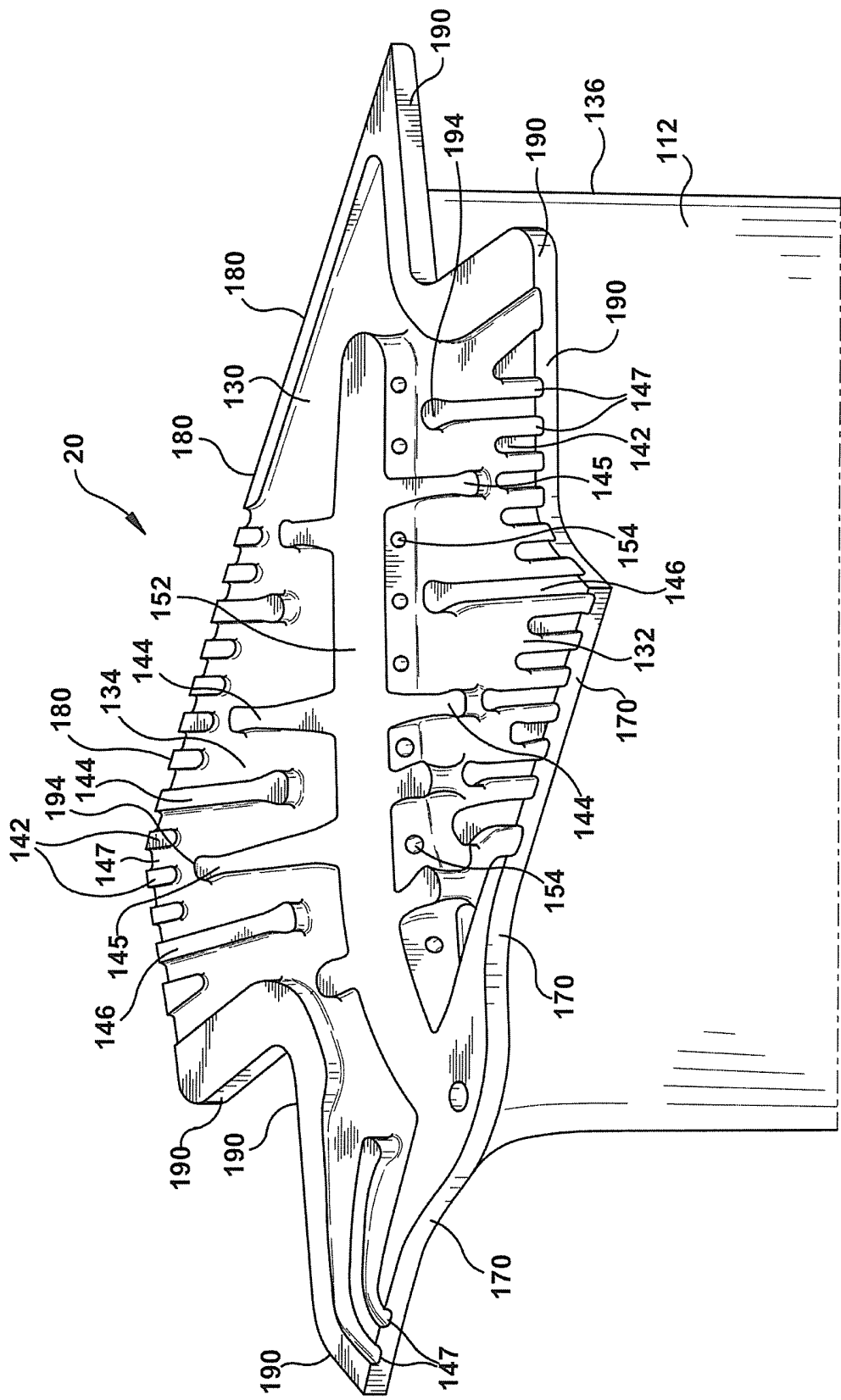


FIG. 4

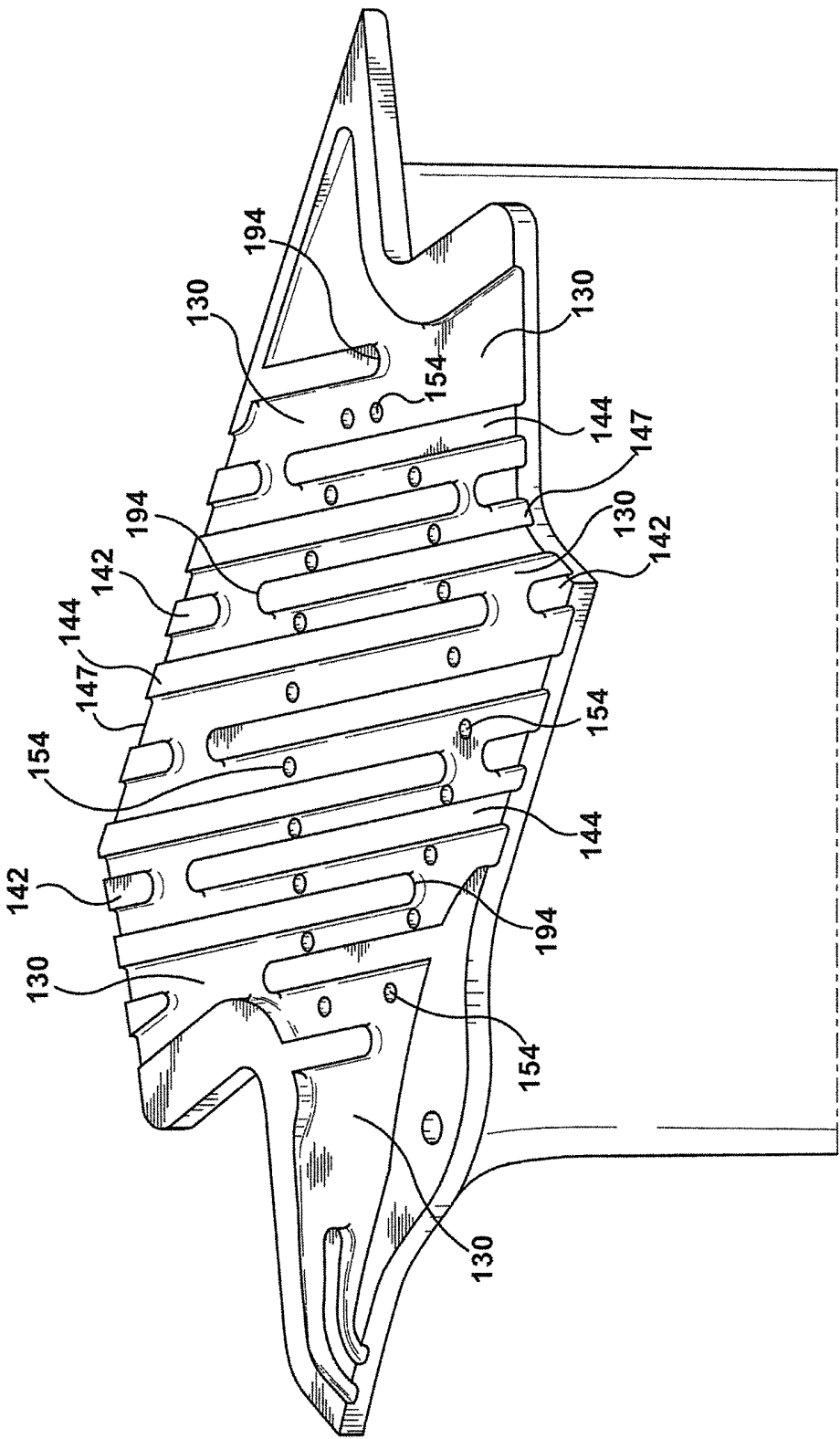
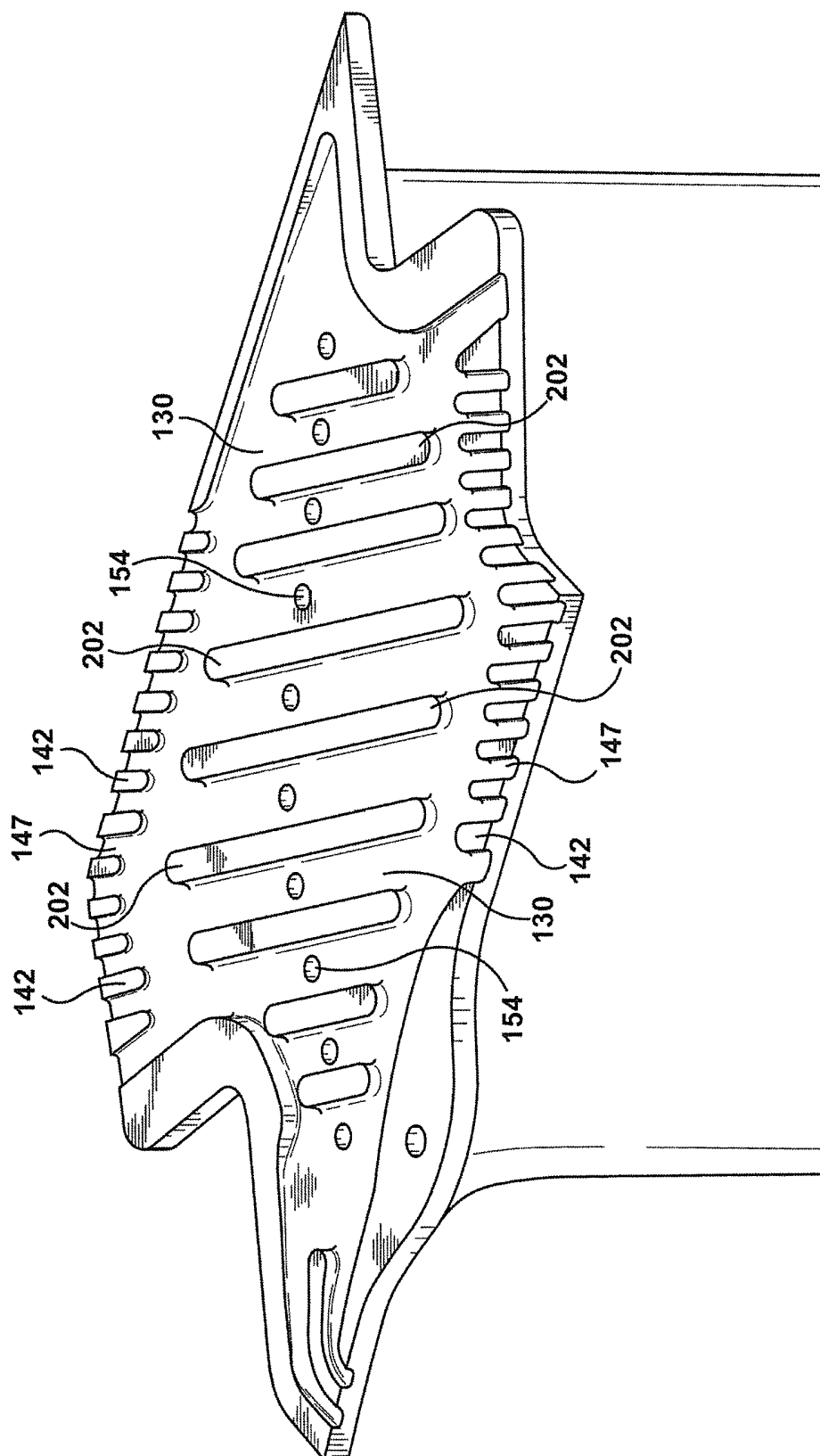


FIG. 5



১৫৬

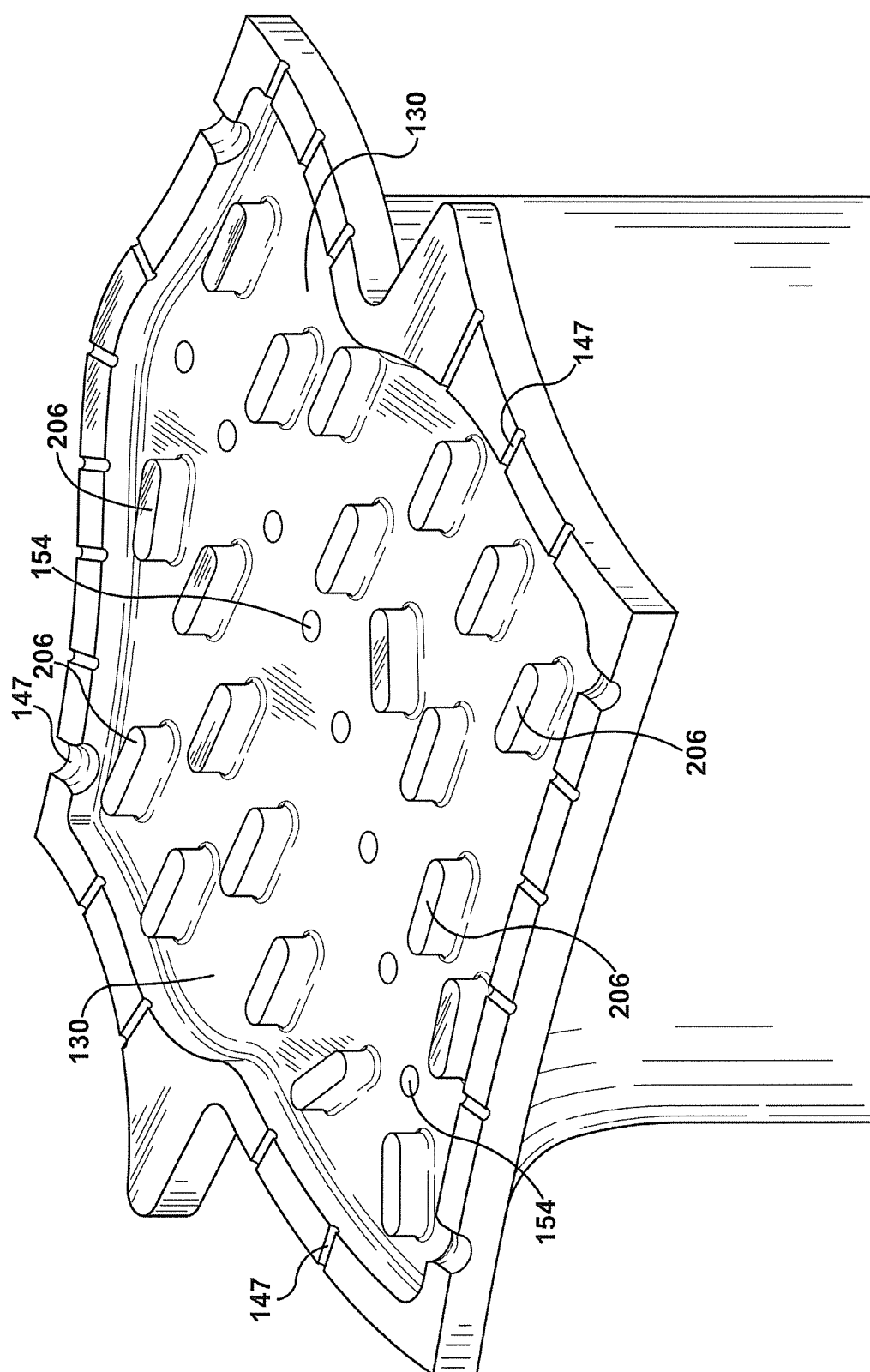


Fig. 7

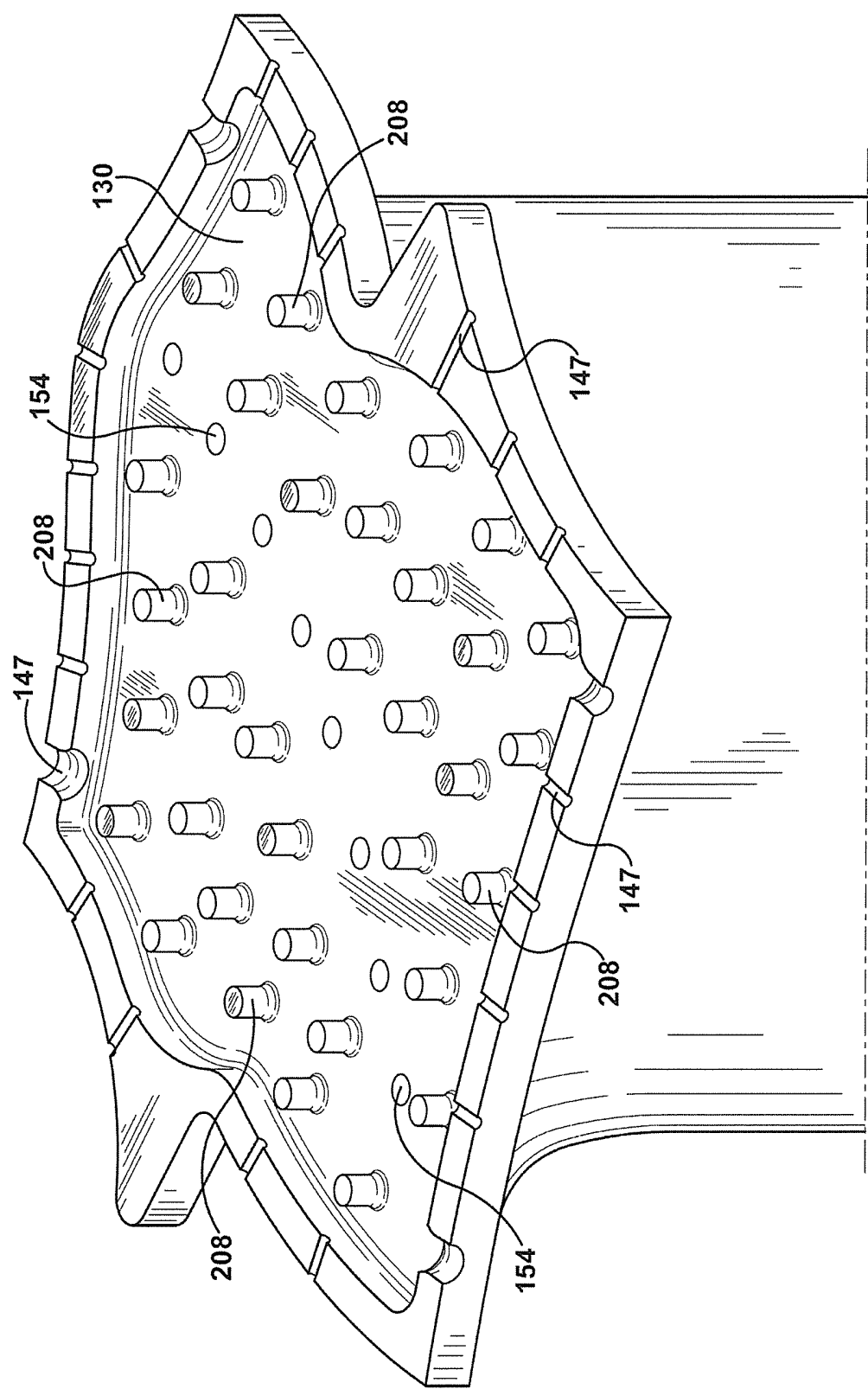


FIG. 8

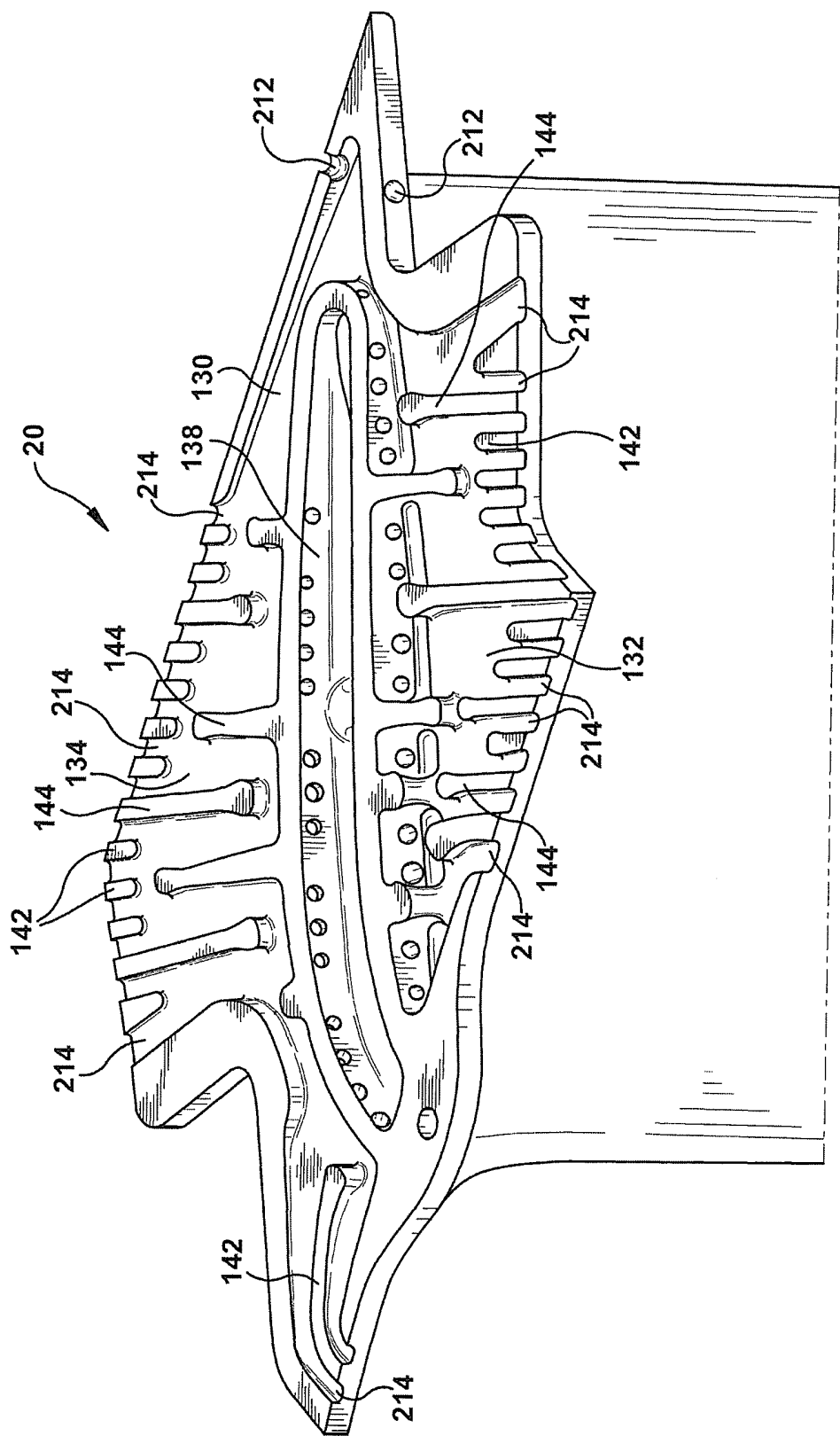


FIG. 9