



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 267 041 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.12.2002 Patentblatt 2002/51

(51) Int Cl.7: **F01D 5/20, F01D 5/18**

(21) Anmeldenummer: **02405389.4**

(22) Anmeldetag: **14.05.2002**

(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

(71) Anmelder: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder: **Roeloffs, Norman**
Tequesta, Florida 33649 (US)

(30) Priorität: **11.06.2001 US 877083**

(54) **Gekühlte Turbinenschaufel**

(57) Eine Schaufel (1) für eine Gasturbine umfasst eine Spitzenkappe (4) und eine Anstreifkante (6) und Kanäle (15, 25) für ein Kühlfluid, die sich von einem Hohlraum (5) zur Anstreifkante (6) erstrecken. Gemäß der Erfindung weist die Anstreifkante (6) eine Aushöhlung (16) auf, die sich von einem Halbraum (9) in die Anstreifkante (6) erstreckt, so dass der Kühlkanal in ei-

nen ersten und einen zweiten Teil (17, 18) mit einer Austrittsöffnung (11') in der Aushöhlung (16) beziehungsweise mit einer Austrittsöffnung (11) auf der Spitzenkrone (8) unterteilt wird. Falls die Austrittsöffnung (11) auf der Spitzenkrone (8) blockiert wird, kann das Kühlfluid durch die zusätzliche Austrittsöffnung (11') in den Halbraum (9) strömen und die Anstreifkante (6) kühlen.

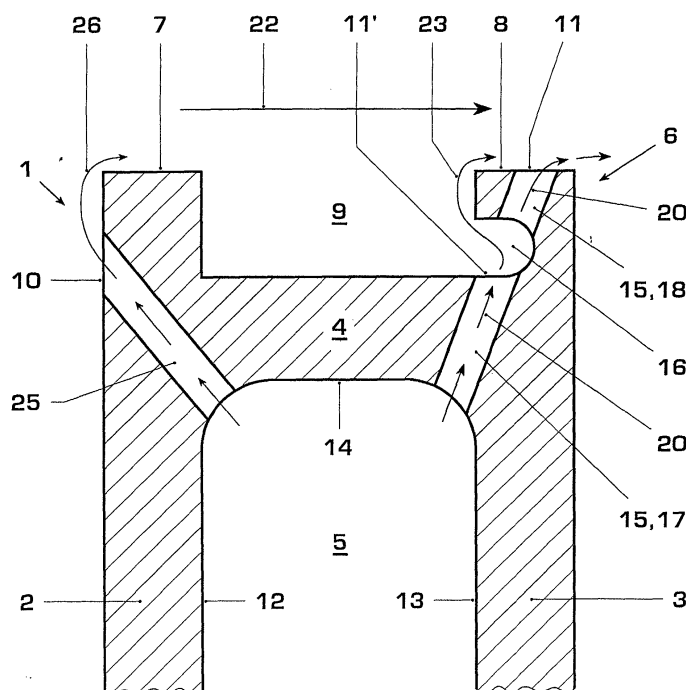


Fig. 2

EP 1 267 041 A2

Beschreibung

Anwendungsbereich der Erfindung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf von innen gekühlte Schaufeln für Gasturbinen und insbesondere auf eine Kühlkonstruktion für den Spitzenbereich der Schaufel.

Hintergrundinformationen zum Stand der Technik

[0002] Schaufeln für Gasturbinen werden in der Regel gekühlt, um das Material der Schaufeln vor den hohen Gastemperaturen zu schützen und dessen Oxidation zu verhindern. Die Kühlung erhöht in wirksamer Form die Beständigkeit der Schaufeln und verlängert ihre Lebensdauer im Betrieb. Eine bewährte und erfolgreiche Kühlkonstruktion für Turbinenschaufeln ist die Innenkühlung. Dabei strömt ein flüssiges oder gasförmiges Kühlfluid - in der Regel Luft, die von dem Verdichter der Turbine entnommen wird - durch Kanäle in einen Hohlraum zwischen der druckseitigen Wand der Schaufel, der saugseitigen Wand und einer Spitzenkappe. Der Spitzenbereich umfasst in der Regel die Spitzenkappe und einer Anstreifkante, der sich entlang der druckseitigen und saugseitigen Wand radial weg erstreckt. Die Anstreifkante hat verhältnismäßig dünne Wände und ist relativ weit von der Kühlluft im Inneren der Schaufel entfernt. Aus diesem Grund ist er besonders anfällig auf die hohen Temperaturen des Gasstromes. Daher ist die Kühlung dieses Spitzenbereiches besonders wichtig. Um die Kühlung des Spitzenbereiches sicherzustellen, führen die Kühlkanäle vom Hohlraum innerhalb der Schaufel entweder durch die Spitzenkappe zu einem Halbraum, der von der Anstreifkante umschlossen ist, oder durch die Anstreifkante zur Krone dieser Anstreifkante. Das flüssige oder gasförmige Kühlfluid strömt durch diese Kanäle, kühlt den Halbraum und die Anstreifkante von innen sowie - nach dem Austritt aus den Austrittsöffnungen auf der äußeren Oberfläche und mischt sich schließlich in den Leckstrom der Gasturbine. Ein typisches Problem, das bei dem Betrieb von Turbinen auftritt, ist das gelegentliche, absichtliche oder unabsichtliche Reiben der Schaufelspitze gegen den äußeren Hitzeschild oder gegen andere Komponenten, die am Turbinengehäuse angebracht sind. Das Reiben der Schaufelspitze führt zu einem Verschmieren von Material auf der Schaufelspitze und zu einem Verstopfen oder gar zu einem vollständigen Blockieren der Austrittsöffnungen der Kühlkanäle auf der Schaufelspitze. Die Kühlung der Schaufelspitze wird dann reduziert oder sogar vollständig unterbrochen und kann aufgrund der Überhitzung zu einer beträchtlichen Beschädigung der Schaufel führen.

[0003] Um ein Verstopfen oder Blockieren der Kühlkanäle zu verhindern, sind mehrere Lösungen vorgelegt worden.

[0004] Die europäische Patentanmeldung EP 816

636 offenbart eine Laufschaufel für eine Gasturbine mit einer typischen Anstreifkante an der Schaufelspitze und Kühlkanälen, die für die Kühlung der Anstreifkante konzipiert worden sind. Die Kanäle erstrecken sich von einem Hohlraum innerhalb der Schaufel zur Druckseite der Schaufel sowie durch die Spitzenkappe zum von der Anstreifkante umschlossenen Halbraum. Falls die Anstreifkante gegen einen äußeren Hitzeschild oder eine andere Komponente der Gasturbine reibt, kann Material in die Austrittsöffnungen auf der Spitzenkappe fallen und den Kanal für das flüssige oder gasförmige Kühlfluid verstopfen. Darüber hinaus sorgt die Anordnung der Kühlkanäle nicht für eine optimale Kühlung der äußersten Spitze der Anstreifkante.

[0005] Bei einer Anstreifkante mit einer ähnlichen Form umfasst die Kühlkonstruktion Kühlkanäle, die sich von einem Hohlraum innerhalb der Schaufel durch die Anstreifkante auf der Saugseite bis zur Krone der Anstreifkante an der Saugseite erstrecken. Dies sorgt für eine effiziente Kühlung des äußersten Spitzenbereichs. Allerdings besteht ein hohes Risiko, dass abgeriebenes Material die Ausgangslöcher der Kühlkanäle verschmiert und verstopft.

[0006] Das US-Patent 5,476,364 offenbart eine Turbinenschaufel ohne eine Anstreifkante an der Spitze und mit Kühlkanälen, die sich von einem inneren Kühlkanal bis zur Druckseite der Schaufelspitze erstrecken. Die Kühlkanäle sind in einem speziellen Winkel zur Spitzenoberfläche der Schaufel angeordnet. Weiterhin umfassen die Austrittsöffnungen der Kühlkanäle insbesondere einen Hohlraum, der durch eine Seitenwand parallel zur Oberfläche der Schaufel verläuft und durch die Seitenwand der Austrittsöffnung gebildet wird. Diese Aushöhlung soll verhindern, dass die Austrittsöffnung mit Material verstopft wird, das von einem ringförmigen Deckband über den Schaufeln abgerieben wird. Stattdessen soll das abgeriebene Material den Kühlmittelstrom in eine Richtung ablenken, die für die Leistung der Turbine vorteilhafter ist. Diese Kühlkonstruktion dürfte funktionieren, sofern die abgeriebenen Materialpartikel klein sind. Falls jedoch die Partikel größer als der Kühlkanal sind, wird sich dieser wahrscheinlich verstopfen.

Darstellung der Erfindung

[0007] Das Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung einer Schaufel für Gasturbinen mit einer Anstreifkante und einer Kühlkonstruktion für diese Anstreifkante, die es ermöglicht, dass das Kühlfluid den äußersten Rand der Anstreifkante erreichen kann. Insbesondere soll die Kühlkonstruktion auch dann für eine ausreichende Kühlung sorgen, nachdem ein absichtliches oder unabsichtliches Reiben mit dem äußeren Hitzeschild oder einer anderen Turbinenkomponente aufgetreten ist und die Kühlkanäle durch abgeriebene Partikel unterschiedlicher Größe blockiert oder verschmutzt worden sind.

[0008] Eine Turbinenschaufel für eine Gasturbine, die

sich von einem Fuß bis zu einer Spitze erstreckt und eine Druckseite und eine Saugseite aufweist, umfasst eine druckseitige Wand, eine saugseitige Wand und eine Spitzenkappe. Die inneren Oberflächen der druckseitigen und saugseitigen Wand bilden zusammen mit der inneren Oberfläche der Spitzenkappe einen Hohlraum mit Kühlkanälen, durch die ein Kühlfluid strömt und die Schaufel von innen durch Konvektion kühlt. Die Spitze der Schaufel umfasst die Spitzenkappe und eine Anstreifkante, der sich radial von der druckseitigen und saugseitigen Wand zu einer Spitzenkrone an der Druck- und der Saugseite erstreckt. Zusammen mit der äußeren Oberfläche der Spitzenkappe bildet die Anstreifkante einen Halbraum. Weitere Kühlkanäle erstrecken sich von dem Hohlraum innerhalb der Schaufel zur Anstreifkante und ermöglichen, dass das Kühlfluid aus dem Hohlraum innerhalb der Schaufel austritt und die Anstreifkante kühlt.

Gemäß der Erfindung umfasst die Anstreifkante eine Aushöhlung, die sich vom Halbraum in die Anstreifkante erstreckt. Diese Aushöhlung reicht bis in die Kühlkanäle hinein, die sich vom Hohlraum innerhalb der Schaufel bis zur Spitzenkrone erstrecken, so dass diese Kühlkanäle in einen ersten und einen zweiten Teil unterteilt werden. Der erste Teil führt vom Hohlraum zu einer Austrittsöffnung in der Aushöhlung, und der zweite Teil führt von der Aushöhlung zu einer Austrittsöffnung auf der Spitzenkrone.

[0009] Die Aushöhlung in der Anstreifkante stellt eine zusätzliche Austrittsöffnung bereit, damit das Kühlfluid in Richtung des Spitzenbereichs austreten kann. Die Anstreifkante mit dem zweiten Bereich des Kühlkanals schützt die Aushöhlung und die zusätzliche Austrittsöffnung vor einer Berührung mit dem äußeren Hitzeschild oder anderen Komponenten und vor Material, das bei einer solchen Berührung abgerieben wird. Im Falle einer solchen Berührung werden die Austrittsöffnungen auf der Spitzenkrone durch das abgeriebene Material teilweise oder vollständig blockiert, und das Kühlfluid kann nicht mehr durch den zweiten Bereich des Kühlkanals zu der Spitzenkrone strömen, um die Anstreifkante von innen zu kühlen. Statt dessen tritt das Kühlfluid durch die zusätzliche Austrittsöffnung in der Aushöhlung aus, strömt in den Halbraum und von dort um die Anstreifkante herum bis zur Spitzenkrone. Es kühlt die Anstreifkante in wirksamer Weise an dessen äußerer Oberfläche durch Filmkühlung und mischt sich schließlich in den Leckstrom der Gasturbine.

Sofern es nicht zu einem Reiben mit den Turbinenkomponenten kommt, kann das flüssige oder gasförmige Kühlfluid ungehindert durch den ersten Bereich in die Aushöhlung und von dort weiter durch den zweiten Bereich des Kühlkanals zu der Spitzenkrone fließen, wobei es die Anstreifkante von innen durch Konvektion kühlt.

[0010] Die Kühlkonstruktion gemäß der Erfindung sorgt so selbst dann für eine Kühlung, wenn die Austrittsöffnung verschmiert worden ist. Insbesondere erreicht das Kühlfluid den äußersten Rand der Anstreif-

kante sowohl in den Fällen, in denen die Austrittsöffnungen frei sind, als auch in den Fällen, in denen die Austrittsöffnungen blockiert sind. Darüber hinaus sorgt die Kühlkonstruktion ungeachtet der Größe der abgeriebenen Materialpartikel für eine Kühlung.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Aushöhlung in der Anstreifkante sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Schaufel bereitgestellt. Diese Lösung ist besonders für Schaufeln geeignet, die Austrittsöffnungen auf der Spitzenkrone sowohl auf der Druckseite als auch auf der Saugseite der Schaufel aufweisen.

[0012] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Aushöhlung in der Anstreifkante nur auf der Saugseite bereitgestellt. Bei einigen Schaufeltypen werden die Austrittsöffnungen der Kühlkanäle auf der Druckseite des Spitzenbereichs unterhalb der Spitzenkrone angeordnet. Für diese Austrittsöffnungen ist das Problem des Blockierens nicht so schwerwiegend wie bei den Austrittsöffnungen auf der Spitzenkrone der Saugseite, und demzufolge sind Maßnahmen zum Schutz der Austrittsöffnungen nicht unbedingt notwendig.

[0013] Die Aushöhlung gemäß der Erfindung hat eine erste Seitenwand, die im wesentlichen in der Ebene der äußeren Oberfläche der Spitzenkappe liegt. Eine zweite Seitenwand der Aushöhlung erstreckt sich von dieser ersten Seitenwand der Aushöhlung zu einer dritten Seitenwand, die im wesentlichen parallel zur Krone der Anstreifkante ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die zweite Seitenwand der Aushöhlung entweder gekrümmt oder gerade, mit scharfen Ecken zur ersten und dritten Seitenwand der Aushöhlung. Eine Aushöhlung mit gekrümmten oder gerundeten Seitenwänden wird am zweckmäßigsten durch Guss hergestellt. Eine Aushöhlung mit einer geraden Seitenwand und scharfen Ecken wird zweckmäßiger durch andere Verfahren, wie zum Beispiel durch elektrochemische Abtragungsverfahren, hergestellt.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Anstreifkante abgerundete Ecken oder scharfe, beispielsweise rechteckige, Ecken.

Scharfe Ecken an der Anstreifkante sind hinsichtlich des Leckstroms an dem Schaufelkopf vorteilhaft, da die scharfen Ecken eine höhere Durchflusszahl gewährleisten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Figur 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Laufschaufel gemäß der Erfindung mit einer Anstreifkante und Austrittsöffnungen der zweiten Teile der Kühlkanäle auf der Spitzenkrone der Saugseite und einer Aushöhlung in der Anstreifkante, welche die Austrittsöffnungen der ersten Teile der Kühlkanäle aufzeigt.

[0016] Figur 2 zeigt einen Querschnitt entlang der Li-

nie II-II des Spitzenbereichs einer Laufschaufel gemäß der Erfindung mit der Aushöhlung in der Anstreifkante und dem ersten und zweiten Teil eines Kühlkanals.

Ausführungsform der Erfindung

[0017] Figur 1 zeigt eine perspektivische Darstellung des radial äußeren Bereichs einer Laufschaufel 1 für eine Gasturbine gemäß der Erfindung mit einer druckseitigen Wand 2, einer saugseitigen Wand 3 und einer Spitzenkappe 4 am radialen Ende der Schaufel. Innerhalb der Laufschaufel 1 bilden die innere Oberfläche der Spitzenkappe 4 und die inneren Oberflächen der druckseitigen und der saugseitigen Wand einen Hohlraum 5. Ein Kühlfluid - in der Regel Luft, die vom Verdichter der Turbine entnommen wird - zirkuliert innerhalb des Hohlraums 5 und kühlt die druck- und saugseitige Wand von innen durch Konvektion.

Die Abbildung zeigt insbesondere den Spitzenbereich der Schaufel, die eine Anstreifkante 6 umfasst und den Spitzenbereich der Schaufel vor Schäden im Falle einer Berührung mit dem Gehäuse der Gasturbine schützt. Die Anstreifkante erstreckt sich radial von der druck- und saugseitigen Wand 2 und 3 zur Spitzenkrone der Druckseite 7 beziehungsweise der Spitzenkrone der Saugseite 8. Die Anstreifkante 6 bildet zusammen mit der Spitzenkappe 4 einen Halbraum 9. Die Kühlkanäle erstrecken sich von dem Hohlraum 5 innerhalb der Schaufel durch die Anstreifkante 6 bis zum Spitzenbereich der Schaufel. Das Kühlfluid strömt durch diese Kühlkanäle und kühlt die Anstreifkante durch Kühlung von innen. Das Kühlfluid tritt dann aus den Kanälen durch die Austrittsöffnungen, kühlt die Anstreifkante, indem es um die Krone strömt, und vermischt sich schließlich mit dem Leckstrom der Gasturbine. Auf der Druckseite der Schaufel 1 sind mehrere Austrittsöffnungen 10 von Kühlkanälen auf der Anstreifkante und etwas unterhalb der Spitzenkrone 7 angeordnet. Mehrere zusätzliche Austrittsöffnungen 11 der Kühlkanäle sind auf der Spitzenkrone der Saugseite 8 angeordnet. Gemäß der Erfindung umfasst die Anstreifkante eine Aushöhlung, die sich von der Spitzenkappe 4 in die Anstreifkante 6 erstreckt. Die Aushöhlung unterteilt die Kühlkanäle in der Nähe der Saugseite in einen ersten Teil, der sich von dem Hohlraum 5 zu den Austrittsöffnungen 11' in der Aushöhlung erstreckt, und in einen zweiten Teil, der sich von der Aushöhlung zu den Austrittsöffnungen 11 auf der Spitzenkrone 8 der Saugseite erstreckt.

[0018] Figur 2 zeigt den Querschnitt entlang der Linie II-II des Spitzenbereichs der Laufschaufel 1 mit der druckseitigen Wand 2 und der saugseitigen Wand 3. Der Hohlraum 5 wird durch die innere Oberfläche 12 und die innere Oberfläche 13 der druck- beziehungsweise der saugseitigen Wand sowie der inneren Oberfläche 14 der Spitzenkappe 4 gebildet. Ein Kühlkanal 15 erstreckt sich in einem ersten Teil 17 vom Hohlraum 5 durch die Spitzenkappe 4 zur Austrittsöffnung 11' und in die Aushöhlung 16. Der zweite Teil 18 des Kanals 15 erstreckt sich

von der Aushöhlung 16 durch die Anstreifkante 6 zur Austrittsöffnung 11 auf der Spitzenkrone 8 der Saugseite.

[0019] Sofern der zweite Teil des Kühlkanals und dessen Austrittsöffnungen 11 auf der Spitzenkrone frei sind, kann das Kühlfluid 20 ungehindert zum äußersten Rand der Anstreifkante strömen und sich in den Leckstrom 22 mischen. Falls jedoch die Austrittsöffnung 11 durch Material verstopft ist, das von dem äußeren Hitzeschild oder der Spitzenkrone der Schaufel abgerieben wurde, nimmt das Kühlfluid einen Weg 23 von der Aushöhlung 16 in den Halbraum 9 und um die Anstreifkante herum zur Spitzenkrone 8. In beiden Fällen wird eine ausreichende Kühlung der Anstreifkante einschließlich dessen äußerster Kante erreicht, und zwar unabhängig davon, in welchem Umfang der zweite Teil 18 des Kühlkanals verstopft ist.

[0020] Die Aushöhlung 16 ist hier mit einer gerundeten oder gebogenen Seitenwand ausgebildet, die am zweckmäßigsten durch Guss hergestellt wird. Eine rechteckige Aushöhlung wird am wirtschaftlichsten durch eine spanabhebende Formgebung hergestellt. Beide Formen sind vom Standpunkt des Kühlmittelstroms und der Wirksamkeit der Kühlung geeignet.

[0021] Die Anstreifkante 6 hat eine Form mit entweder scharfen, beispielsweise rechteckigen, Ecken oder gerundeten Ecken. Hinsichtlich des Leckstroms der Schaufelspitze führen scharfe Ecken zu einer besseren Durchflusszahl.

[0022] Ein weiterer Kühlkanal 25 erstreckt sich vom Hohlraum 5 zur Druckseite der Schaufel 1. In der dargestellten Ausführungsform der Erfindung führt der Kanal 25 zu einer Austrittsöffnung 10, die auf der Druckseite der Schaufel und unterhalb der Spitzenkrone 7 der Druckseite angeordnet ist. Das Kühlfluid 26, das durch diese Austrittsöffnung 10 fließt, strömt um die Anstreifkante 6 herum, über die Spitzenkrone 7 der Druckseite in den Halbraum 9 und von dort aus weiter in den Leckstrom 22. Da die Austrittsöffnungen 10 unterhalb der Spitzenkrone angeordnet sind, sind sie nicht so anfällig auf ein Verstopfen mit abgeriebenem Material wie die Austrittsöffnungen auf der Spitzenkrone der Saugseite und benötigen deshalb keinen Schutz.

[0023] In einer Variante der dargestellten Ausführungsform, einer allgemeineren Ausführungsform der Erfindung, erstrecken sich die Kühlkanäle auf der Druckseite über den ganzen Weg bis zur Spitzenkrone, wie dies entlang der Saugseite der Schaufel der Fall ist. Ähnlich wie die Kühlkonstruktion auf der Saugseite, die in der Figur angegeben ist, umfasst die Anstreifkante ebenfalls eine Aushöhlung auf der Druckseite, welche den Kühlkanal - in der gleichen Weise wie auf der Saugseite der Schaufel in zwei Teile unterteilt.

[0024] In den meisten Fällen sorgen Kühlkanäle, die zur Druckseite führen, wie es in der Figur dargestellt ist, für eine ausreichende Kühlung der Anstreifkante, so dass eine Konstruktion mit einer Aushöhlung auf dieser Seite nicht notwendig ist.

Begriffe, die in den Abbildungen verwendet werden**[0025]**

1	Laufschaufel
2	druckseitige Wand
3	saugseitige Wand
4	Spitzenkappe
5	Hohlraum
6	Anstreifkante
7	Spitzenkrone auf der Druckseite
8	Spitzenkrone auf der Saugseite
9	Halbraum
10	Austrittsöffnung des Kühlkanals auf der Druckseite
11	Austrittsöffnung des Kühlkanals auf der Saugseite
11'	Austrittsöffnung innerhalb der Aushöhlung an der Anstreifkante an der Saugseite
12	Innere Oberfläche der druckseitigen Wand
13	Innere Oberfläche der saugseitigen Wand
14	Innere Oberfläche der Spitzenkappe
15	Kühlkanal auf der Saugseite
16	Aushöhlung in der Anstreifkante
17	Erster Teil des Kühlkanals auf der Saugseite
18	Zweiter Teil des Kühlkanals auf der Saugseite
20	Kühlmittelstrom auf der Saugseite durch die Spitzenkrone
22	Leckstrom der Gasturbine
23	Kühlmittelstrom auf der Saugseite der Schaufel in den Halbraum und um die Spitzenkrone der Saugseite herum
25	Kühlkanal auf der Druckseite
26	Kühlmittelstrom auf der Druckseite

eine Austrittsöffnung auf der Spitzenkrone der Anstreifkante aufweist.

2. Schaufel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass sich die Aushöhlung in der Anstreifkante (6) sowohl entlang der Druckseite als auch entlang der Saugseite der Schaufel (1) erstreckt.
3. Schaufel (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass sich die Aushöhlung (16) in der Anstreifkante (6) entlang der Saugseite der Schaufel (1) erstreckt.
4. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Aushöhlung (16) eine erste Seitenwand aufweist, die im wesentlichen in der Ebene der äußeren Oberfläche der Spitzenkappe(4) liegt, und eine zweite Seitenwand, die sich von der ersten Seitenwand zu einer dritten Seitenwand erstreckt, wobei die dritte Seitenwand im wesentlichen parallel zu der Spitzenkrone (8) der Anstreifkante verläuft.
5. Schaufel (1) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Seitenwand der Aushöhlung (16) entweder gekrümmt oder gerade verläuft und scharfe Ecken zu der ersten und der dritten Seitenwand aufweist.
6. Schaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anstreifkante (6) gerundete Ecken oder scharfe, beispielsweise rechteckige, Ecken umfasst.

Patentansprüche

1. Schaufel (1) für eine Gasturbine, bestehend aus einer druckseitigen Wand (2) und einer saugseitigen Wand (3), einer Spitzenkappe (4), einem Hohlraum (5), der durch die innere Oberfläche (12, 13, 14) der druckseitigen Wand (2), der saugseitigen Wand (3) und der Spitzenkappe (4) gebildet wird, und einer Anstreifkante (6), der sich radial von der druckseitigen und saugseitigen Wand (2, 3) erstreckt, einem Halbraum(9), der durch die äußere Oberfläche der Spitzenkappe (4) und der Anstreifkante(6) gebildet wird, und Kühlkanälen (15, 25), die vom Hohlraum (5) zur Anstreifkante(6) führen;
dadurch gekennzeichnet, dass die Anstreifkante (6) eine Aushöhlung aufweist, die sich vom Halbraum(9) in die Anstreifkante erstreckt, so dass die Aushöhlung (16) den Kühlkanal in einen ersten Teil und einen zweiten Teil unterteilt, wobei der erste Teil eine Austrittsöffnung in der Aushöhlung aufweist, durch ein Kühlfluid in den Halbraum(9) und um die Anstreifkante (6) fließen kann, und der zweite Teil

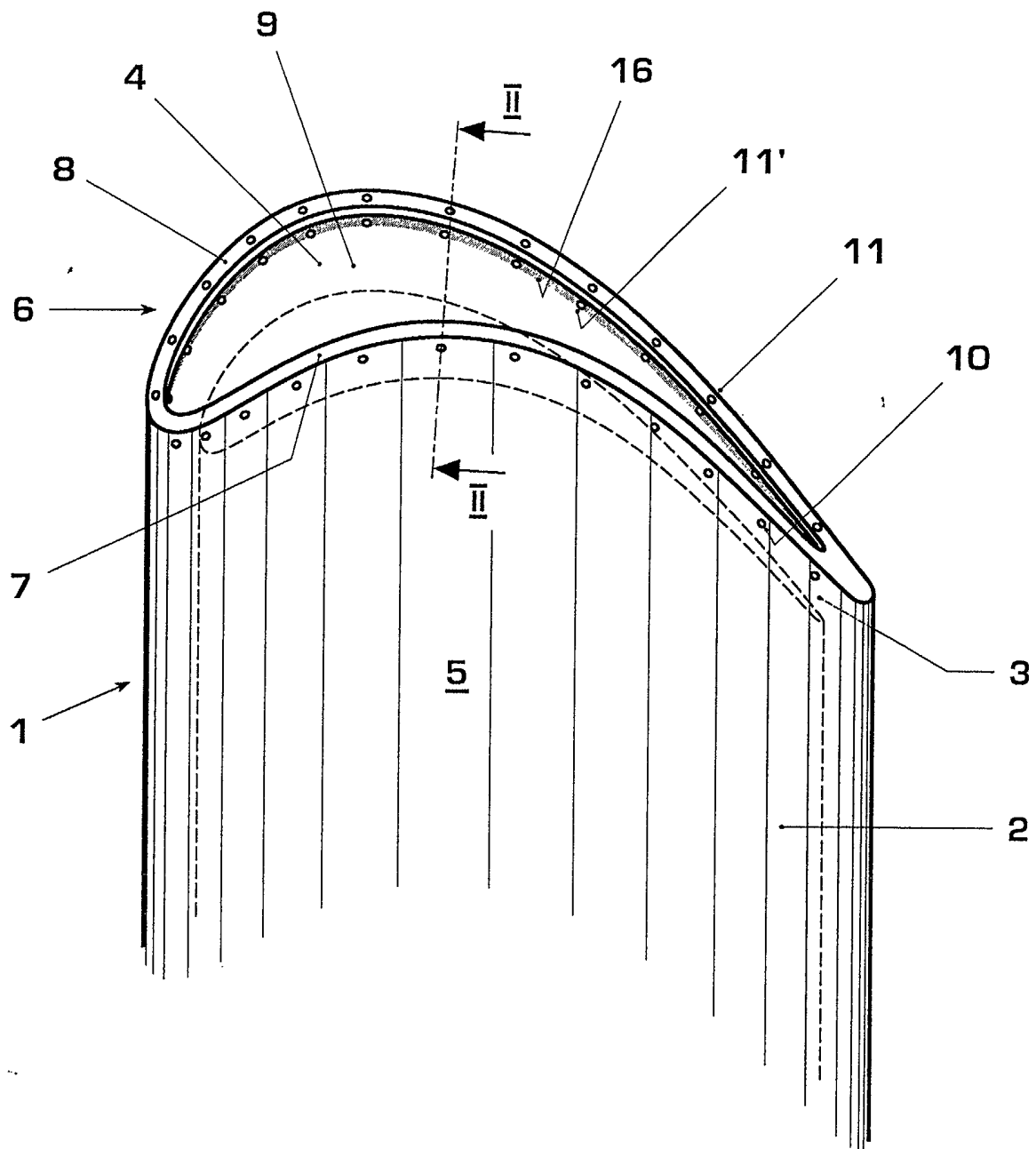


Fig. 1

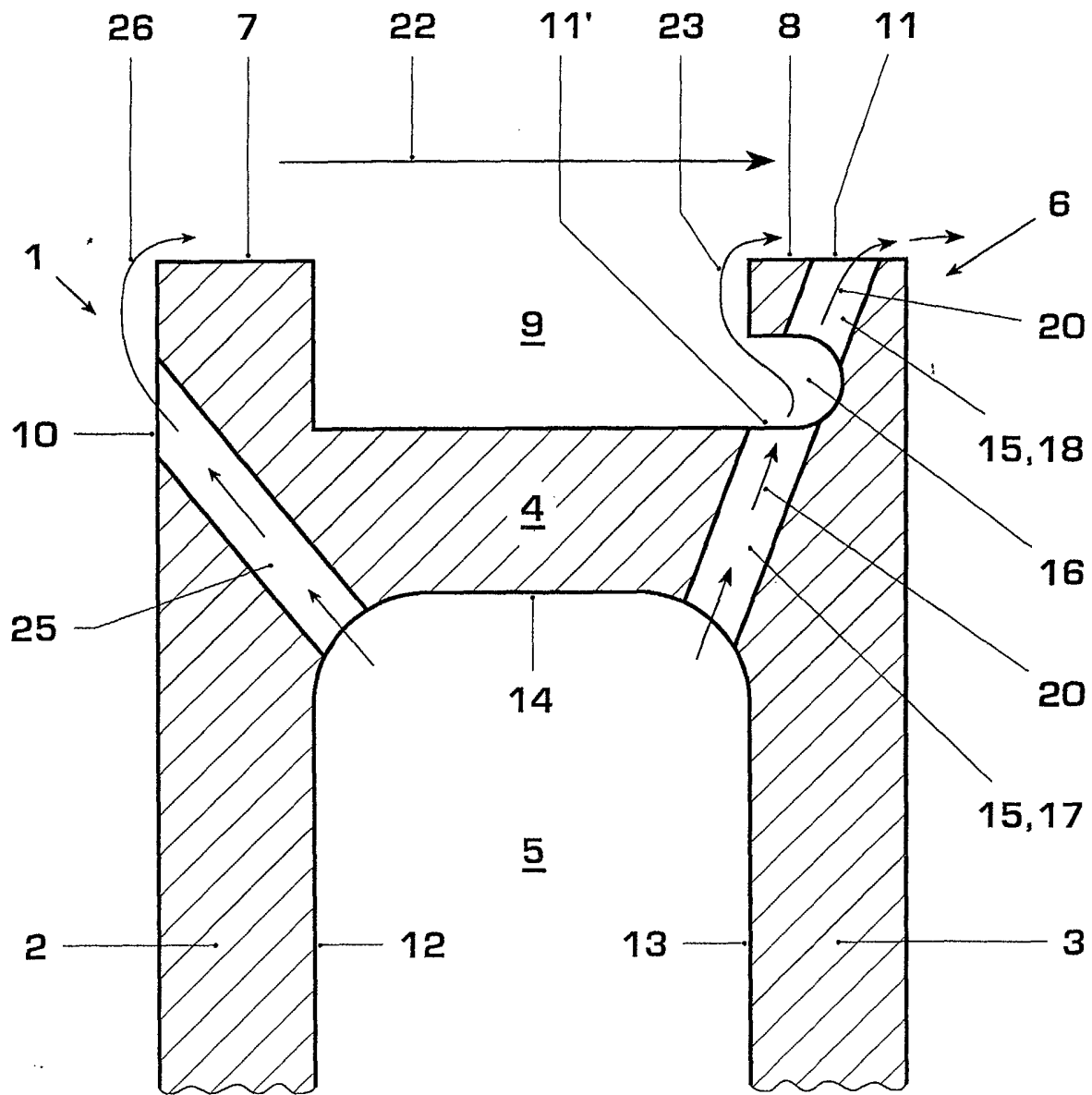


Fig. 2