

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 219 781 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(51) Int Cl.7: **F01D 5/22, F01D 5/18,
F01D 25/12**

(21) Anmeldenummer: **01128807.3**

(22) Anmeldetag: **04.12.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Beeck, Alexander, Dr.**
Orlando, Florida 32828 (US)
• **Florjancic, Stefan, Dr.**
5507 Mellingen (CH)

(30) Priorität: **22.12.2000 DE 10064265**

(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al**
ALSTOM (Switzerland) Ltd.,
CHSP Intellectual Property,
Haselstrasse 16/699/5.0G
5401 Baden (CH)

(71) Anmelder: **ALSTOM Power N.V.**
1101 CS Amsterdam (NL)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Kühlung einer Plattform einer Turbinenschaufel**

(57) Beschrieben wird eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Kühlung eines Deckbandsegments einer Turbinenschaufel, die einen Schauffelfuß, ein Schaufelblatt mit einer An- und Abströmkante, sowie eine Schaufelspitze mit einem Deckbandsegment in der Form einer Plattform aufweist und die radial von wenigstens einem Kühlkanal wenigstens teilweise durchsetzt ist, der mit wenigstens einem, über eine Austrittsöffnung an der

Plattform austretenden Austrittskanal verbunden ist. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der Austrittskanal angrenzend zur Austrittsöffnung eine Kanallängsrichtung aufweist, die in Projektion längs zur Turbinenschaufel weitgehend koparallel zur Strömungsrichtung eines die Austrittsöffnung unmittelbar überströmenden, lokalen Strömungsfeldes eines relativ an der Turbinenschaufel vorbeiströmenden Massenflusses verläuft.

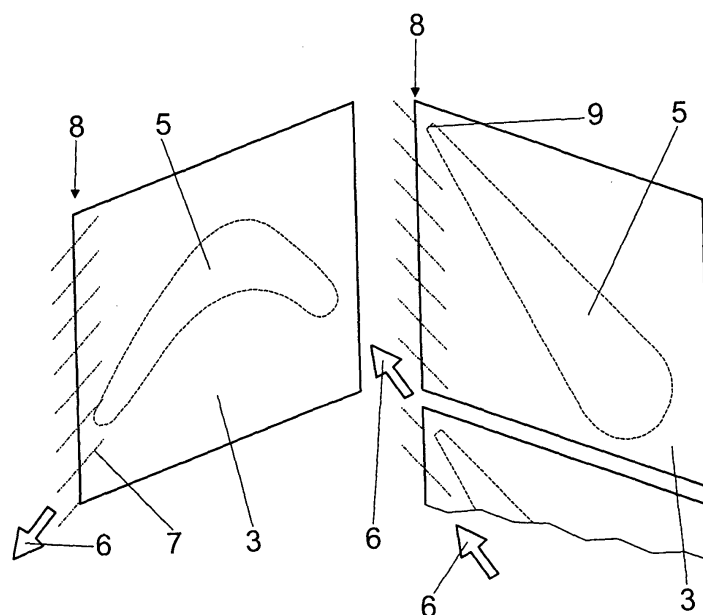


Fig. 1

EP 1 219 781 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Kühlung einer Plattform einer Turbinenschaufel, die einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt mit einer An- und Abströmkannte sowie eine Schaufelspitze mit einer Plattform vorsieht und die radial von wenigstens einem Kühlkanal wenigstens teilweise durchsetzt ist, der mit wenigstens einem, über eine Austrittsöffnung an der Plattform austretenden Austrittskanal verbunden ist.

Stand der Technik

[0002] Kühlprobleme der vorstehend genannten Art treten insbesondere bei Turbinenschaufeln auf, die in Gasturbinenanlagen eingesetzt werden. Insbesondere in den einzelnen Gasturbinenstufen werden die Turbinenschaufeln von den innerhalb der Brennkammer erzeugten Heißgasen umströmt. Um Überhitzungen bei in Betrieb befindlichen Turbinenschaufeln zu vermeiden spielt der Aspekt der gezielten Kühlung von Gasturbinenschaufeln bei der Konzeption und Auslegung derartiger Anlagen eine große Rolle. Üblicherweise wird zur Kühlung ein Teil der innerhalb der Verdichterstufe vorkomprimierten Luft zu Kühlzwecken gezielt abgeleitet und somit dem weiteren Verbrennungsvorgang entzogen. Vielmehr gelangt die Kühlluft über Kühlkanalsysteme, die sowohl in rotierenden als auch stationären Anlagenkomponenten vorgesehen sind, in den Bereich der Turbinenstufen um die dort, den Heißgasen unmittelbar ausgesetzten Anlagenkomponenten zu kühlen. Zur Kühlung der auf der Rotoranordnung, in einer Vielzahl von axial hintereinander angeordneten Laufschaufelreihen aufsitzenden Laufschaufeln, weisen die Laufschaufeln radiale Kühlkanäle auf, durch die von Seiten der Rotoranordnung eingespeiste Kühlluft längs zu den Turbinenschaufelblättern geführt wird, die durch entsprechend an der Laufschaufeloberfläche vorgesehene Kühlluftöffnungen austritt und sich mit den Heißgasen vermischt.

[0003] In einigen Fällen weisen Turbinenschaufeln an ihrer radial, der Rotoranordnung abgewandten Seite Plattformen oder sogenannte Deckbänder auf, um Lekkageströme, die sich zwischen den Turbinenschaufelspitzen und den feststehenden Anlagenkomponenten ausbilden können, zu minimieren. Ebenso tragen derartige Plattformen und Deckbänder dazu bei, Vibrationen, die sich während des Betriebes der Gasturbine entlang der Turbinenschaufeln ausbilden, effektiv zu dämpfen.

[0004] Zur Kühlung derartiger Plattformen ist in der US 5,482,435 ein Kühlkanalsystem innerhalb einer Plattform beschrieben, durch das Kühlluft, geleitet wird und somit wirksam zur Kühlung der Plattform beiträgt. Die Kühlluft gelangt über einen mittig, radialwärts zur

Turbinenschaufel orientierten Kühlkanal in den Bereich der Plattform, in dem die Kühlluft über zwei Teilkanäle nach außen gelangt. Die in der Plattform vorgesehenen Teilkühlkanäle erstrecken sich derart, dass die aus der Plattform austretende Kühlluft nahezu senkrecht zur Hauptströmungsrichtung der die Gasturbine durchströmenden Heißgase orientiert ist. Dies jedoch bewirkt einerseits, dass das Strömungsverhalten der Hauptströmung erheblich irritiert wird, wodurch der aerodynamische Wirkungsgrad nachhaltig beeinträchtigt wird. Zum anderen vermag die aus der Plattform austretende Kühlluft keinen Beitrag zum Energiegewinn bzw. zur verbesserten Energieumsetzung innerhalb der Gasturbine beizubringen.

Darstellung der Erfindung

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Kühlung einer Plattform einer Turbinenschaufel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, so dass zum einen eine effektive Kühlung der Plattform sichergestellt ist, zum anderen jedoch dafür gesorgt ist, dass die Hauptströmung, die unmittelbar an der Turbinenschaufel anliegt, möglichst wenig beeinträchtigt wird, um die aerodynamischen Verhältnisse innerhalb der Strömungsmaschine nicht zu verschlechtern. Vielmehr soll erreicht werden, dass neben der vorstehenden effektiven Kühlwirkung ein zusätzlicher Energiegewinn durch den Austritt der Kühlluft aus der Plattform erzielt werden kann.

[0006] Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben, der eine erfindungsgemäße Vorrichtung beschreibt. Gegenstand des Anspruchs 8 ist ein erfindungsgemäßes Verfahren. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der gesamten Beschreibung insbesondere unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele zu entnehmen.

[0007] Erfindungsgemäß ist eine Vorrichtung zur Kühlung einer Plattform einer Turbinenschaufel, die einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt mit einer An- und Abströmkannte, sowie eine Schaufelspitze mit einer Plattform vorsieht und die radial von wenigstens einem Kühlkanal wenigstens teilweise durchsetzt ist, der mit wenigstens einem, über eine Austrittsöffnung an der Plattform austretenden Austrittskanal verbunden ist, dadurch weitergebildet, dass der Austrittskanal angrenzend zur Austrittsöffnung eine Kanallängsrichtung aufweist, die in Projektion längs zur Turbinenschaufel weitgehend koparallel zur Strömungsrichtung eines die Austrittsöffnung unmittelbar überströmenden, lokalen Strömungsfeldes eines relativ an der Turbinenschaufel vorbeiströmenden Massenflusses verläuft.

[0008] Grundsätzlich ist die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung an allen Turbinenschaufeln anwendbar, die mit einer Plattform versehen sind. Die mit der erfindungsgemäßen Maßnahme verbundenen Vorteile wer-

den nachfolgend am Beispiel der Turbinenleitschaufel innerhalb einer Gasturbinenanlage näher erläutert. Selbstverständlich ist es jedoch möglich, die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung auch an Plattformen von stationären Leitschaufeln einzusetzen. Die erfindungsgemäße Maßnahme ist nicht auf den Einsatz von Turbinenschaufeln innerhalb von Gasturbinenstufen von Gasturbinenanlagen beschränkt, sondern kann in allen Strömungsmaschinen angewendet werden, in denen entsprechende Kühlprobleme auftreten, beispielsweise innerhalb von Kompressoren oder ähnlichen Strömungsmaschinen.

[0009] Die erfindungsgemäße Anordnung des Austrittskanals innerhalb der Plattform, durch den Kühlluft durch eine Austrittsöffnung austritt, ist erfindungsgemäß derart orientiert, so dass die Kühlluft, die aus der Plattform ausströmt vorzugsweise die gleiche Strömungsrichtung besitzt, mit der die Hauptströmung der Heißgase die Turbinenschaufel und somit auch die Plattform selbst umströmt. Ist die Austrittsöffnung des Austrittskanals an der dem Turbinenschaufelblatt radial abgewandten Plattformoberseite vorgesehen, so verläuft vorzugsweise der Kühlkanal leicht schräg geneigt zur Plattformoberseite. Alternativ kann die Austrittsöffnung an der stromabgewandten Abschlusskante der Plattform angebracht sein, so dass die aus der Plattform ausströmende Kühlluft koparallel zu den die Plattform umströmende Heißgase orientiert ist. In allen Fällen befindet sich die Austrittsöffnung des Kühlkanals an der Plattform vorzugsweise stromab zur Anströmkante der Turbinenschaufel, so dass gewährleistet ist, dass ein möglichst langer Kühlkanalabschnitt innerhalb der Plattform verläuft, so dass eine möglichst effektive Kühlwirkung erzielt werden kann.

[0010] Kühlungsvorkehrungen innerhalb der Plattform, die im Falle von Turbinenlaufschaufeln aufgrund ihrer radialen Beabstandung zur Rotationsachse hohen Zentrifugalkräften unterworfen ist, tragen einen wichtigen Beitrag dazu bei, das Kriechverhalten des Schaufelmaterials im Bereich der Plattform positiv zu beeinflussen, d.h. Materialverwerfungen- bzw. deformationen durch Erweichen des Materials unter gleichzeitiger Einwirkung hoher Zentrifugalkräfte werden durch wirkungsvolle Kühlmaßnahmen reduziert bzw. eliminiert. Durch die erfindungsgemäße Kühlmaßnahme innerhalb der Plattform kann Materialkriechen erheblich eingeschränkt werden.

[0011] Der mit dem erfindungsgemäßen Kühlkanalsystem innerhalb der Plattform verbundene Hauptvorteil ist jedoch der zusätzliche Energiegewinn, der mit dem gezielten koparallelen Strömungsausstritt der Kühlluft relativ zur, die Turbinenschaufel umströmenden Hauptströmung, erzielt werden kann. So konnte nachgewiesen werden, dass die Kühlluft, die aus dem erfindungsgemäß orientierten Kühlkanal durch die Austrittsöffnung an der Plattform ausströmt, zu einem messbaren Energiegewinn beiträgt, der sich durch das Zusammenspiel eines zusätzlichen Impulsbeitrages zum An-

trieb der Turbinenschaufel und einer vergleichsweise vernachlässigbaren Irritation bzw. Störung der Hauptströmung der die Turbinenschaufel umströmenden Heißgase ergibt.

[0012] Vorzugsweise sind eine Vielzahl von entsprechend orientierten Kühlkanälen innerhalb einer Plattform eingebracht, wodurch sich die vorstehend beschriebenen vorteilhaften Auswirkungen bezüglich Kühlwirkung und zusätzlichen Energiebeitrag steigern lassen. Weitere Details bezüglich möglicher Ausführungsbeispiele können den nachstehenden Ausführungsbeispielen detailliert entnommen werden.

[0013] Zur Herstellung der erfindungsgemäß ausgebildeten Plattform eignen sich eine Vielzahl an sich bekannter Techniken um den Kühlkanal bzw. eine Vielzahl entsprechend orientierter Kühlkanäle in die Plattform einzubringen. Besonders eignen sich hierzu EDM-Verfahren (Electro-Discharge-Machining) oder auch konventionelle Bohrtechniken, unter Einsatz von Laserstrahl, elektrochemischen Verfahren sowie Wasserstrahltechniken.

[0014] Selbstverständlich ist es auch möglich, Plattformen von Turbinenschaufeln an ihren jeweiligen Turbinenschaufelfüßen mit entsprechend orientierten Kühlkanälen zu versehen. Gleichwohl der Aspekt des zusätzlichen Energiegewinns bei Plattformen im Schaufelfußbereich eine nur untergeordnete Rolle spielt, beeinträchtigt die ausströmende Kühlluft durch die entsprechenden Austrittsöffnungen die Hauptströmung auch im Bereich der Schaufelfüße nicht bzw. nur unwesentlich.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0015] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 Draufsicht auf die axiale Anordnung einer in einer Laufschaufelreihe angeordnete Turbinenlaufschaufel sowie einer entsprechend axial stromauf angeordneten Turbinenleitschaufel,
- Fig. 2 Teildarstellung durch einen radialen Längsschnitt durch eine Turbinenschaufel mit Plattform sowie
- Fig. 3 Draufsicht auf eine Plattform in radialer Richtung.

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

[0016] In Figur 1 ist eine Draufsicht auf eine axiale Anordnung, bestehend aus einer Leitschaufelreihe 1 und einer in Strömungsrichtung nachgeordneten Laufschaufelreihe 2 dargestellt. Im einzelnen sind die Plattformen 3 einer Leitschaufel 4 sowie einer Laufschaufel

5 zu sehen, wobei sich die Leitschaufel 4 bzw. Laufschaukel 5 senkrecht längs zur Zeichenebene vom Betrachter abgewandt erstreckt. Durch die entsprechende Anstellung der Leit- bzw. Laufschaukeln relativ zur Hauptströmung 6, die die Turbinenschaufelanordnung axialwärts durchströmt, wird die Hauptströmung 6 durch die Turbinenschaufelblätter aus der reinen Axialrichtung umgelenkt. So ist die Hauptströmung 6 unmittelbar nach Durchströmen der Leitschaufelreihe 1 in der Umfangsrichtung nach oben gerichtet, wohingegen die Hauptströmung nach Umströmen der Laufschaukelreihe 2 entgegen der Drehrichtung abgelenkt wird. Die Neigung der Strömungsrichtung bezogen zur Axialrichtung wird unmittelbar stromab einer Turbinenschaufelreihe im Wesentlichen durch die Neigung der Turbinenschaufelblätter relativ zur Hauptströmung und der Umfangsgeschwindigkeit bedingt. Zur Kühlung der Plattformen 3 sind Kühlkanäle 7, vorzugsweise im Bereich der stromab gerichteten Endkante 8 der Plattformen 3 derart angeordnet, so dass Kühlluft parallel zur Hauptströmung 6 aus den Kühlkanälen 7 entweicht. Hierzu sind die Längsachsen der Kühlkanäle 7 parallel zum Turbinenschaufelblatt im Bereich unmittelbar stromauf zur Abströmkante 9 angeordnet.

[0017] In Figur 2 ist der obere Teil eines Längsschnittes durch eine Turbinenschaufel dargestellt, die beispielsweise als Laufschaukel 5 ausgebildet ist und in ihrem oberen Bereich eine Plattform 3 vorsieht. Die Laufschaukel 5 weist einen sich radialwärts erstreckenden Hauptkühlkanal 10 auf, in dem Kühlluft von Seiten des nicht dargestellten Laufschaukelfußes in den Bereich der Plattform 3 gelangt. In den Hauptkühlkanal 10 münden einseitig eine Vielzahl von Kühlkanälen 11, die schräg zur Plattformoberseite 12 verlaufen und an dieser jeweils eine Austrittsöffnung 13 vorsehen. Kühlluft, die durch die Austrittskanäle 11 durch die jeweilige Austrittsöffnung 13 an der Plattformoberseite 3 austritt, ist leicht schräg zur Plattformoberseite 12 jedoch in Strömungsrichtung der Hauptströmung 6 gerichtet. Weitere Kühlkanäle 14 münden über entsprechende weitere Austrittsöffnungen an der Plattformoberseite und werden über geeignet vorgesehene zusätzliche Kühlluftkanäle 15 mit Kühlluft versorgt.

[0018] Die Plattform 3 der in Figur 2 dargestellten Laufschaukel 5 sieht eine typischerweise ausgebildete Labyrinthdichtung 16 vor, unter der unmittelbar ein Kühlkanalvolumen 17 mit entsprechend stromabwärts gerichteten Auslass 18 vorgesehen ist.

[0019] In Figur 3 ist eine Draufsicht auf eine Plattform 3 dargestellt, unter der, sich in Längsrichtung erstreckend, eine Laufschaukel 5 vorgesehen ist. Die Laufschaukel 5 weist diverse, sich längs zur Turbinenschaufel erstreckende Hohlkanäle auf, von denen aus dem Hohlkanal 10 Kühlluft in Richtung der Plattform auströmt. Unmittelbar an den als Kühlkanal ausgebildeten Hohlkanal 10 schließt sich ein Kühlluftsystem an, durch das die einzelnen Kühlkanäle 13 und 14 mit entsprechender Kühlluft versorgt wird. Die Kühlluft strömt längs

der in den einzelnen Kanälen angegebenen Pfeilrichtungen und tritt an den entsprechenden Austrittsöffnungen 13, 14 an der Oberseite 12 der Plattform 3 aus.

5 Bezugszeichenliste

[0020]

- | | |
|----|---------------------------------------|
| 1 | Leitschaufelreihe |
| 10 | Laufschaukelreihe |
| 3 | Plattform |
| 4 | Leitschaufel |
| 5 | Laufschaukel |
| 6 | Hauptströmung |
| 15 | Kühlkanäle |
| 8 | stromabgewandtes Ende der Plattform 3 |
| 9 | Abströmkante |
| 10 | Hauptkühlkanal |
| 11 | Kühlkanal |
| 20 | Plattformoberseite |
| 13 | Austrittsöffnung |
| 14 | Austrittsöffnung |
| 15 | Nebenkühlkanal |
| 16 | Labyrinthdichtung |
| 25 | 17 Kühlkanalvolumen |
| 18 | Auslasskanal |

Patentansprüche

- 30
1. Vorrichtung zur Kühlung einer Plattform (3) einer Turbinenschaufel, die einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt mit einer An- und Abströmkante, sowie eine Schaufelspitze mit einer Plattform (3) vorsieht und die radial von wenigstens einem Kühlkanal wenigstens teilweise durchsetzt ist, der mit wenigstens einem, über eine Austrittsöffnung an der Plattform austretenden Austrittskanal verbunden ist,

35

40 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Austrittskanal (7,11) angrenzend zur Austrittsöffnung (13) eine Kanallängsrichtung aufweist, die in Projektion längs zur Turbinenschaufel weitgehend koparallel zur Strömungsrichtung eines die Austrittsöffnung unmittelbar überströmenden, lokalen Strömungsfeldes (6) eines relativ an der Turbinenschaufel vorbeiströmenden Massenflusses verläuft.
 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

45

50 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Austrittskanal (7,11) angrenzend zur Austrittsöffnung (13) eine Kanallängsrichtung aufweist, die in Projektion längs zur Turbinenschaufel weitgehend koparallel zum Axialschnitt des Turbinenschaufelblattes im Bereich unmittelbar stromauf zur Abströmkante verläuft.

55
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass durch den Austrittskanal (7,11) ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft, strömbar ist, das die Austrittsöffnung (13) nahezu in Strömungsrichtung zum lokalen Strömungsfeld (6) verläßt.

5

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Turbinenschaufel in einer Strömungsmaschine, vorzugsweise in einer Gasturbine, integriert ist, durch die der Massenfluss axial hindurchgerichtet ist. 10
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (13) nahe dem stromabgewandten Ende der Plattform (3) angeordnet ist. 15
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Plattform (3) eine dem Turbinenschaufelblatt radial abgewandte Plattformoberseite (12) aufweist, an der die Austrittsöffnung (13) vorgesehen ist. 20
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Turbinenschaufel eine Leit- vorzugsweise eine Laufschaufel innerhalb einer Gasturbine ist. 25
8. Verfahren zur Kühlung einer Plattform einer Turbinenschaufel, die einen Schaufelfuß, ein Schaufelblatt mit einer An- und Abströmkante, sowie eine Schaufelspitze mit einer Plattform vorsieht und die radial von wenigstens einem Kühlkanal wenigstens teilweise durchsetzt ist, der mit wenigstens einem, über eine Austrittsöffnung an der Plattform austretenden Austrittskanal verbunden ist, 30
dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlmedium, vorzugsweise Kühlluft durch den Kühlkanal und den Austrittskanal derart hindurchgeleitet wird und aus der Plattform austritt, dass das Kühlmedium nahezu strömungsparallel in Richtung zu einem die Turbinenschaufel umströmenden Massenstrom die Plattform verläßt. 35
40
45
50
55

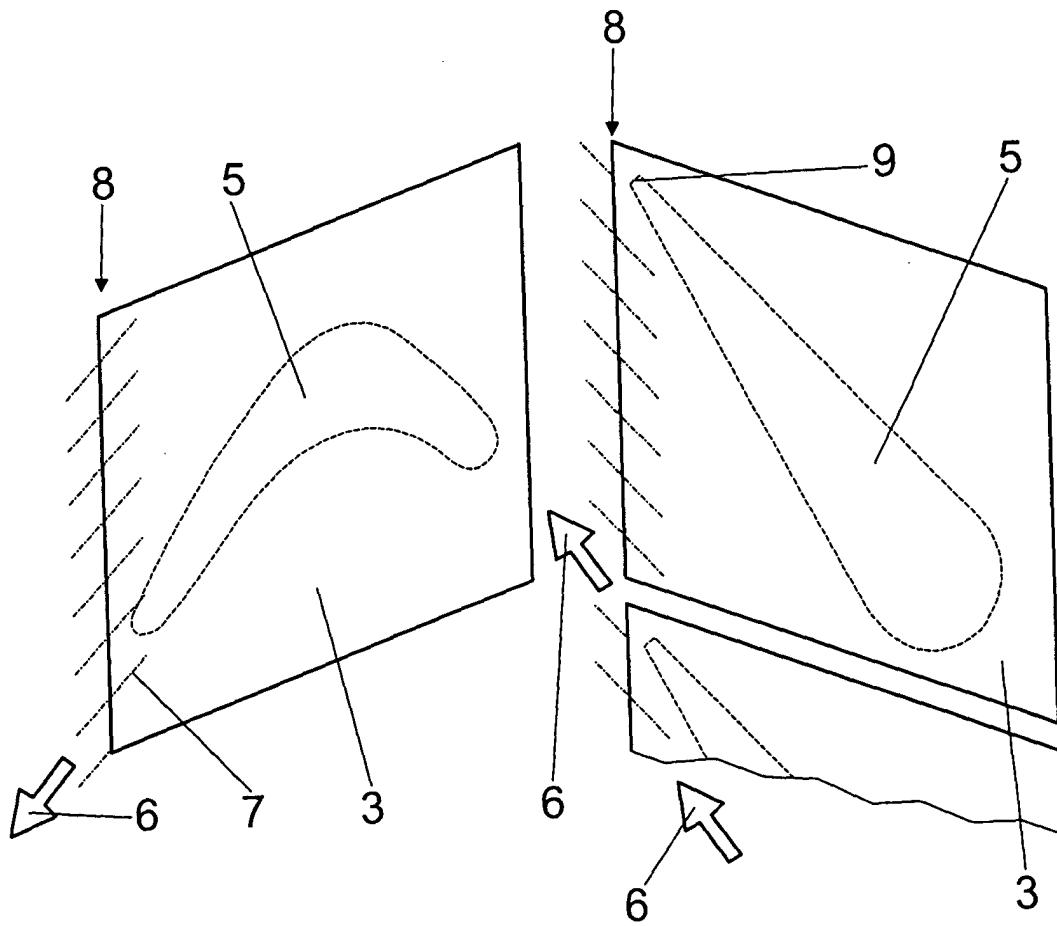


Fig. 1

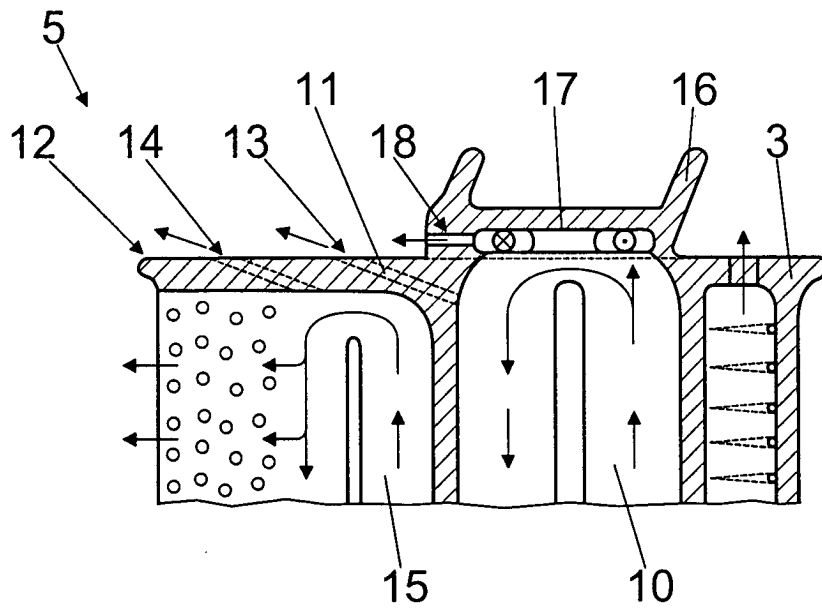


Fig. 2

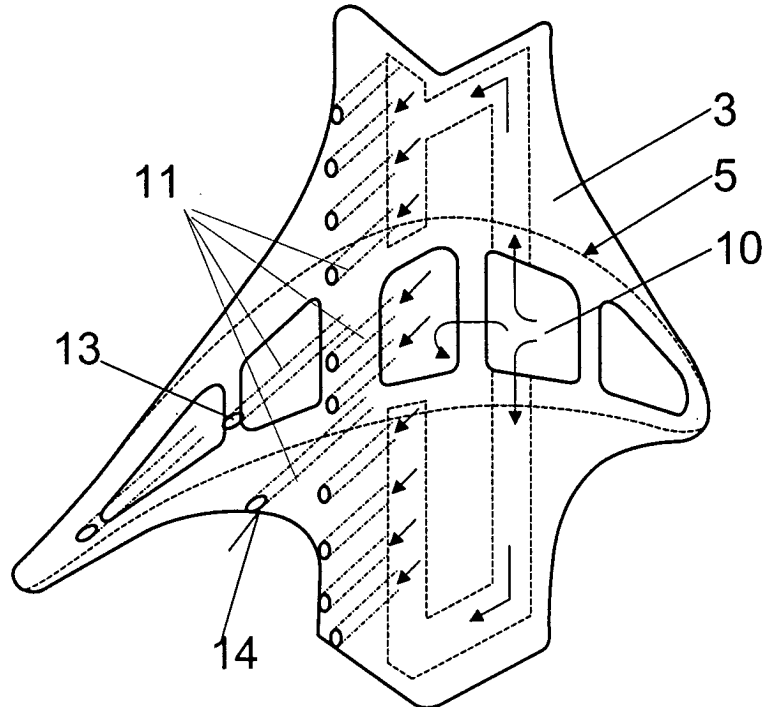


Fig. 3