



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 304 A2

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

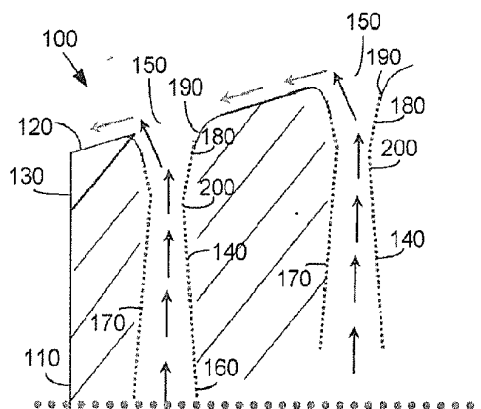
Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer:	01008/10	(71) Anmelder:	General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)
(22) Anmeldedatum:	23.06.2010	(72) Erfinder:	Sheo Narain Giri, Bargadwa Road, Gorakhpur, Uttar Pradesh, 273007 (IN)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	31.12.2010	(74) Vertreter:	R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4 8008 Zürich (CH)
(30) Priorität:	24.06.2009 US 12/490,429		

(54) Turbinenschaufel mit sich verengendem und sich vergrößerndem Kühlloch.

(57) Es ist eine Turbinenlaufschaukel (100) für eine Gasturbinenanlage geschaffen. Die Turbinenschaufel (100) kann ein Schaufelblatt (110), ein Spitzendeckband (120), das an einer Spitze (130) des Schaufelblattes (110) angeordnet ist, und eine Anzahl von Kühlöchern (140) enthalten, die sich durch das Schaufelblatt (110) und das Spitzendeckband (120) hindurch erstrecken. Ein oder mehrere der Kühlöchern (140) können ein Streckenstück mit verengendem Durchmesser (170) an dem Spitzendeckband (120) und ein Streckenstück mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) an einer Oberfläche (190) des Spitzendeckbands (120) enthalten.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft allgemein Turbinenanlagen und insbesondere Kühllöcher für eine Turbinenschaufel mit einem konvergent-divergenten Durchgang an dem Spitzendeckband zur Erzielung einer verbesserten Kühlung.

Hintergrund zu der Erfindung

[0002] Allgemein können Gasturbinenschaufeln einen weitgehend tragflächenprofilförmigen Körperabschnitt aufweisen. Die Schaufeln können an dem inneren Ende mit einem Fussabschnitt verbunden sein und an dem äusseren Ende mit einem Spitzenabschnitt verbunden sein. Die Schaufeln können ferner eine Abdeckung bzw. ein Deckband an dem Spitzenabschnitt enthalten. Das Deckband kann sich von dem Spitzenabschnitt aus erstrecken, um einen Heissgasleckstrom an der Spitze vorbei zu verhindern oder zu reduzieren. Die Verwendung des Deckbandes kann ferner die gesamten Schaufelschwingungen reduzieren.

[0003] Das Spitzerrdeckband und die Schaufel im Ganzen können aufgrund einer Kombination von hohen Temperaturen und durch Fliehkräfte induzierten Biegebeanspruchungen einer Kriechschädigung unterliegen. Ein Verfahren zum Kühlen der Schaufel im Ganzen besteht darin, eine Anzahl von durch diese hindurchführenden Kühllöchern zu verwenden. Die Kühllöcher können Kühlluft durch die Schaufeln hindurch befördern und eine Wärmesperre zwischen der Schaufel und dem Spitzendeckband und der Strömung der Heissgase bilden.

[0004] Obwohl eine Kühlung der Schaufel eine Kriechbeschädigung reduzieren kann, kann der Einsatz der Luftströmung zur Kühlung der Schaufel den Wirkungsgrad der Turbinenanlage im Ganzen reduzieren, was auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass die Kühlluft nicht durch den Turbinenabschnitt hindurchströmt. Ferner verringert sich die Effektivität der Kühlluft, wenn die Luft von der Unterseite zu der Oberseite der Schaufel strömt. Diese verminderte Effektivität kann aufgrund einer geringeren Kühlung zu höheren Temperaturen zu dem Austritt der Schaufel an dem Spitzendeckband hin führen.

[0005] Somit besteht ein Bedarf nach Schaufelkühlsystemen und -verfahren, die eine passende Kühlung erzielen, um ein Kriechen zu verhindern und bei gleichzeitiger Verbesserung der gesamten Turbinenleistungsfähigkeit und -effizienz die Schaufellebensdauer zu verlängern.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Anmeldung beschreibt somit eine Turbinenschaufel für eine Gasturbinenanlage. Die Turbinenschaufel kann ein Schaufelblatt, ein Spitzendeckband, das an einer Spitze des Schaufelblattes positioniert ist, und eine Anzahl von Kühllöchern enthalten, die sich durch das Schaufelblatt und das Spitzenband hindurch erstrecken. Ein oder mehrere der Kühllöcher kann/können eine Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser an dem Spitzendeckband und eine Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser an einer Oberfläche des Spitzendeckbands enthalten.

[0007] Die vorliegende Anmeldung beschreibt ferner ein Verfahren zum Kühlen einer Turbinenschaufel. Das Verfahren kann die Schritte enthalten, wonach Luft durch eine Anzahl von Kühllöchern strömen gelassen wird, die sich durch die Schaufel hindurch erstrecken, die Luft durch ein Teilstück mit sich verengendem Durchmesser in den Kühllöchern geleitet wird und die Luft durch ein Teilstück mit sich vergrößerndem Durchmesser an einem Auslass der Kühllöcher geleitet wird.

[0008] Die vorliegende Anmeldung beschreibt ferner eine Turbinenschaufel für eine Gasturbinenanlage. Die Turbinenschaufel kann ein Schaufelblatt, eine Spitze an einem Ende des Schaufelblattes und eine Anzahl von Kühllöchern enthalten, die sich durch das Schaufelblatt und die Spitze hindurch erstrecken. Ein oder mehrere der Kühllöcher können ein Teilstück mit sich verengendem Durchmesser an der Spitze und ein Teilstück mit sich erweiterndem Durchmesser an einer Oberfläche der Spitze enthalten.

[0009] Diese und weitere Merkmale des vorliegenden Anmeldegegenstandes werden für Fachleute auf dem Gebiet bei einer Durchsicht der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den verschiedenen Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen offensichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010]

- Fig. 1 zeigt eine schematisierte Ansicht einer Gasturbinenanlage.
- Fig. 2 zeigt eine schematisierte Ansicht einer Anzahl von Stufen einer Gasturbine.
- Fig. 3 zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer Turbinenlaufschaufel.
- Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf ein Spitzendeckband einer Turbinenlaufschaufel
- Fig. 5 zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht eines bekannten Kühllochaustritts.

- Fig. 6 zeigt eine Draufsicht auf ein Turbinenschaufel-spitzendeckband mit einer Anzahl von Kühllochaustritten, wie sie hierin beschrieben sind.
- Fig. 7 zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht der Kühllochaustritte nach Fig. 6.
- Fig. 8A zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines Kühllochaustritts, wie hierin beschrieben.
- Fig. 8B zeigt eine Draufsicht auf den Kühllochaustritt nach Fig. 8A.
- Fig. 9A zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines Kühllochaustritts, wie hierin beschrieben.
- Fig. 9B zeigt eine Draufsicht auf den Kühllochaustritt nach Fig. 9A.
- Fig. 10A zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines Kühllochaustritts, wie hierin beschrieben.
- Fig. 10B zeigt eine Draufsicht auf den Kühllochaustritt nach Fig. 10A.
- Fig. 11A zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines Kühllochaustritts, wie hierin beschrieben.
- Fig. 11B zeigt eine Draufsicht auf den Kühllochaustritt nach Fig. 11A.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0011] Indem nun auf die Zeichnungen Bezug genommen wird, in denen gleiche Bezugszeichen überall in den verschiedenen Ansichten gleiche Elemente bezeichnen, zeigt Fig. 1 eine schematisierte Ansicht einer Gasturbinenanlage 10. Wie bekannt ist, kann die Gasturbinenanlage 10 einen Verdichter 12 enthalten, um eine ankommende Luftströmung zu komprimieren. Der Verdichter 12 liefert den komprimierten Luftstrom zu einer Brennkammer 14. Die Brennkammer 14 vermischt den komprimierten Luftstrom mit einem komprimierten Brennstoffström und zündet das Gemisch. (Obwohl lediglich eine einzelne Brennkammer 14 veranschaulicht ist, kann die Gasturbinenanlage 10 eine beliebige Anzahl von Brennkammern 14 enthalten.) Die heißen Verbrennungsgase werden wiederum zu einer Turbine 16 geliefert. Die heißen Verbrennungsgase treiben die Turbine 16 an, um mechanische Arbeit zu erzeugen. Die mechanische Arbeit, die in der Turbine 16 erzeugt wird, treibt den Verdichter 12 und eine externe Last 18, wie beispielsweise einen elektrischen Generator und dergleichen, an. Die Gasturbinenanlage 10 kann Erdgas, verschiedene Arten von Synthesegas und andere Brennstoffarten verwenden. Die Gasturbinenanlage 10 kann andere Konfigurationen aufweisen und kann andere Arten von Komponenten einsetzen. Es können mehrere Gasturbinenanlagen 10, andere Arten von Turbinen und andere Arten von Leistungserzeugungsausrichtungen gemeinsam hierin verwendet werden.

[0012] Fig. 2 zeigt eine Anzahl von Stufen 20 der Turbine 16. Eine erste Stufe 22 enthält eine Anzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Leitschaufeln 24 und Laufschaufeln 26 der ersten Stufe. In gleicher Weise enthält eine zweite Stufe 28 eine Anzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Leitschaufeln 30 und Laufschaufeln 32 der zweiten Stufe. Ferner enthält eine dritte Stufe 34 eine Anzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Leitschaufeln 36 und Laufschaufeln 38 der dritten Stufe. Die Stufen 22, 28, 34 sind in einem durch die Turbine 16 hindurchführenden Heissgaspfad 40 angeordnet. Es kann eine beliebige Anzahl von Stufen 20 hierin verwendet werden.

[0013] Fig. 3 zeigt eine seitliche Querschnittsansicht der Laufschaufel 32 der zweiten Stufe 28 der Turbine 16. Wie bekannt ist, kann jede Schaufel 32 eine Plattform 42, einen Schaft 44 und einen Schwalbenschwanz 46 aufweisen. Von der Plattform 42 aus kann sich ein Tragflügelprofilelement bzw. Schaufelblatt 48 erstrecken, das in einem Spitzendeckband(element) 50 an seiner Spitze 52 endet. Das Spitzendeckband 50 kann mit dem Schaufelblatt 48 integral ausgebildet sein. Es sind andere Konfigurationen bekannt.

[0014] Jede Schaufel 32 kann eine Anzahl von Kühllöchern 54 aufweisen, die sich zwischen dem Schwalbenschwanz 46 und dem Spitzendeckband 50 der Spitze 52 des Schaufelblattes 48 erstrecken. Wie in Fig. 4 veranschaulicht, können die Kühllöcher 54 Auslässe 56 aufweisen, die sich durch das Spitzendeckband 50 hindurch erstrecken. An sich kann das Kühlmedium, z.B. Luft aus dem Verdichter 12, durch die Kühllöcher 54 hindurchtreten und an der Spitze 52 des Schaufelblattes 48 durch die Auslässe 56 hindurch austreten und in den Heissgaspfad 40 eintreten. Wie in Fig. 5 veranschaulicht, sind die Auslässe 56 im Wesentlichen kreisförmig gestaltet, und sie weisen eine hindurchführende gerade Wand 58 mit einem relativ konstanten Durchmesser auf. Es können andere Konfigurationen verwendet werden.

[0015] Fig. 6 und 7 zeigen eine Turbinenlaufschaufel 100, wie hierin beschrieben. Die Turbinenschaufel 100 enthält ein Schaufelblatt 110, das sich bis zu einem Spitzendeckband 120 an seiner Spitze 130 erstreckt. Die Turbinenschaufel 100 kann eine Anzahl von Kühllöchern 140 enthalten, die sich durch diese hindurch erstrecken. Es kann hierin eine beliebige Anzahl von Kühllöchern 140 verwendet werden. Die Kühllöcher 140 können sich bis zu einem Auslass 150 an dem

Spitzendeckband 120 erstrecken. Die Kühllöcher 140 können einen weitgehend konstanten Durchmesser 160 durch das Schaufelblatt 110 hindurch aufweisen.

[0016] Die Kühllöcher 140 können einen konvergenten Weg oder eine Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser 170 aufweisen, der bzw. die an dem Spitzendeckband 120 positioniert ist. Die Kühllöcher 140 können dann einen expandierenden Weg oder eine Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser 180 zu einer Oberfläche 190 des Auslasses 150 hin einnehmen. Die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser 170 kann länger sein als die Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser 180. Die Teilstrecken 170, 180 können variieren. Der sich verengende Durchmesserabschnitt 170 und der sich vergrößernde Durchmesserabschnitt 180 können an einer Verengung bzw. Einschnürung 200 zusammentreffen. Die Einschnürung 200 kann sich etwa 100 bis 300 Mils (ungefähr 2,54 bis 7,62 mm) unter der Oberfläche 190 des Spitzendeckbandes 120 befinden. Die Tiefe, Grösse und Konfiguration der Kühllöcher 140 durch den Auslass 150 hindurch und an sonstiger Stelle kann hierin variieren.

[0017] Die Verwendung des konvergenten Pfads oder des Teilstücks mit sich verengendem Durchmesser 170 hilft, den Wärmeübertragungskoeffizienten an dem Auslass 150 des Spitzendeckbandes 120 zu erhöhen. Der Wärmeübertragungskoeffizient steigt bei demselben Massendurchsatz in Folge einer vergrösserten Geschwindigkeit durch die konvergente Form. Berechnungen unter Verwendung der Dittus-Boelter-Korrelation (erzwungene Konvektion) zeigen, dass ein um etwa 16% erhöhter Wärmeübertragungskoeffizient vorliegen kann. Der resultierende Wärmeübertragungskoeffizient kann aufgrund der Grösse und Gestalt der Kühllöcher 140, dem Massendurchsatz durch diese, der Fluidviskosität und anderer Variablen variieren.

[0018] In gleicher Weise ergibt der Einsatz des divergenten Pfads oder der Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser 180 an der Oberfläche 190 eine starke Rezirkulation, die eine Filmschichtkühlung erzeugt, um so eine zusätzliche Kühlung an dem Spitzendeckband 120 zu erzielen. Diese Strömung erhöht den Ausflussbeiwert und reduziert das Ausblasen in der Nähe der Oberfläche 190. Die Rezirkulationsströmung kann mit etwa 120 Fuss pro Sekunde (ungefähr 36,6 Meter pro Sekunde) strömen. Die Strömungsgeschwindigkeit kann hierin variieren.

[0019] Die verbesserte Kühlung, wie sie hierin erzielt wird, sollte zu einer längeren Lebensdauer für die Turbinenschaufel 100 als Ganzes führen. Insbesondere steigert die Kombination aus dem sich verengenden Durchmesser 170 und dem sich erweiternden Durchmesser 180 die Kühleffektivität an der Oberfläche 190 durch Ausbildung einer Filmschicht über der Oberfläche des Spitzendeckbands 120 und auch durch Erhöhung des Wärmeübertragungskoeffizienten.

[0020] Wie in den Fig. 8A-8B und 9A-9B veranschaulicht, kann die Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser 180 eine weitgehend ovale Gestalt 210 einnehmen, während die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser 170 eine weitgehend konusförmige Gestalt 220 mit einem weitgehend kreisförmigen Querschnitt 230 einnehmen kann. Der sich verengende Durchmesserabschnitt 170 kann auf jeder Seite des sich erweiternden Durchmesserabschnitts 180 positioniert sein. Es können andere Arten von versetzten Positionen hierin verwendet werden. In gleicher Weise kann der sich verengende Durchmesserabschnitt 170, wie in den Fig. 10A-10B veranschaulicht, in der Mitte des sich erweiternden Durchmesserabschnitts 180 positioniert sein. Wie in den Fig. 11A-11B veranschaulicht, kann der sich erweiternde Durchmesserabschnitt 180 auch eine weitgehend kreisförmige Gestalt 230 einnehmen. Es können andere Formen, Positionen und Konfigurationen hierin verwendet werden.

[0021] Es sollte verstanden werden, dass das Vorstehende lediglich die bevorzugten Ausführungsformen des vorliegenden Anmeldegegenstandes anbetrifft und dass hierin durch einen Fachmann auf dem Gebiet zahlreiche Veränderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne dass von dem allgemeinen Rahmen und Schutzzumfang der Erfindung, wie durch die nachfolgenden Ansprüche definiert, und deren Äquivalenten abgewichen wird.

[0022] Es ist eine Turbinenlaufschaufel 100 für eine Gasturbinenanlage 10 geschaffen. Die Turbinenschaufel 100 kann ein Schaufelblatt 110, ein Spitzendeckband 120, das an einer Spitze 130 des Schaufelblattes 110 angeordnet ist, und eine Anzahl von Kühllöchern 140 enthalten, die sich durch das Schaufelblatt 110 und das Spitzendeckband 120 hindurch erstrecken. Ein oder mehrere der Kühllöcher 140 können ein Streckenstück mit verengendem Durchmesser 170 an dem Spitzendeckband 120 und ein Streckenstück mit sich vergrößerndem Durchmesser 180 an einer Oberfläche 190 des Spitzendeckbands 120 enthalten.

Bezugszeichenliste

[0023]

- 10 Gasturbinenanlage
- 12 Verdichter
- 14 Brennkammer
- 16 Turbine
- 18 Externe Last

CH 701 304 A2

20	Stufen
22	Erste Stufe
24	Leitschaufel
26	Laufschaukel
28	Zweite Stufe
30	Leitschaufel
32	Laufschaukel
34	Dritte Stufe
36	Leitschaufel
38	Laufschaukel
40	Heissgaspfad
42	Plattform
44	Schaft
46	Schwalbenschwanz
48	Schaufelblatt
50	Spitzendeckband(element)
52	Spitze
54	Kühllöcher
56	Auslässe
58	Gerade Wand
100	Turbinenschaufel
110	Schaufelblatt
120	Spitzendeckband(element)
130	Spitze
140	Kühllöcher
150	Auslass
160	Konstanter Durchmesser
170	Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser
180	Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser
190	Oberfläche
200	Verengung, Einschnürung
210	Ovale Gestalt
220	Konische Gestalt
230	Kreisförmiger Querschnitt

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (100), die aufweist: ein Schaufelblatt (110); ein Spitzendeckband (120), das an einer Spitze (130) des Schaufelblattes (110) positioniert ist; und mehrere Kühllöcher (140), die sich durch das Schaufelblatt (110) und das Spitzendeckband (120) hindurch erstrecken; wobei ein oder mehrere der mehreren Kühllöcher (140) eine Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) an dem Spitzendeckband (120) aufweisen und wobei das eine oder die mehreren der mehreren Kühllöcher (140) eine Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) an einer Oberfläche (190) des Spitzendeckbands (120) aufweisen.
2. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei das eine oder die mehreren der mehreren Kühllöcher (140) eine Einschnürung (200) zwischen der Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) und der Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) aufweisen.
3. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) eine im Wesentlichen ovale Gestalt (210) aufweist.
4. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) eine im Wesentlichen kreisförmige Gestalt (230) aufweist.
5. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) eine im Wesentlichen ovale Gestalt (210) aufweist.
6. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) eine im Wesentlichen kreisförmige Gestalt (230) aufweist.
7. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) eine gegenüber der Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) versetzte Position aufweist.
8. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, wobei die Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) eine erste Länge aufweist und die Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) eine zweite Länge aufweist und wobei die erste Länge grösser ist als die zweite Länge.
9. Turbinenschaufel (100) nach Anspruch 1, die ferner eine Schaufel einer zweiten Stufe aufweist.
10. Verfahren zum Kühlen einer Turbinenschaufel (100), das aufweist:
Durchleiten von Luft durch mehrere Kühllöcher (140), die sich durch die Schaufel (140) hindurch erstrecken.
Durchleiten der Luft durch eine Teilstrecke mit sich verengendem Durchmesser (170) in den mehreren Kühllöchern (140); und
Durchleiten der Luft durch eine Teilstrecke mit sich vergrößerndem Durchmesser (180) an einem Auslass (150) der mehreren Kühllöcher (140).

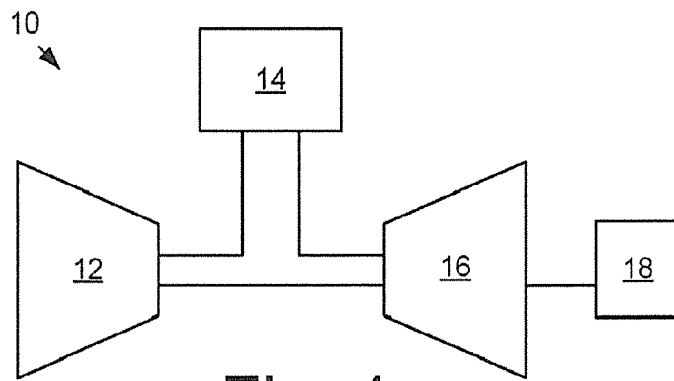


Fig. 1

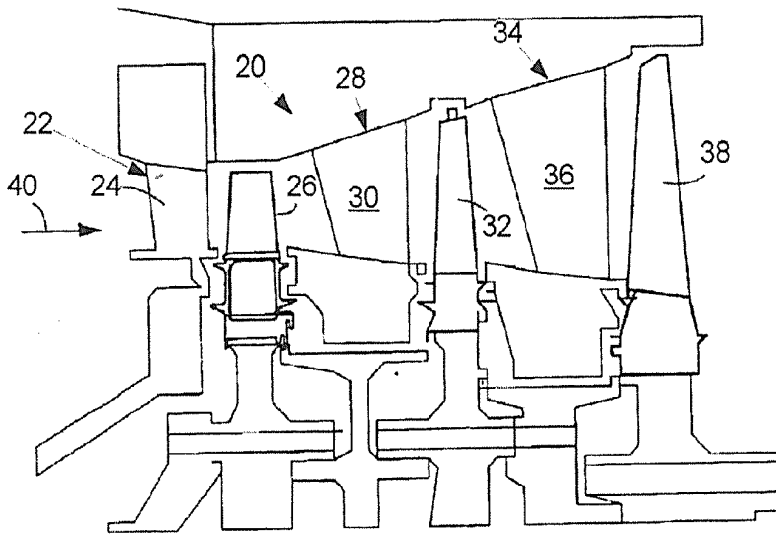


Fig. 2

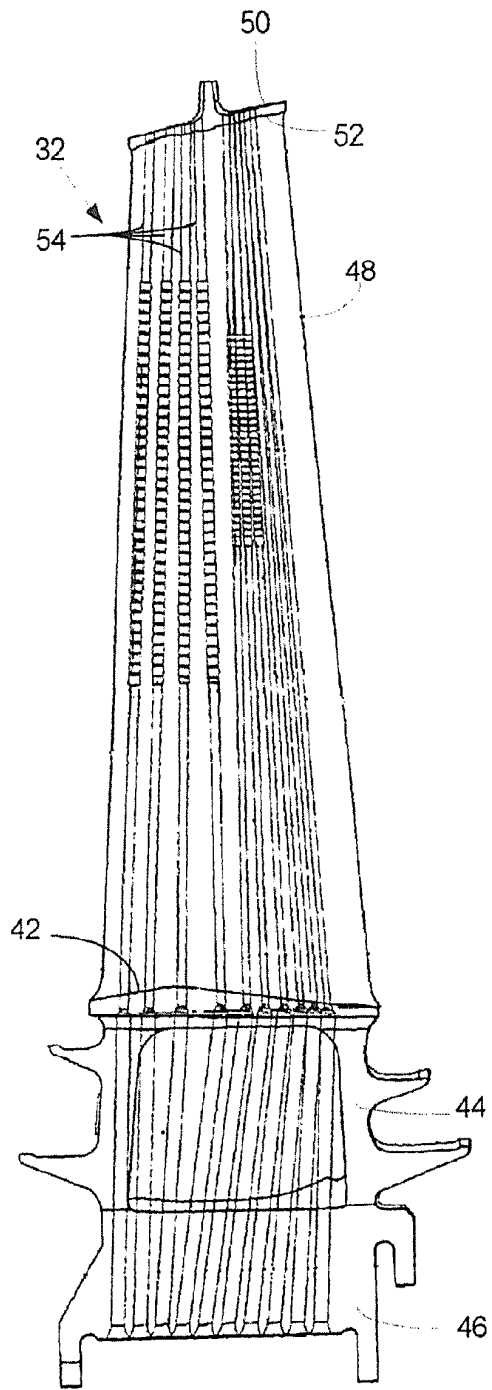


Fig 3

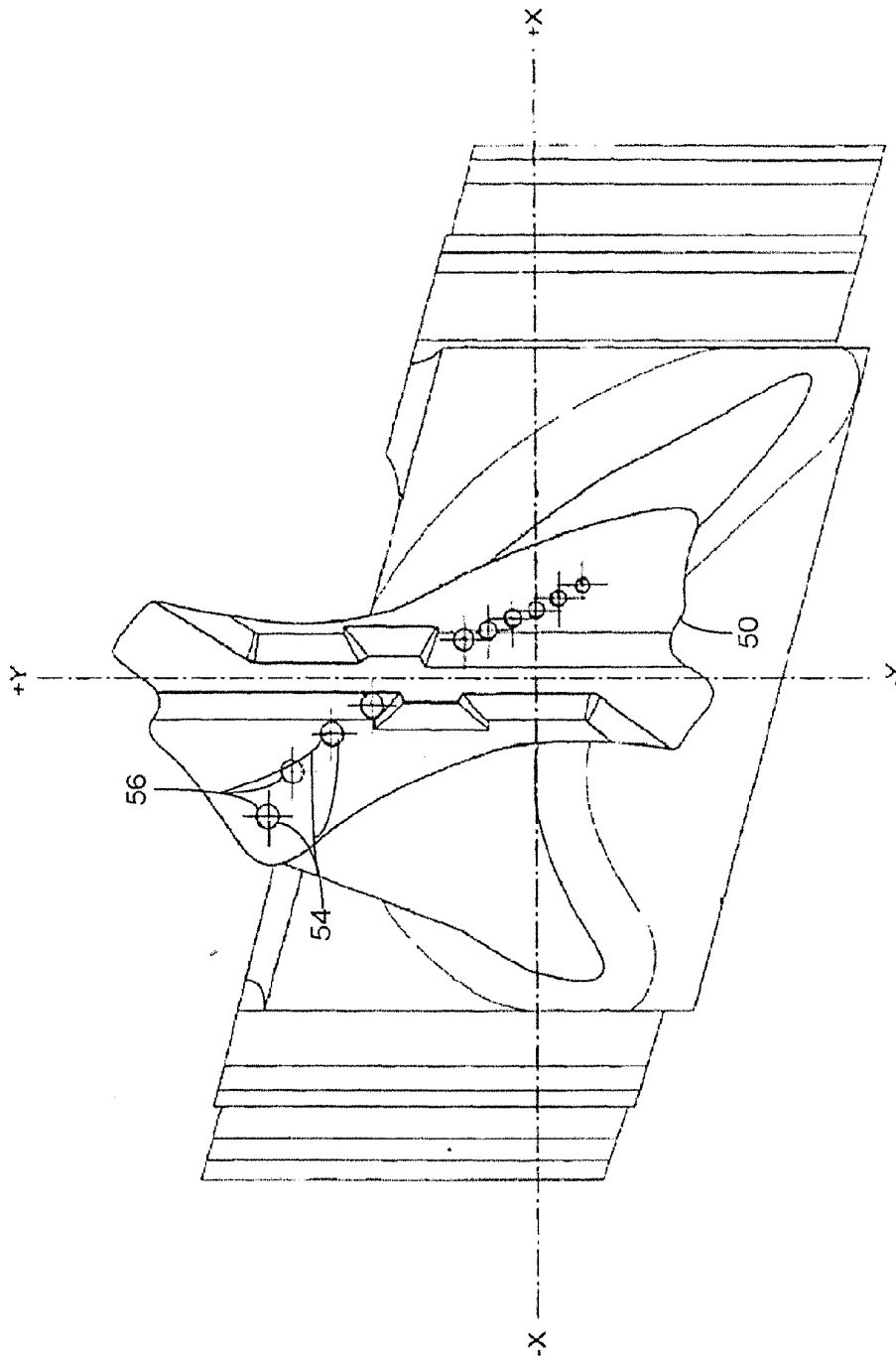


Fig 4

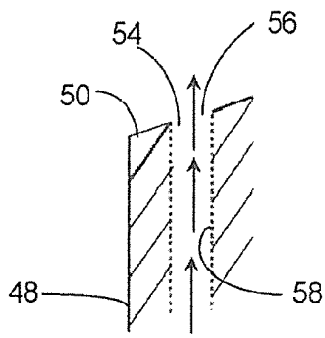


Fig 5

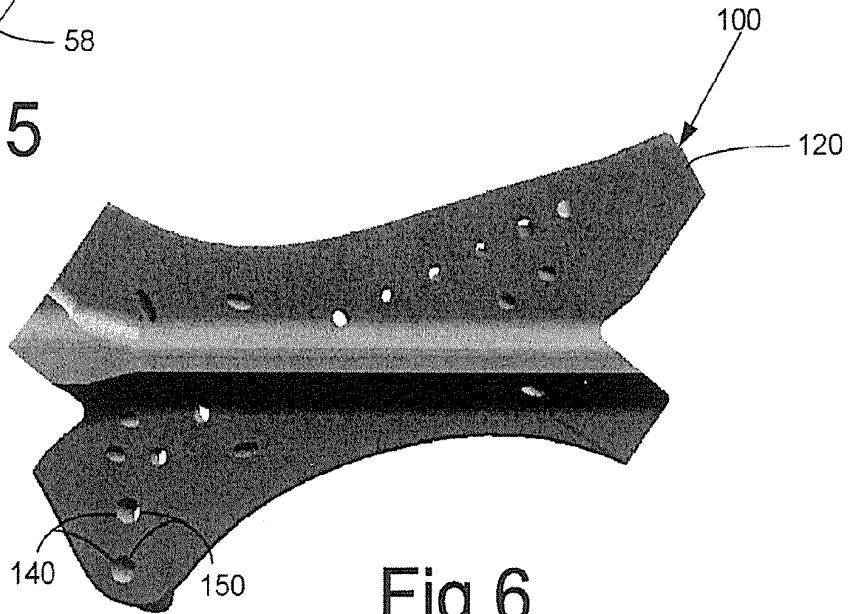


Fig 6

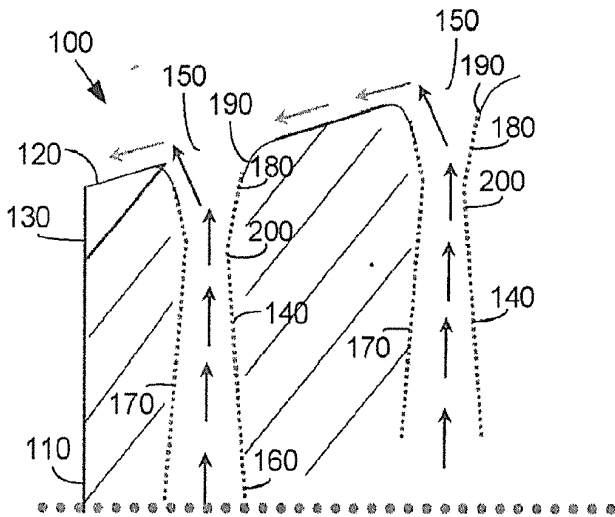


Fig 7

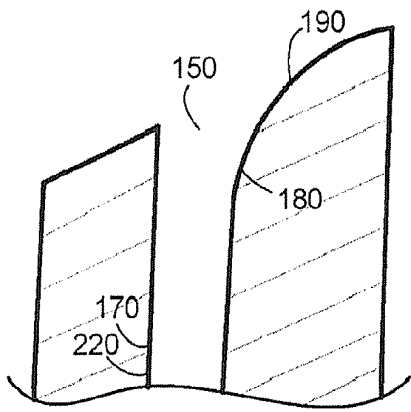


Fig. 8A

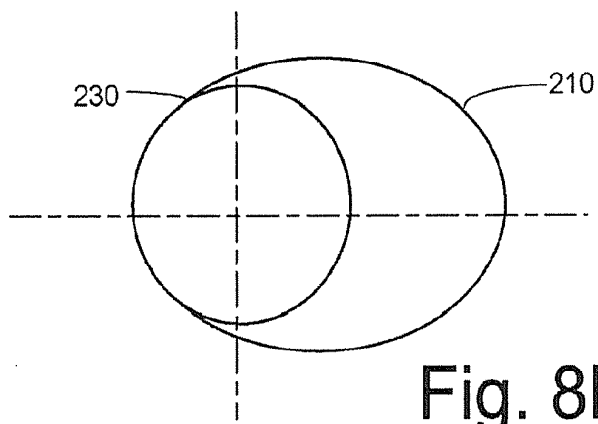


Fig. 8B

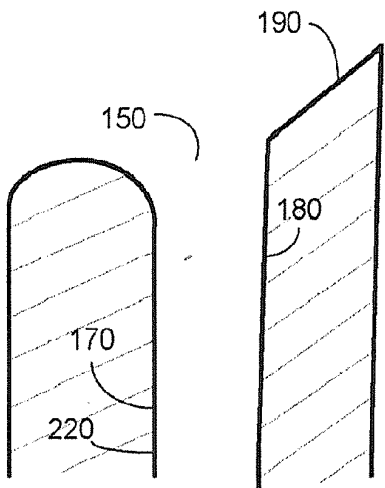


Fig. 9A

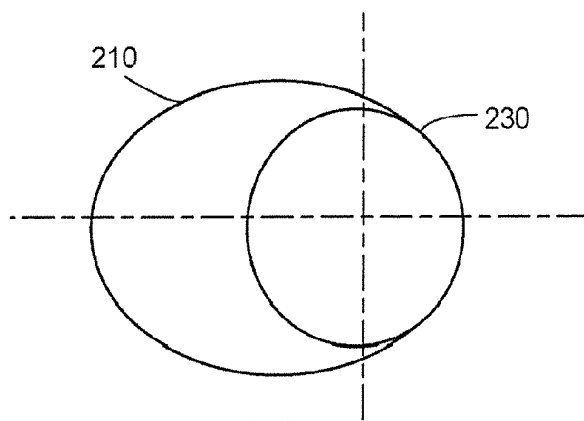


Fig. 9B

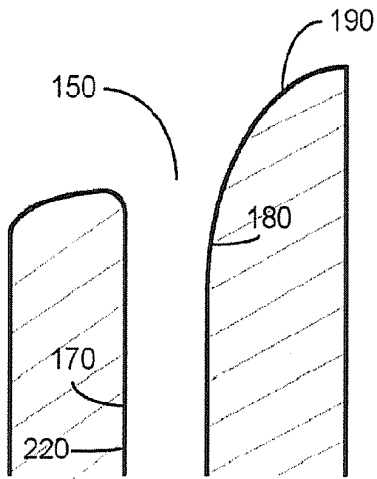


Fig. 10A

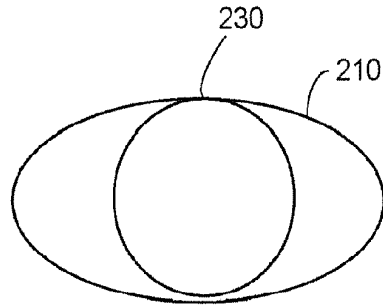


Fig. 10B

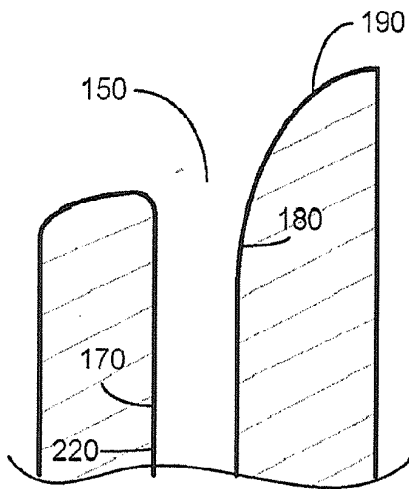


Fig. 11A

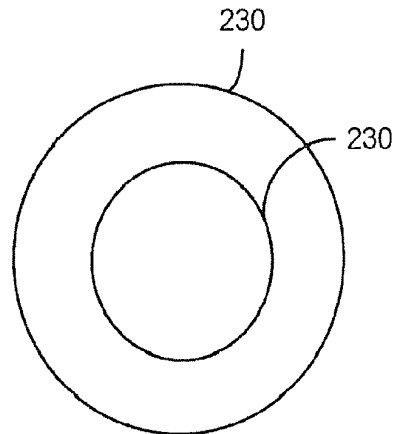


Fig. 11B