



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 001 266.2**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/008645**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/164150**  
(86) PCT-Anmeldetag: **06.03.2018**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.09.2018**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **28.11.2019**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **06.02.2025**

(51) Int Cl.: **F01D 5/18 (2006.01)**  
**F01D 9/02 (2006.01)**  
**F02C 7/18 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität: <b>2017-045927</b> <b>10.03.2017</b> <b>JP</b>	(72) Erfinder: <b>Tsuru, Tomoko, Akashi-shi, Hyogo, JP; Ishida, Katsuhiko, Akashi-shi, Hyogo, JP</b>
(73) Patentinhaber: <b>Kawasaki Jukogyo Kabushiki Kaisha, Kobe-shi, Hyogo, JP</b>	(56) Ermittelte Stand der Technik: <b>US</b> <b>2016 / 0 003 549</b> <b>A1</b> <b>US</b> <b>5 603 606</b> <b>A</b> <b>JP</b> <b>4 957 131</b> <b>B2</b>
(74) Vertreter: <b>dompatent von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patentanwälten und Rechtsanwälten mbB, 50667 Köln, DE</b>	

(54) Bezeichnung: **KÜHLSTRUKTUR FÜR TURBINENSCHAUFEL**

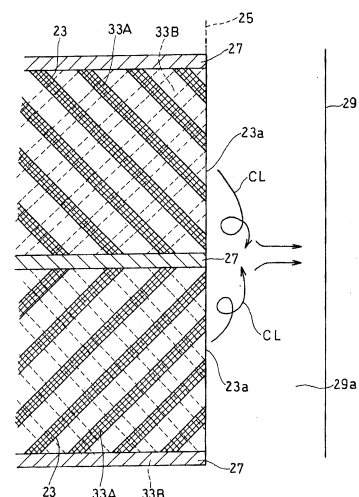
(57) Hauptanspruch: Kühlstruktur für einen Gasturbinenmotor, wobei die Kühlstruktur zum Kühlen einer Turbinenschaufel (1) einer von Hochtemperaturgas (G) angetriebenen Turbine vorgesehen ist, wobei die Kühlstruktur aufweist:

einen Kühldurchgang (17), der zwischen einer ersten Schaufelwand (3) der Turbinenschaufel (1), die gekrümmt ist, um relativ zu einem Durchgang für das Hochtemperaturgas (G) konkav zu sein, und einer zweiten Schaufelwand (5) der Turbinenschaufel (1), die gekrümmt ist, um relativ zu dem Durchgang für das Hochtemperaturgas (G) konvex zu sein, ausgebildet ist;

eine Vielzahl von Gitterstrukturkörpern (23), jeweils aufweisend einen ersten Rippensatz (33A), der aus einer Vielzahl von ersten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der ersten Schaufelwand (3) vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang (17) zugewandt ist, und einen zweiten Rippensatz (33B), der aus einer Vielzahl von zweiten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der zweiten Schaufelwand (5) vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang (17) zugewandt ist, wobei der zweite Rippensatz (33B) auf dem ersten Rippensatz (33A) gestapelt ist, um ein Gittermuster zu bilden;

einen Trennkörper (27), der zwischen den aneinander angrenzenden zwei Gitterstrukturkörpern (23) gebildet ist

und derart konfiguriert ist, dass er einen Durchgang in jedem Rippensatz (33A, 33B) verschließt; einen Kühlmedium-Ablassport (25), der an einem stromabwärtigen Endabschnitt des Kühldurchgangs (17) vorgesehen ist und derart konfiguriert ist, dass er das Kühlmedium (CL) in ...



**Beschreibung**

[Verwandte Schrift]

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[Patentschrift]

(Gebiet der Erfindung)

[Patentdokument 1] US 5 603 606 A

[Patentschrift 2] JP 4 957 131 B2

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Struktur zum Kühlen einer Turbinenschaufel eines Gasturbinenmotors, das heißt, eines Statorflügels und eines Rotorblatts in einer Turbine.

**[0005]** US 5 603 606 A beschreibt ein Turbinenkühlsystem zur Zufuhr von Kühlluft für Gasturbinen.

(Beschreibung des Stands der Technik)

**[0006]** JP 4957131 B2 offenbart Kühlstrukturen für Komponenten einer Turbine.

**[0002]** Eine Turbine, die Teil eines Gasturbinenmotors bildet, ist stromabwärts einer Brennkammer angeordnet, und ein in der Brennkammer verbranntes Hochtemperaturgas wird der Turbine zugeführt. Somit ist die Turbine beim Betrieb des Gasturbinenmotors hohen Temperaturen ausgesetzt. Daher ist es erforderlich, einen Statorflügel und ein Rotorblatt der Turbine zu kühlen. Als Struktur zum Kühlen einer solchen Turbinenschaufel ist es bekannt, einen Teil von von einem Kompressor verdichteter Luft in einen in der Schaufel ausgebildeten Kühldurchgang einzuleiten und die Turbinenschaufel unter Verwendung der verdichteten Luft als Kühlmedium zu kühlen (siehe zum Beispiel Patentdokument 1).

**[0007]** US 2016/0003549 A1 offenbart eine Kühlstruktur für Turbinenschaufeln.

## ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

**[0008]** In dem Fall, in dem ein Filmkühlen des hinteren Randabschnitts des Blatts mit dem Gitterstrukturkörper kombiniert ist, wie in Patentschrift 2 beschrieben, wird jedoch eine starke Wirbelströmung, die aus dem Gitterstrukturkörper kommt, zu einer freiliegenden Wandfläche hinabgelassen und in einem außen strömenden Hochtemperaturgas aufgefangen. Folglich ist es schwierig, durch das Filmkühlen einen ausreichenden Kühleffekt zu erzielen.

**[0003]** In dem Fall, in dem ein Teil der verdichteten Luft zum Kühlen der Turbinenschaufel verwendet wird, ist es nicht erforderlich, ein Kühlmedium von außen einzuleiten, was den Vorteil hat, dass die Kühlstruktur vereinfacht werden kann. Wenn jedoch eine große Menge von von dem Kompressor verdichteter Luft zum Kühlen verwendet wird, führt dies zu einer Senkung der Motoreffizienz. Somit ist es erforderlich, das Kühlen auf effiziente Weise mit so wenig Luft wie möglich durchzuführen. Als Struktur zum Kühlen einer Turbinenschaufel mit hoher Effizienz wird die Verwendung eines sogenannten Gitterstrukturkörpers vorgeschlagen, der durch Kombinieren einer Vielzahl von Rippen zu einem Gittermuster gebildet wird (siehe zum Beispiel Patentschrift 2). Bei dem Gitterstrukturkörper prallt ein Kühlmedium gegen die Rippen, die den Gitterstrukturkörper bilden, um eine Wirbelströmung zu erzeugen, wodurch die Kühleffizienz erhöht wird.

**[0009]** Daher liegt zum Lösen des oben beschriebenen Problems der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Kühlstruktur bereitzustellen, die in der Lage ist, die gesamte Turbinenschaufel durch hocheffizientes Kühlen des Innenraums der Turbinenschaufel mittels eines Gitterstrukturkörpers mit hoher Effizienz zu kühlen und ferner auf effektive Weise einen hinteren Randabschnitt einer Turbinenschaufel durch Filmkühlung zu kühlen.

**[0010]** Zur Lösung der oben beschriebenen Aufgabe ist eine Kühlstruktur für eine Turbinenschaufel gemäß der vorliegenden Erfindung eine Struktur zum Kühlen einer Turbinenschaufel einer von Hochtemperaturgas angetriebenen Turbine, wobei die Struktur aufweist:

einen Kühldurchgang, der zwischen einer ersten Schaufelwand der Turbinenschaufel, die gekrümmt ist, um relativ zu einem Durchgang für das Hochtemperaturgas konkav zu sein, und einer zweiten Schaufelwand der Turbinenschaufel, die gekrümmt ist, um relativ zu dem Durchgang für das Hochtemperaturgas konvex zu sein, ausgebildet ist;

**[0004]** Es ist eine Struktur vorgeschlagen worden zum Ablassen eines Kühlmediums in einer Turbinenschaufel durch einen hinteren Randabschnitt der Schaufel, wodurch bewirkt wird, dass ein Kühlmedium entlang einer Rückfläche einer Schaufelwand auf der Saugflächenseite strömt, die durch Ausschneiden einer Schaufelwand auf der Druckflächenseite eines hinteren Randabschnitts einer Turbinenschaufel freigelegt ist, wodurch ein Filmkühlen der Rückfläche durchgeführt wird, (siehe Patentschrift 2).

eine Vielzahl von Gitterstrukturkörpern, jeweils aufweisend einen ersten Rippensatz, der aus einer Vielzahl von ersten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der ersten Schaufelwand vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang zugewandt

ist, und einen zweiten Rippensatz, der aus einer Vielzahl von zweiten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der zweiten Schaufelwand vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang zugewandt ist, wobei der zweite Rippensatz auf dem ersten Rippensatz gestapelt ist, um ein Gittermuster zu bilden;

einen Trennkörper, der zwischen den aneinander angrenzenden zwei Gitterstrukturkörpern gebildet ist und derart konfiguriert ist, dass er einen Durchgang in jedem Rippensatz verschließt;

einen Kühlmedium-Ablassport, der an einem stromabwärtigen Endabschnitt des Kühldurchgangs vorgesehen ist und derart konfiguriert ist, dass er das Kühlmedium in dem Kühldurchgang nach außen ablässt; und

einen freiliegenden Wandabschnitt in Form eines Abschnitts der zweiten Schaufelwand, der sich über den Kühlmedium-Ablassport hinaus nach außen erstreckt;

wobei zumindest an jeweiligen Auslassabschnitten der zwei Gitterstrukturkörper, die aneinander angrenzen, wobei der Trennkörper dazwischen angeordnet ist, die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze jeweils relativ zu dem Trennkörper in entgegengesetzte Richtungen geneigt sind.

**[0011]** Bei dieser Konfiguration interferieren das Kühlmedium, das als Wirbelströmung aus dem Gitterstrukturkörper abgelassen wird, und das Kühlmedium, das aus dem angrenzenden Gitterstrukturkörper abgelassen worden ist und eine Wirbelströmung in entgegengesetzte Richtungen gebildet hat, miteinander, wodurch sich die Wirbelströmungen gegenseitig aufheben und das Kühlmedium geradegerichtet wird, um in einer gleichförmigen Richtung zu strömen und dann aus dem Kühlmedium-Ablassport zu dem freiliegenden Wandabschnitt abgelassen zu werden. Entsprechend wird verhindert, dass sich das Hochtemperaturgas und das Kühlmedium an dem freiliegenden Wandabschnitt miteinander vermischen, und wird ein ausreichender Filmkühleffekt erreicht. Daher können sowohl das Kühlen des Innenraums der Turbinenschaufel durch den Gitterstrukturkörper als auch das Filmkühlen des hinteren Randabschnitts der Turbinenschaufel mit hoher Effizienz erreicht werden, und somit ist es möglich, die Kühleffizienz für die gesamte Turbinenschaufel zu erhöhen.

**[0012]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind zumindest an den jeweiligen Auslassabschnitten der zwei Gitterstrukturkörper, die aneinander angrenzen, wobei der Trennkörper dazwischen angeordnet ist, die aneinander

angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze derart geneigt, dass sie jeweils relativ zu dem Trennkörper symmetrisch sind. Bei dieser Konfiguration heben sich Wirbelströmungen des aus den aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörpern abgelassenen Kühlmediums auf effektivere Weise auf, und somit kann die Filmkühlung des hinteren Randabschnitts der Turbinenschaufel durch das sehr gleichförmig geradegerichtet Kühlmedium mit hoher Effizienz durchgeführt werden.

**[0013]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann sich ein Auslass jedes Gitterstrukturkörpers an dem Kühlmedium-Ablassport befinden. Bei dieser Konfiguration kann, nachdem der gesamte Innenraum des Kühldurchgangs von den Gitterstrukturkörpern auf effektive Weise gekühlt worden ist, das Filmkühlen des hinteren Endabschnitts der Turbinenschaufel durch gleichförmiges Strömen des Kühlmediums durchgeführt werden. Daher ist es möglich, die Kühleffizienz der gesamten Turbinenschaufel weiter zu erhöhen.

**[0014]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Bewegungsrichtung des gesamten Kühlmediums eine Richtung entlang der Sehne der Turbinenschaufel sein und kann die Vielzahl der Gitterstrukturkörper derart angeordnet sein, dass sie in einer Höhenrichtung der Turbinenschaufel angeordnet ist, wobei der Trennkörper dazwischen angeordnet ist. Da die Bewegungsrichtung des gesamten Kühlmediums die Sehnenrichtung ist, kann der freiliegende Wandabschnitt mit Sicherheit eine ausreichende Abmessung in der Höhenrichtung der Turbinenschaufel aufweisen, und somit kann die Kühleffizienz für die gesamte Turbinenschaufel weiter erhöht werden.

**[0015]** Jede Kombination von mindestens zwei Konstruktionen, die in den beigefügten Ansprüchen und/oder der Patentschrift und/oder den beiliegenden Zeichnungen offenbart sind, müssen als in den Umfang der vorliegenden Erfindung fallend verstanden werden. Insbesondere muss jede Kombination von zwei oder mehr der beigefügten Ansprüche gleichermaßen als in den Umfang der vorliegenden Erfindung fallend verstanden werden.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0016]** In jedem Fall wird die vorliegende Erfindung anhand der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen derselben in Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen besser verständlich. Die Ausführungsformen und die Zeichnungen dienen jedoch nur der Veranschaulichung und Erläuterung und dürfen nicht als den Umfang der Erfindung in irgendeiner Weise einschränkend verstanden werden, wobei der Umfang von den beigefügten Ansprüchen

chen bestimmt wird. In den beiliegenden Zeichnungen werden gleiche Bezugszeichen durchgängig in den verschiedenen Ansichten zum Bezeichnen gleicher Teile verwendet. Es zeigen:

**Fig. 1** eine perspektivische Ansicht zur Darstellung eines Beispiels einer Turbinenschaufel, bei der eine Kühlstruktur gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist;

**Fig. 2** eine längsgeschnittene Ansicht zur schematischen Darstellung der Turbinenschaufel von **Fig. 1**;

**Fig. 3** eine querschnittene Ansicht der Turbinenschaufel von **Fig. 1**;

**Fig. 4** eine perspektivische Ansicht zur schematischen Darstellung eines Gitterstrukturkörpers in der Kühlstruktur für die Turbinenschaufel von **Fig. 2**;

**Fig. 5** eine vergrößerte Querschnittsansicht zur schematischen Darstellung eines Bereichs um einen hinteren Endabschnitt der Turbinenschaufel von **Fig. 2** herum; und

**Fig. 6** eine längsgeschnittene Ansicht zur schematischen Darstellung eines Beispiels einer Anordnung der Kühlstruktur für die Turbinenschaufel gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

## BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0017]** Nachstehend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht zur Darstellung eines Rotorblatts 1 einer Turbine eines Gasturbinenmotors, bei der eine Kühlstruktur für eine Turbinenschaufel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist. Das Turbinenrotorblatt 1 ist Teil einer Turbine T, die von einem in Pfeilrichtung strömenden Hochtemperaturgas G, das aus einer nicht gezeigten Brennkammer zugeführt wird, angetrieben wird. Das Turbinenrotorblatt 1 weist auf: eine erste Schaufelwand 3 auf der Bauchseite, die gekrümmt ist, um relativ zu einem Durchgang GP für das Hochtemperaturgas G konkav zu sein; und eine zweite Schaufelwand 5 auf der Rückseite, die gekrümmt ist, um relativ zu dem Durchgang GP für das Hochtemperaturgas konvex zu sein. In der vorliegenden Patentschrift wird die stromaufwärtige Seite in der Strömungsrichtung des Hochtemperaturgases G (linke Seite in **Fig. 1**) als Vorderseite bezeichnet und wird die stromabwärtige Seite (die rechte Seite in **Fig. 1**) als Rückseite bezeichnet. In der folgenden Beschreibung wird das Turbinenrotorblatt 1 hauptsächlich als Beispiel einer Turbinenschaufel beschrieben, bei der die Kühlstruktur vorgesehen ist, die Kühlstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung kann jedoch auf im Wesentlichen gleiche

Weise bei einem Turbinenstatorflügel, der eine Turbinenschaufel ist, vorgesehen sein, sofern nicht insbesondere etwas anderes beschrieben ist.

**[0018]** Insbesondere ist eine große Anzahl von Turbinenrotorblättern 1 in einer Umfangsrichtung eingebettet vorgesehen, so dass, wie in **Fig. 2** gezeigt, eine Plattform 11 jedes Turbinenrotorblatts 1 mit einem Außenumfangsabschnitt einer Turbinenscheibe 13 verbunden ist, wodurch die Turbine T gebildet wird. Ein vorderer Kühldurchgang 15 ist in einem vorderen Abschnitt 1a des Turbinenrotorblatts 1 ausgebildet, um sich in eine Blatt-Höhenrichtung H und zurück zu erstrecken. Ein hinterer Kühldurchgang 17 ist in einem hinteren Abschnitt 1b des Turbinenrotorblatts 1 ausgebildet. Diese Kühldurchgänge 15 und 17 sind durch Verwenden eines Raums zwischen der ersten Schaufelwand 3 und der zweiten Schaufelwand 5 gebildet, wie in **Fig. 3** gezeigt.

**[0019]** Wie in **Fig. 2** gezeigt, strömt ein Kühlmedium CL durch einen vorderen Kühlmedium-Einleitungsdurchgang 19 und einen hinteren Kühlmedium-Einleitungsdurchgang 21, die in der Turbinenscheibe 13 auf der radial inneren Seite ausgebildet sind, in Richtung der radial äußeren Seite und wird in den vorderen Kühldurchgang 15 beziehungsweise den hinteren Kühldurchgang 17 eingeleitet. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ein Teil von von einem nicht gezeigten Kompressor verdichteter Luft als Kühlmedium CL verwendet. Das dem vorderen Kühldurchgang 15 zugeführte Kühlmedium CL wird durch ein Kühlmedium-Ablassloch, das mit der Außenseite des Turbinenrotorblatts 1 kommuniziert und das nicht gezeigt ist, abgelassen. Das dem hinteren Kühldurchgang 17 zugeführte Kühlmedium CL wird durch einen später zu beschreibenden Kühlmedium-Ablassport 25 nach außen abgelassen. Nachstehend wird ein Beispiel beschrieben, bei dem die Kühlstruktur gemäß der vorliegenden Ausführungsform nur am hinteren Abschnitt 1b des Turbinenrotorblatts 1 vorgesehen ist. Die Kühlstruktur gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann jedoch in jeder beliebigen Region des Turbinenrotorblatts 1 vorgesehen sein, die den hinteren Abschnitt 1b aufweist.

**[0020]** Ein Gitterstrukturkörper 23 ist in dem hinteren Kühldurchgang 17 als ein Element vorgesehen, das einen Teil der Kühlstruktur zum Kühlen des Turbinenrotorblatts 1 bildet. Jeder Gitterstrukturkörper 23 kühlt intern das Turbinenrotorblatt 1 durch Inkontaktbringen des Kühlmediums CL mit Rippen, die aufrecht an jeder Wandfläche der ersten Schaufelwand 3 und der zweiten Schaufelwand 5, die dem hinteren Kühldurchgang 17 zugewandt sind, vorgesehen sind, oder durch Prallen des Kühlmediums CL gegen die Rippen. In der folgenden Beschreibung wird die Wandfläche der ersten Schaufelwand 3, die dem hinteren Kühldurchgang 17 zugewandt ist, als

erste Wandfläche 3a bezeichnet und wird die Wandfläche der zweiten Schaufelwand 5, die dem hinteren Kühldurchgang 17 zugewandt ist, als zweite Wandfläche 5a bezeichnet. Bei der vorliegenden Ausführungsform strömt in dem hinteren Kühldurchgang 17 das gesamte Kühlmedium CL in einer Richtung quer zu dem Gitterstrukturkörper 23 von der Vorderseite zur Rückseite. In der folgenden Beschreibung wird die Bewegungsrichtung des gesamten Kühlmediums CL als Kühlmedium-Bewegungsrichtung M bezeichnet.

**[0021]** Bei der vorliegenden Ausführungsform ist eine Vielzahl von (vier in dem gezeigten Beispiel) Gitterstrukturkörpern 23 in dem hinteren Kühldurchgang 17 vorgesehen. Bei diesem Beispiel ist die Vielzahl von Gitterstrukturkörpern 23 derart angeordnet, dass sie in der Höhenrichtung H des Turbinenrotorblatts 1 angeordnet ist. Trennkörper 27, die sich in der Kühlmedium-Bewegungsrichtung M erstrecken, sind zwischen den aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörpern 23 angeordnet.

**[0022]** Wie in Fig. 3 gezeigt, umfasst als Elemente, die Teil der Kühlstruktur zum Kühlen des Turbinenrotorblatts 1 bilden, das Turbinenrotorblatt 1 ferner den Kühlmedium-Ablassport 25 und einen freiliegenden Wandabschnitt 29. In einem hinteren Endabschnitt des Turbinenrotorblatts 1 ist ein Abschnitt der zweiten Schaufelwand 5 gebildet, deren Wandfläche durch Ausschneiden der ersten Schaufelwand 3 nach außen freiliegt (der Durchgang GP für das Hochtemperaturgas). Der Kühlmedium-Ablassport 25 ist an einem Endabschnitt auf der stromabwärtigen Seite (hinteren Endabschnitt) des hinteren Kühldurchgangs 17 vorgesehen und lässt das Kühlmedium CL in dem hinteren Kühldurchgang 17 nach außen ab. Der Kühlmedium-Ablassport 25 ist als Spalt zwischen der ersten Wandfläche 3a und der zweiten Wandfläche 5a an eine Stelle ausgebildet, an der die erste Schaufelwand 3 ausgeschnitten ist, wie oben beschrieben worden ist. Mit anderen Worten ist ein freiliegender Wandabschnitt 29 in Form eines Abschnitts der zweiten Schaufelwand 5, der sich über den Kühlmedium-Ablassport 25 hinaus nach außen erstreckt, vorgesehen. Daher bildet eine Wandfläche 29a des freiliegenden Wandabschnitts 29, die der Seite der ersten Schaufelwand 3 zugewandt ist, eine Wandfläche, die durchgehend mit der zweiten Wandfläche 5a ausgebildet ist. Ein Auslass 23a jedes Gitterstrukturkörpers 23 befindet sich an dem Kühlmedium-Ablassport 25.

**[0023]** Wie in Fig. 4 gezeigt, ist der Gitterstrukturkörper 23 aus einer Kombination einer Vielzahl von Rippensätzen gebildet, die an beiden Wandflächen 3a und 5a, die dem hinteren Kühldurchgang 17 zugewandt sind, vorgesehen sind, wobei jeder der Rippensätze eine Vielzahl von Rippen 31 aufweist, die in gleichen Abständen vorgesehen sind, so dass sie

parallel zueinander sind. Der Gitterkörper wird durch Aufeinanderstapeln der Rippensätze zum Ausbilden eines Gittermusters gebildet. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird der Gitterstrukturkörper 23 durch Kombinieren von zwei Rippensätzen, das heißt, eines ersten Rippensatzes (des unteren Rippensatzes in Fig. 4) 33A und eines zweiten Rippensatzes (des oberen Rippensatzes in Fig. 4) 33B derart gebildet, dass die Rippensätze 33A und 33B in einer Höhenrichtung der Rippen 31 (einer Richtung, in der die erste Wandfläche 3a und die zweiten Wandfläche 5a einander zugewandt sind) aufeinander gestapelt sind, um ein Gittermuster zu bilden. Bei dem Gitterstrukturkörper 23 bildet der Spalt zwischen den aneinander angrenzenden Rippen 31, 31 jedes Rippensatzes 33A, 33B einen Durchgang (Gitterdurchgang) 35 für das Kühlmedium CL. In dem hinteren Kühldurchgang 17 ist der Gitterstrukturkörper 23 zwischen zwei Seitenwänden 37, 37 platziert, die sich in der Kühlmedium-Bewegungsrichtung M erstrecken, um derart orientiert zu sein, dass die Gitterdurchgänge 35 relativ zu der Kühlmedium-Bewegungsrichtung M geneigt sind.

**[0024]** Das Kühlmedium CL, das in den Gitterstrukturkörper 23 eingeleitet wird, strömt anfangs durch den Gitterdurchgang 35 eines Rippensatzes (des unteren ersten Rippensatzes 33A in den gezeigten Beispiel), wie durch einen Pfeil in gestrichelter Linie in Fig. 4 gezeigt ist, prallt gegen eine Seitenwand 37, wird abgelenkt und strömt in den Gitterdurchgang 35 des anderen Rippensatzes (des oberen zweiten Rippensatzes 33B bei dem gezeigten Beispiel), wie durch einen Pfeil in durchgezogener Linie in Fig. 4 gezeigt ist. Das Kühlmedium CL, das in den Gitterdurchgang 35 des anderen Rippensatzes geströmt ist, strömt durch diesen Gitterdurchgang 35, wobei durch das Prallen gegen die Seitenwand 37 und die Wandfläche 5a (3a) nach und nach eine Wirbelströmung gebildet wird, und erreicht dann die andere Seitenwand 37. Nach dem Wiederholen eines Prozesses des Durchströmens des Gitterdurchgangs 35 eines Rippensatzes, des Prallens gegen die Seitenwand 37, des Abgelenktwerdens, des Strömens in den Gitterdurchgang 35 des anderen Rippensatzes und des Durchströmens des Gitterdurchgangs 35 in dem Gitterstrukturkörper 23 als Wirbelströmung, wie oben beschrieben, wird das Kühlmedium CL aus dem Gitterstrukturkörper 23 abgelassen. Dadurch, dass das Kühlmedium CL wiederholt gegen die Seitenwand 37 und die Seitenwandflächen 3a und 5a prallt, wird eine Wirbelströmung in dem Kühlmedium CL erzeugt, das durch den Gitterdurchgang 35 strömt, wodurch die Kühlung verstärkt wird.

**[0025]** In jedem Gitterstrukturkörper 23, auch von Kommunikationsabschnitten 23b, von denen jeder ein Abschnitt ist, bei dem der Gitterdurchgang 35 des ersten Rippensatzes 33A und der Gitterdurch-

gang 35 des zweiten Rippensatzes 33B miteinander kommunizieren (das heißt, ein Abschnitt, an dem der Gitterdurchgang 35 des ersten Rippensatzes 33A und der Gitterdurchgang 35 des zweiten Rippensatzes 33B einander in der Draufsicht schneiden), strömt das Kühlmedium CL in die jeweiligen Gitterdurchgänge 35.

**[0026]** Bei der vorliegenden Ausführungsform, die in **Fig. 4** gezeigt ist, sind in dem Gitterstrukturkörper 23 die Höhen der oberen und der unteren Rippen 31, das heißt, die Gitterdurchgangshöhen  $h$  in der Blatt-dickenrichtung, einander gleich. Des Weiteren sind der Abstand zwischen den Rippen 31, 31 in dem ersten Rippensatz 33A und der Abstand zwischen den Rippen 31, 31 in dem zweiten Rippensatz 33B einander gleich. Das heißt, dass eine Gitterdurchgangsbreite  $w$  in dem ersten Rippensatz 33A und eine Gitterdurchgangsbreite  $w$  in dem zweiten Rippensatz 33B einander gleich sind. Der von der Erstreckungsrichtung des ersten Rippensatzes 33A und der Erstreckungsrichtung des zweiten Rippensatzes 33B gebildete Winkel ist bei ungefähr  $90^\circ$  festgelegt. Selbstverständlich ist die Anordnungs-konfiguration der Vielzahl von Rippen 31 in jedem Rippensatz nicht auf das gezeigte Beispiel beschränkt und kann wie erforderlich entsprechend der Struktur der Turbinenschaufel, der erforderlichen Kühlleistung etc. festgelegt sein.

**[0027]** Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist bei der vorliegenden Ausführungsform die Vielzahl von (vier bei dem gezeigten Beispiel) Gitterstrukturkörpern 23, die in der Höhenrichtung  $H$  durch eine Vielzahl von (drei bei dem gezeigten Beispiel) Trennkörpern 27 voneinander getrennt sind, in dem hinteren Kühldurchgang 17 vorgesehen. Eine obere Endwand 17a des hinteren Kühldurchgangs 17, die Trennkörper 27 und eine untere Trennwand 17b des hinteren Kühldurchgangs 17, die in **Fig. 2** gezeigt sind, entsprechen den Seitenwänden 37 in **Fig. 4**. Die Gitterdurchgänge 35, die in jedem Rippensatz ausgebildet sind, sind durch die Trennkörper 27 verschlossen. Bei diesem Beispiel wird eine flache plattenartige Trennplatte als Trennkörper 27 verwendet. Es kann jeder beliebige Strukturkörper als jeder Trennkörper 27 verwendet werden, solange er ein Strukturkörper ist, der im Wesentlichen die Gitterdurchgänge 35 jedes Rippensatzes verschließen kann, das heißt, ein Strukturkörper, der eine Strömung des Kühlmediums CL zwischen den aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörpern 23 blockieren kann, und das Kühlmedium CL gegen den Seitenabschnitt des Gitterstrukturkörpers 23 prallen kann und abgelenkt werden kann, um aus einem Gitterdurchgang 35 eines Rippensatzes zu einem Gitterdurchgang 35 des anderen Rippensatzes zu strömen (**Fig. 4**). Zum Beispiel kann eine Vielzahl von Stifflossen, die an einer Position angeordnet sind, die den Öffnungen der jeweiligen Gitterdurchgänge an dem Sei-

tenabschnitt des Gitterstrukturkörpers 23 zugewandt ist, als jeder Trennkörper 27 verwendet werden.

**[0028]** Bei der vorliegenden Ausführungsform, die in **Fig. 5** gezeigt ist, erstrecken sich in den zwei Gitterstrukturkörpern 23, 23, die aneinander angrenzen, wobei der Trennkörper 27 dazwischen angeordnet ist, die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze 33A, 33A (die Rippensätze, die in **Fig. 5** durch Kreuzschraffierung gezeigt sind) und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze 33B, 33B (die Rippensätze, die in **Fig. 5** durch gestrichelte Linien gezeigt sind) derart, dass sie jeweils relativ zu dem Trennkörper 27 in entgegengesetzte Richtungen geneigt sind. Insbesondere sind die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze 33A, 33A und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze 33B, 33B derart geneigt, dass sie jeweils relativ zu dem Trennkörper 27 symmetrisch sind.

**[0029]** Wie in **Fig. 5** gezeigt, bildet das Kühlmedium CL, das aus jedem Gitterstrukturkörper 23 abgelassen wird, eine Wirbelströmung. Bei der vorliegenden Ausführungsform bildet, da die zwei Gitterstrukturkörper 23, 23, die über den Trennkörper 27 aneinander angrenzen, derart angeordnet sind, dass die jeweiligen Rippensätze desselben derart geneigt sind, dass sie relativ zu dem Trennkörper 27 symmetrisch sind, das Kühlmedium CL, das aus beiden Gitterstrukturkörpern 23, 23 abgelassen wird, Wirbelströmungen in entgegengesetzte Richtungen. Daher interferieren die Wirbelströmungen in den entgegengesetzten Richtungen in diesen Kühlmedien CL miteinander, um sich dadurch gegenseitig aufzuheben. Folglich wird das Kühlmedium CL, dessen Strömungsrichtung vereinheitlicht worden ist, zu dem freiliegenden Wandabschnitt 29 abgelassen und wird eine Filmkühlung der Wandfläche 29a des freiliegenden Wandabschnitts 29 mittels des Kühlmediums CL auf effektive Weise durchgeführt.

**[0030]** Selbstverständlich brauchen die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze nicht derart geneigt zu sein, dass sie relativ zu dem Trennkörper 27 symmetrisch sind, und der Effekt, dass die Wirbelströmungen des Kühlmediums CL, das aus den aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörpern abgelassen wird, einander aufheben, kann erreicht werden, solange die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze relativ zu dem Trennkörper 27 in entgegengesetzte Richtungen geneigt sind. Zum Beispiel können die Positionen der Rippen der aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörper 23, 23 relativ zu der Kühlmedium-Bewegungsrichtung  $M$  verschoben sein und können sich die Neigungswinkel der Rippen der aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörper

23, 23 relativ zu dem Trennkörper 27 voneinander unterscheiden.

**[0031]** Außerdem sind, wie in **Fig. 2** gezeigt, bei der vorliegenden Ausführungsform über sämtliche Gitterstrukturkörper 23 die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze jeweils relativ zu dem Trennkörper 27 in entgegengesetzte Richtungen geneigt. Selbstverständlich ist es ausreichend, dass zumindest an dem Auslass -23a Abschnitt jedes Gitterstrukturkörpers 23 die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze jeweils relativ zu dem Trennkörper 27 in entgegengesetzte Richtungen geneigt sind.

**[0032]** Bei der vorliegenden Ausführungsform, die in **Fig. 4** gezeigt ist, ist in jedem des ersten Rippensatzes 33A und des zweiten Rippensatzes 33B jede der Rippen zwischen beiden Seitenwänden 37, 37 (zwischen der oberen Endwand 17a und dem Trennkörper 27, zwischen den zwei Trennkörpern 27, 27 und zwischen dem Trennkörper 27 und der unteren Endwand 17b in **Fig. 2**) derart vorgesehen, dass sie sich derart erstreckt, dass die Vielzahl von Kommunikationsabschnitten 23b zwischen zwei Gitterkommunikationsabschnitten 23b an beiden Endabschnitten der Rippe ausgebildet ist. Bei einer solchen Konfiguration ist eine Distanz sichergestellt, die ausreicht, um eine Wirbelströmung zu bilden und die Wandflächen der Gitterdurchgänge 35 zu kühlen, bis das Kühlmedium CL, das an einer Seitenwand 37 abgelenkt worden ist, die andere Seitenwand 37 erreicht. Selbstverständlich ist die Erstreckungslänge jeder Rippe in jedem Gitterstrukturkörper 23 nicht darauf beschränkt.

**[0033]** Bei der vorliegenden Ausführungsform, die in **Fig. 3** gezeigt ist, befindet sich der Auslass 23a jedes Gitterstrukturkörpers 23 an dem Kühlmedium-Ablassport 25. Mit anderen Worten ist jeder Gitterstrukturkörper 23 am hinteren Ende des hinteren Kühldurchgangs 17 vorgesehen. Entsprechend kann, nachdem der gesamte Innenraum des hinteren Kühldurchgangs 17 von den Gitterstrukturkörpern 23 auf effektive Weise gekühlt worden ist, das Filmkühlen des hinteren Endabschnitts der Turbinenschaufel durch eine gleichförmige Strömung des Kühlmedium CL durchgeführt werden. Somit ist es möglich, die Kühleffizienz der gesamten Turbinenschaufel weiter zu erhöhen. Selbstverständlich kann sich der Auslass 23a jedes Gitterstrukturkörpers 23 relativ zu dem Kühlmedium-Ablassport 25 auf der Vorderseite befinden.

**[0034]** Außerdem kann bei der vorliegenden Ausführungsform, da die Kühlmedium-Bewegungsrichtung M die Sehnenrichtung ist, wie in **Fig. 2** gezeigt, der freiliegende Wandabschnitt 29 mit Sicherheit

eine ausreichende Abmessung in der Höhenrichtung H der Turbinenschaufel aufweisen, und somit kann die Kühleffizienz der gesamten Turbinenschaufel weiter erhöht werden. Selbstverständlich ist die Kühlmedium-Bewegungsrichtung M nicht auf die Sehnenrichtung beschränkt und kann die Anordnung der Gitterstrukturkörper 23, des Kühlmedium-Ablassports 25 und des freiliegenden Wandabschnitts 29 wie zweckmäßig entsprechend der Kühlmedium-Bewegungsrichtung M festgelegt werden.

**[0035]** Bei dem gezeigten Beispiel sind die Gitterstrukturkörper 23 über im Wesentlichen die gesamte Höhenrichtung H (die radiale Richtung der Turbine) des Turbinenrotorblatts 1 vorgesehen, die Gitterstrukturkörper 23 können jedoch nur teilweise in der Höhenrichtung H des Turbinenrotorblatts 1 vorgesehen sein. Zum Beispiel können, wie in **Fig. 6** gezeigt, die Gitterstrukturkörper 23 nur auf der Basisseite des Turbinenrotorblatts 1 (in einer halben Region auf der Basisseite bei dem gezeigten Beispiel), das heißt, der radial inneren Seite, vorgesehen sein. Entsprechend kann ein Basisabschnitt des Turbinenrotorblatts 1, bei dem das Erfordernis einer Kühlung relativ hoch ist, da der Basisabschnitt ein Abschnitt ist, auf den eine große Belastung aufgebracht wird, auf effektive Weise gekühlt werden. Aus dem gleichen Grund können in dem Fall, in dem die Gitterstrukturkörper 23 an einem Turbinenstatorflügel vorgesehen sind, die Gitterstrukturkörper 23 nur auf der Basisseite des Turbinenstatorflügels, die die radial äußere Seite der Turbine ist, vorgesehen sein.

**[0036]** Wie oben beschrieben worden ist, interferieren bei der Kühlstruktur gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Kühlmedien CL, die aus aneinander angrenzenden Gitterstrukturkörpern 23, 23 abgelassen worden sind und Wirbelströmungen in entgegengesetzte Richtungen gebildet haben, miteinander, wodurch die Wirbelströmungen einander aufheben und das Kühlmedium CL geradegerichtet wird, um in einer gleichförmigen Richtung zu strömen, und dann aus dem Kühlmedium-Ablassport 25 zu dem freiliegenden Wandabschnitt 29 abgelassen wird. Entsprechend wird verhindert, dass sich das Hochtemperaturgas G und das Kühlmedium CL an dem freiliegenden Wandabschnitt 29 miteinander vermischen, und wird ein ausreichender Filmkühleffekt erreicht. Daher können sowohl das Kühlen des Innenraums der Turbinenschaufel durch den Gitterstrukturkörper 23 als auch das Filmkühlen des hinteren Randabschnitts der Turbinenschaufel mit hoher Effizienz erreicht werden, und somit ist es möglich, die Kühleffizienz für die gesamte Turbinenschaufel zu erhöhen.

## Patentansprüche

1. Kühlstruktur für einen Gasturbinenmotor, wobei die Kühlstruktur zum Kühlen einer Turbinen-

schaufel (1) einer von Hochtemperaturgas (G) angetriebenen Turbine vorgesehen ist, wobei die Kühlstruktur aufweist:

einen Kühldurchgang (17), der zwischen einer ersten Schaufelwand (3) der Turbinenschaufel (1), die gekrümmt ist, um relativ zu einem Durchgang für das Hochtemperaturgas (G) konkav zu sein, und einer zweiten Schaufelwand (5) der Turbinenschaufel (1), die gekrümmt ist, um relativ zu dem Durchgang für das Hochtemperaturgas (G) konvex zu sein, ausgebildet ist;

eine Vielzahl von Gitterstrukturkörpern (23), jeweils aufweisend einen ersten Rippensatz (33A), der aus einer Vielzahl von ersten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der ersten Schaufelwand (3) vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang (17) zugewandt ist, und einen zweiten Rippensatz (33B), der aus einer Vielzahl von zweiten Rippen gebildet ist, die sich linear erstrecken und auf einer Wandfläche der zweiten Schaufelwand (5) vorgesehen sind, welche dem Kühldurchgang (17) zugewandt ist, wobei der zweite Rippensatz (33B) auf dem ersten Rippensatz (33A) gestapelt ist, um ein Gittermuster zu bilden;

einen Trennkörper (27), der zwischen den aneinander angrenzenden zwei Gitterstrukturkörpern (23) gebildet ist und derart konfiguriert ist, dass er einen Durchgang in jedem Rippensatz (33A, 33B) verschließt;

einen Kühlmedium-Ablassport (25), der an einem stromabwärtigen Endabschnitt des Kühldurchgangs (17) vorgesehen ist und derart konfiguriert ist, dass er das Kühlmedium (CL) in dem Kühldurchgang (17) nach außen ablässt; und

einen freiliegenden Wandabschnitt (29) in Form eines Abschnitts der zweiten Schaufelwand (5), der sich über den Kühlmedium-Ablassport (25) hinaus nach außen erstreckt;

**dadurch gekennzeichnet**

dass zumindest an jeweiligen Auslassabschnitten der zwei Gitterstrukturkörper (23), die aneinander angrenzen, wobei der Trennkörper (27) dazwischen angeordnet ist, die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze (33A) und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze (33B) jeweils relativ zu dem Trennkörper (27) in entgegengesetzte Richtungen geneigt sind.

2. Kühlstruktur nach Anspruch 1, bei der zumindest an den jeweiligen Auslassabschnitten der zwei Gitterstrukturkörper (23), die aneinander angrenzen, wobei der Trennkörper (27) dazwischen angeordnet ist, die aneinander angrenzenden zwei ersten Rippensätze (33A) und die aneinander angrenzenden zwei zweiten Rippensätze (33B) derart geneigt sind, dass sie jeweils relativ zu dem Trennkörper (27) symmetrisch sind.

3. Kühlstruktur nach Anspruch 1 oder 2, bei der sich ein Auslass (23a) jedes Gitterstrukturkörpers (23) an dem Kühlmedium-Ablassport (25) befindet.

4. Kühlstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der eine Bewegungsrichtung des gesamten Kühlmediums (CL) eine Richtung entlang der Sehne der Turbinenschaufel (1) ist und die Vielzahl der Gitterstrukturkörper (23) derart angeordnet ist, dass sie in einer Höhenrichtung der Turbinenschaufel (1) angeordnet ist, wobei der Trennkörper (27) dazwischen angeordnet ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

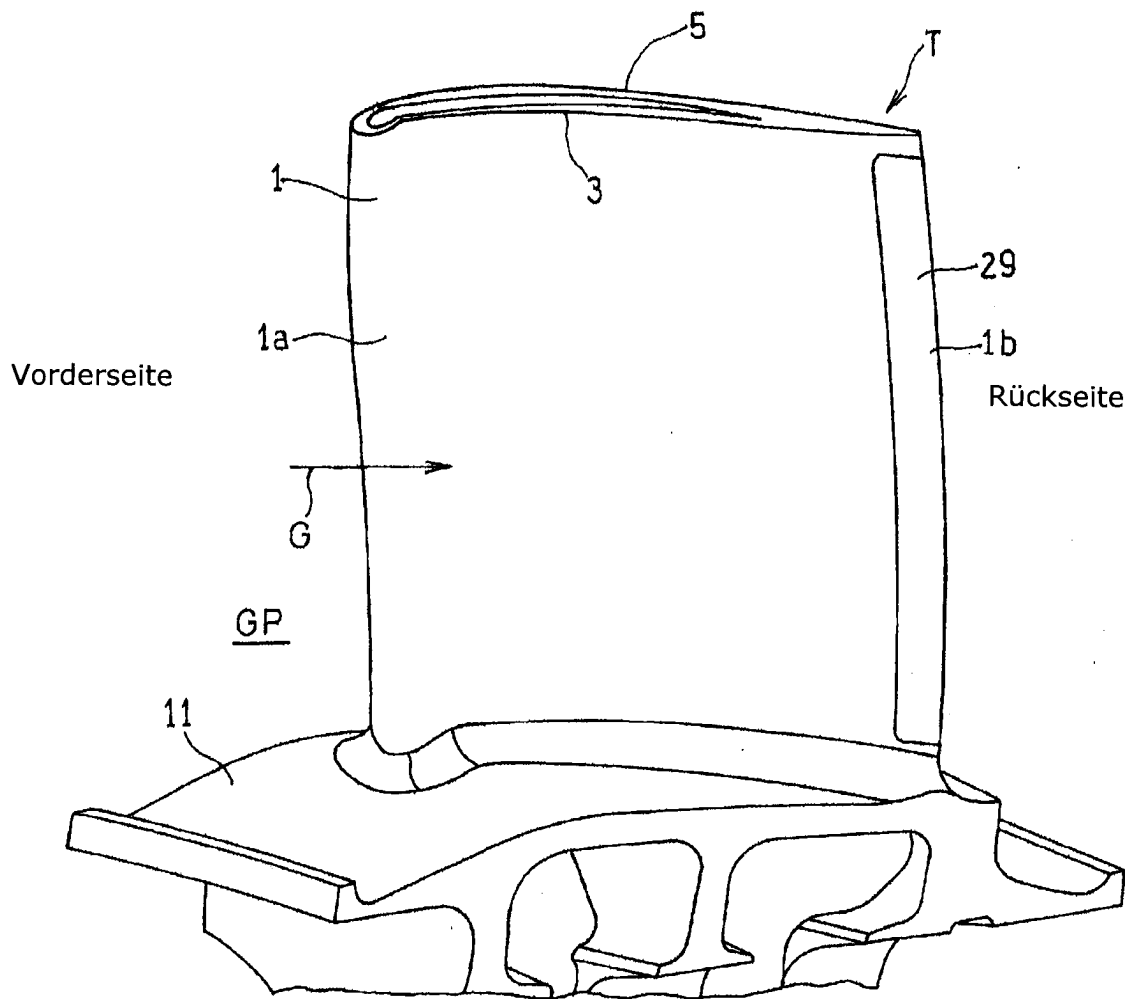




Fig. 3

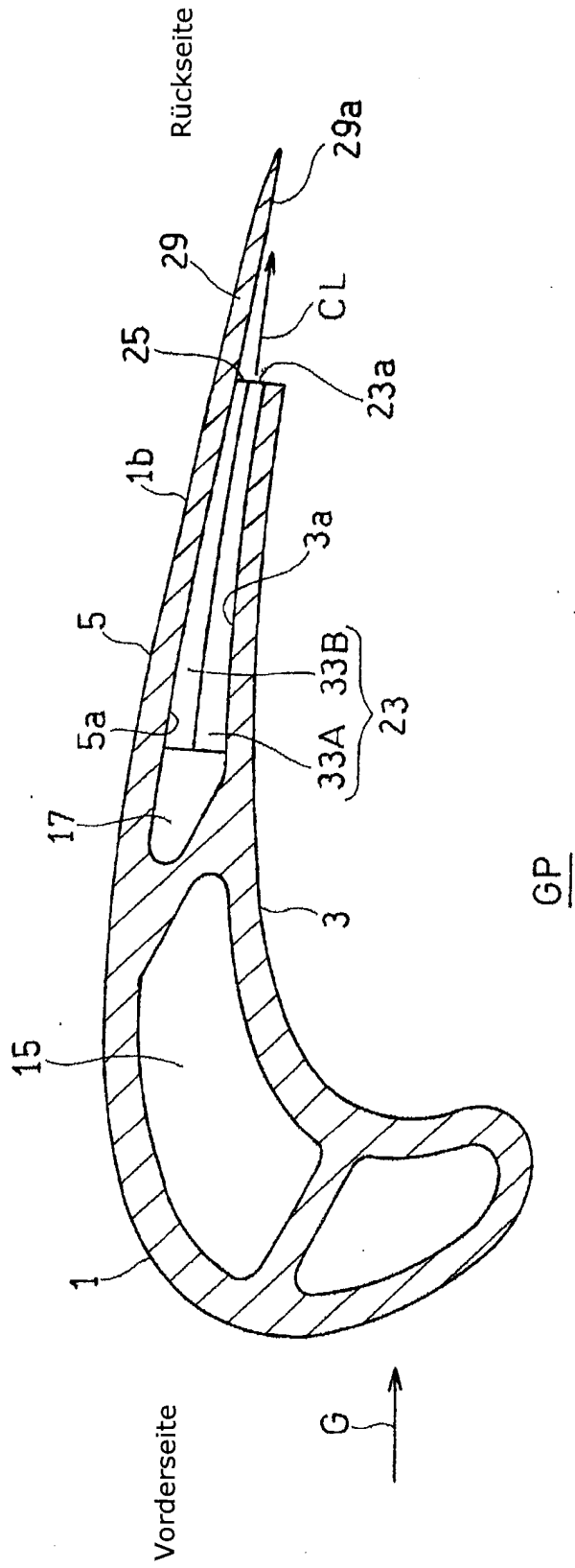




Fig. 5

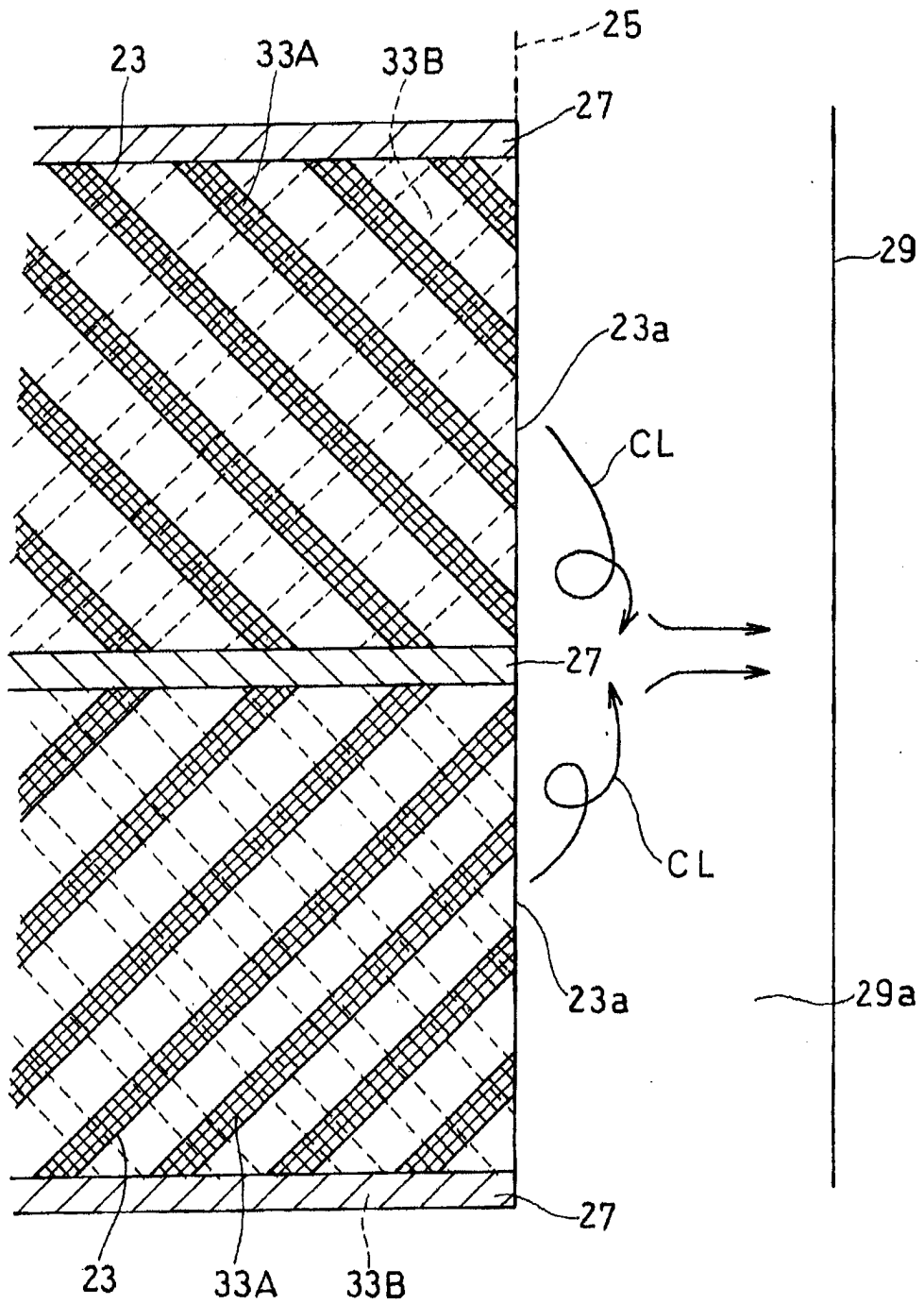


Fig. 6

