



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 26 519 T2 2004.07.22**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 829 619 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 26 519.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 307 032.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.03.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.12.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.07.2004**

(51) Int Cl.7: **F01D 5/14**
F01D 5/18

(30) Unionspriorität:

713321 13.09.1996 US

(73) Patentinhaber:

**United Technologies Corp. (n.d.Ges.d. Staates
Delaware), Hartford, Conn., US**

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Phillips, James S., Jupiter, Florida 33458, US;
Arness, Brian P., Simpsonville, South Carolina
29681, US**

(54) Bezeichnung: **Gebogene Schaufel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft hohle, gebogene Strömungsprofile und Geometrien für die inneren Kühlleitungen in gebogenen Strömungsprofilen.

[0002] Das interne Kühlen ist ein „Muss“ in den meisten Gasturbinen-Strömungsprofilen. Das Kühlen wird generell bewirkt, indem man Kühlluft durch eine Serpentine von Passagen, die in dem Strömungsprofil angeordnet sind, strömen lässt. Die internen Passagen, die sich in Erstreckungsrichtung in dem Strömungsprofil erstrecken, sind miteinander durch 180°-Passagenkehren oder durch sich in Breitenrichtung erstreckende Passagen oder durch beide verbunden. Typischerweise werden die internen Passagen durch Gießen mit einem massiven keramischen Kern erzeugt, der später entfernt wird. Der keramische Kern wird mit einer geteilten Form hergestellt, die eine Druckseitentafel und eine Sogseitentafel hat. „Druckseite“ und „Sogseite“ sind Fachbegriffe, die verwendet werden, um die Seiten des Strömungsprofils zu beschreiben, die in Richtung auf die bzw. weg von der Gasströmung zeigen, die durch die Maschine strömt. Nach dem Verfestigen des Kerns werden die Formhälften entlang von „Trennlinien“ getrennt, um den massiven Kern freizugeben. Eine „Trennlinie“ bezeichnet die imaginäre Linie entlang derer die Formhälften für ein Entfernen von dem Kern ausgelegt ist.

[0003] Die Formanordnung, die zum Herstellen des Kerns verwendet wird, beeinflusst stark die Geometrie der internen Passagen. Die Oberflächen des Kerns, an denen die Rippenenden und die Endwände der Passagenkehren geformt werden, wurden historisch so ausgelegt, dass sie im Wesentlichen parallel zu den Trennlinien sind. Die Parallelität zwischen den Kernoberflächen und den Formwänden erleichtert das Entfernen der Form. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist, dass die Geometrie der internen Passagen, die zur Erzielung der Parallelität ausgelegt ist, manchmal interne Passagen mit schlechteren als optimalen Strömungseigenschaften erzeugt, insbesondere bei gebogenen Strömungsprofilen. Für hohle Strömungsprofile generell betrachte man beispielsweise EP-0465004, welches ein Gasturbinen-Strömungsprofil mit Kühlpassagenbereichen beschreibt, die lokal verdickte Wandelementbereiche haben, um so den spitzen Winkel zwischen den Flanken und den diesen benachbarten verdickten Wandelementbereichen zu eliminieren.

[0004] Benötigt wird deshalb eine Geometrie für interne Strömungspassagen für gebogene Strömungsprofile mit verbesserten Strömungseigenschaften.

[0005] Gemäß einem ersten Aspekt stellt die Erfindung ein Strömungsprofil bereit, aufweisend: eine Druckseitenwand und eine Sogseitenwand, welche sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante und in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren und einer äußeren radialen Oberfläche erstrecken, und wobei die Seitenwände in Erstreckungsrichtung gebogen sind; eine Mehrzahl

von sich in Erstreckungsrichtung erstreckenden Passagen, die zwischen der Druck- und Sogseitenwand angeordnet sind; mindestens eine Passagenkehre, die die Passagen verbindet, wobei die Passagenkehre eine Endwand aufweist; wobei die Endwand und eine der Seitenwände spitz aufeinander zu laufen; und wobei sich eine Ausrundung zwischen der Seitenwand und der spitz darauf zu laufenden Endwand erstreckt.

[0006] Gemäß einem zweiten Aspekt schafft die Erfindung ein Strömungsprofil, aufweisend eine Druckseitenwand und eine Sogseitenwand, welche sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante und in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren und einer äußeren radialen Oberfläche erstrecken, wobei die Seitenwände in Erstreckungsrichtung gebogen sind; eine Mehrzahl von in Erstreckungsrichtung verlaufenden Passagen, die zwischen der Druck- und der Sogseitenwand angeordnet sind; und eine Rippe, welche die Passagen trennt und ein Rippenende hat; wobei die Rippe und eine der Seitenwände spitz aufeinander zu laufen; und wobei sich eine Ausrundung zwischen der Seitenwand und dem spitz darauf zu laufenden Rippenenden erstreckt.

[0007] Die Erfindung betrifft auch einen Kern zum Herstellen eines Strömungsprofils gemäß der Erfindung.

[0008] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein gebogenes Strömungsprofil bereitgestellt, welches eine Mehrzahl von Passagen aufweist, die zwischen einer Druckseitenwand und einer Sogseitenwand angeordnet sind. Die Druck- und Sogseitenwand erstreckt sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante und einer Hinterkante, und in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren und einer äußeren Plattform. Passagen erstrecken sich in Erstreckungsrichtung zwischen der inneren und der äußeren Plattform. Rippen, von denen jede ein Rippenende hat, trennen benachbarte Passagen. Passagenkehren, von denen jede eine Endwand hat, verbinden die Passagen. Die Endwand einer jeden Passagenkehre bildet eine spitzwinklige Ecke mit einer der Seitenwände, und eine erste Ausrundung ist in der spitzwinkligen Ecke angeordnet.

[0009] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bildet jedes Rippenende eine zweite spitzwinklige Ecke mit einer der Seitenwände, und eine zweite Ausrundung ist in der zweiten spitzwinkligen Ecke angeordnet.

[0010] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass Bereiche still stehender Strömung in den Passagenkehren eines Strömungsprofils mit sich krümmender Erstreckung eliminiert werden können. Das Vorsehen von Ausrundungen in den spitzwinkligen Ecken, die zwischen den Seitenwänden und der Passagenkehren-Endwand und/oder dem Rippenende gebildet sind, eliminiert die scharfen Ecken, die gebildet werden, wenn die Endwände und die Rippenenden parallel zu den Trennlinien der Kernform sind.

[0011] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass die Trennung der Formhälften von dem Kern erleichtert ist. Bei dem Verfahren aus dem Stand der Technik, bei dem die Rippenenden und die Endwände des Kerns im Wesentlichen parallel zu den Trennlinien sind, ist es erforderlich, einen geringen Freiwinkel ($\leq 3^\circ$) vorzusehen, um zu vermeiden, dass die Kernform während des Trennens entlang des Kerns schleift. Das Schleifen der Kernform über die abrasive Oberfläche des keramischen Kerns abradiert die Oberfläche der Kernform. Die vorliegende Erfindung öffnet andererseits den Winkel zwischen einem Teil des Rippenendes und der Passagenkehren-Endwand und erleichtert so ein Trennen. Der Fachmann wird erkennen, dass Kernformen sehr teuer sind und es ein entscheidender Vorteil ist, den Formverschleiß zu minimieren.

[0012] Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun nur beispielhaft mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, für die gilt:

[0013] **Fig. 1** ist eine schematische perspektivische Ansicht einer Einzelleitschaufel mit einem in Erstreckungsrichtung gekrümmten Profil;

[0014] **Fig. 2** ist eine schematische Schnittansicht der in **Fig. 1** gezeigten Leitschaufel;

[0015] **Fig. 3** ist eine schematische Schnittansicht der in **Fig. 1** gezeigten Leitschaufel;

[0016] **Fig. 4** ist eine vergrößerte Ansicht eines Ausschnitts von **Fig. 3**;

[0017] **Fig. 5** ist eine vergrößerte Ansicht einer Passagenkehre ähnlich zu der in **Fig. 4**, die Ausrundungen mit einem gekrümmten Profil zeigt;

[0018] **Fig. 6** ist eine schematische Ansicht eines Gusskerns für eine hohle Leitschaufel mit einem in Erstreckungsrichtung gekrümmten Profil;

[0019] **Fig. 7** ist eine schematische Schnittansicht des in **Fig. 6** gezeigten Kerns;

[0020] **Fig. 8** ist eine schematische perspektivische Ansicht einer Einzelleitschaufel mit einem in Erstreckungsrichtung geraden Profil;

[0021] **Fig. 9** ist eine schematische Schnittansicht der in **Fig. 8** gezeigten Leitschaufel; und

[0022] **Fig. 10** ist eine schematische Schnittansicht der in **Fig. 8** gezeigten Leitschaufel.

[0023] Es wird auf die **Fig. 1** bis **4** Bezug genommen. Eine Statoranordnung (nicht gezeigt) weist eine Mehrzahl von Leitschaufelsegmenten **20** auf, die kollektiv eine ringförmige Struktur bilden. Jedes Leitschaufelsegment **20** weist ein Strömungsprofil **22**, eine innere Plattform **24** und eine äußere Plattform **26** auf. Die inneren **24** und äußeren **26** Plattformen schaffen gemeinsam die radialen Gaswegbegrenzungen durch die Statoranordnung. Jedes Strömungsprofil **22** weist eine Druckseitenwand **28**, eine Sogseitenwand **30** und eine Mehrzahl von Passagen **32**, Passagenkehren **34** und Rippen **36** auf, die in dem Strömungsprofil **22** zwischen der Druckseitenwand **28** und der Sogseitenwand **30** angeordnet sind. Die Druckseitenwand **28** und die Sogseitenwand **30**

erstrecken sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante **38** und einer Hinterkante **40** und in Erstreckungsrichtung zwischen der inneren **24** und der äußeren **26** Plattform. Die Strecke zwischen der Druckseitenwand **28** und der Sogseitenwand **30** reflektiert die Dicke des Strömungsprofils **22**. Die Druckseitenwand **28** und die Sogseitenwand **30** sind gekrümmt oder "gebogen" in Erstreckungsrichtung.

[0024] Die Druckseitenwand **28** und die Sogseitenwand **30** und die Rippe **36** bilden die Wände für die Passagen **32**. In manchen Ausführungsformen bilden auch die Vorderkante **38** und/oder die Hinterkante **40** eine Wand für eine Passage **32**. Alle Passagen **32** erstrecken sich in Erstreckungsrichtung zwischen der inneren **24** und der äußeren Plattform **26** und sind deshalb entlang dem gleichen Krümmungsweg gebogen wie die Druckseitenwand **28** und die Sogseitenwand **30**. Die Passagenkehren **34** verbinden benachbarte Passagen **32** in einer serpentinartigen Weise über die Breite des Strömungsprofils **22** von der Vorderkante **38** zu der Hinterkante **40**. Die der Vorderkante **38** benachbarte Passage **32** weist typischerweise einen Einlass **42** zum Aufnehmen von Kühlluft auf, und die der Hinterkante **40** benachbarte Passage **32** weist typischerweise Öffnungen (nicht gezeigt) zum Abgeben von Kühlluft in den Gasweg auf. Jede Passagenkehre **34** weist eine Endwand **44** auf, die sich in Breitenrichtung zwischen benachbarten Passagen **32** erstreckt. Eine erste spitzwinklige Ecke **41** ist zwischen einer der Seitenwände **28**, **30** und der Endwand **44** in Folge des in Erstreckungsrichtung spitzen Profils des Strömungsprofils **22** gebildet. Eine erste Ausrundung **45** ist in der Ecke **41** angeordnet. Jede Rippe **36** weist eine Endfläche **46** auf, die auch als das "Rippenende" bezeichnet wird und an einer Passagenkehre **34** angeordnet ist. Eine zweite spitzwinklige Ecke **43** ist zwischen einer der Seitenwände **28**, **30** und dem Rippenende **46** in Folge des in Erstreckungsrichtung gekrümmten Profils des Strömungsprofils **22** gebildet. Eine zweite Ausrundung **48** ist in der Ecke **43** angeordnet. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist der exponierte Rand der ersten und der zweiten Ausrundung **45**, **48** im Wesentlichen rechtwinklig zu den Seitenwänden **28**, **30**.

[0025] Es wird auf die **Fig. 6** und **7** Bezug genommen. Jedes Strömungsprofil **22** ist im Investment-Gussverfahren unter Verwendung eines keramischen Kerns **50**, der die Passagen **32** in dem Strömungsprofil **22** repräsentiert, gebildet. Die Geometrie des Kerns **50** reflektiert die Passagenhöhlräume **32**, die man in dem hohlen Strömungsprofil **22** findet. **Fig. 6** zeigt eine Ansicht eines Kerns **50** in der Ebene, die die Breitenrichtung und die Erstreckungsrichtung beinhaltet, die die serpentinartige Natur der Passagen **32** zeigt. **Fig. 7** zeigt eine Ansicht des in **Fig. 6** gezeigten Kerns **50** in der Ebene, welche die Dickenrichtung und die Erstreckungsrichtung enthält, die durch einen Bereich **51** des Kerns **50** geschnitten ist, der eine Passagenkehre **34** bilden wird, um die

Geometrie der Passagenkehre **34** zu illustrieren. Die Oberfläche **52** des Kerns **50**, an der die Endwand **44** der Passagenkehre **34** gebildet werden wird, weist eine Oberfläche **54** auf, an der die erste Ausrundung **45** gebildet wird. Ähnlich weist die Oberfläche **58** von Kern **50**, an der das Rippenende **46** geformt wird, eine Oberfläche **60** auf, an der die zweite Ausrundung **48** gebildet wird.

[0026] Um die vorliegende Erfindung besser zu verstehen, vergleiche man die Endwand **44** einer Passagenkehre **34** und ein Rippenende **46** in einem ungebogenen Strömungsprofil **22** (Fig. 8 bis 10) mit denen eines kräftig gebogenen Strömungsprofils **22** (Fig. 1 bis 3). In dem ungebogenen Strömungsprofil **22** sind die in Erstreckungsrichtung verlaufenden Passagen **32** im Wesentlichen in einer einzigen Ebene, und diese Ebene ist rechtwinklig zu den Trennlinien **64**. Die Endwand **44** und das Rippenende **46** in dem ungebogenen Strömungsprofil **22** sind auch rechtwinklig zu der Ebene, weil die Endwand **44** und das Rippenende **46** parallel zu den Trennlinien **64** sind. Als Folge sind 90°-Winkel zwischen der Endwand **44** und den Seitenwänden **28, 30** und zwischen den Rippenenden **46** und den Seitenwänden **28, 30** gebildet.

[0027] Bei einem gebogenen Strömungsprofil **22** andererseits werden ein Rippenende **46** und eine Endwand **44**, die parallel zu den Trennlinien **64** gehalten sind, relativ zu den Seitenwänden **28, 30** der Passagen **32** schräg sein, weil die Passage **32** einem gekrümmten Weg (d. h. "einer Biegung") folgt. Die schräge Relation zwischen den Seitenwänden **28, 30** und den Endwänden **44** und zwischen den Seitenwänden **28, 30** und den Rippenenden **46** formt spitzwinklige Ecken **41, 43** in den Passagenkehren **34**. Die spitzen Winkel **41, 43** fördern unerwünschte Strömungsanomalitäten in den Ecken, die die Zirkulation in den Ecken verschlechtern, und die verringerte Zirkulation führt zu einer weniger als optimalen Kühlung. Die in den Fig. 3 bis 5 gezeigten unterbrochenen Linien zeigen die genannten spitzwinkligen Ecken **41, 43**.

[0028] Das Leitschauelfsegment **20** und der Kern **50** der vorliegenden Erfindung eliminieren die problematischen spitzwinkligen Ecken in den Passagenkehren **34** und folglich die sich ergebenden "hot spots", indem Ausrundungen **45, 48** in den spitzen Ecken **41, 43** vorgesehen sind. In der bevorzugten Ausführungsform sind die erste **45** und die zweite **48** Ausrundung im Wesentlichen rechtwinklig zu der Druckseitenwand **28** und der Sogseitenwand **30**; d. h. im Wesentlichen rechtwinklig zur Richtung der Strömung **72** durch die Passage **32**. In alternativen Ausführungsformen können die Ausrundungen relativ zu den Seitenwänden ein spitzes Profil haben, wie das in der Fig. 5 gezeigt ist. Man erkennt aus der vorangegangenen Beschreibung, dass die Erfindung ein Strömungsprofil mit internen Kühlpassagen mit optimalen Strömungseigenschaften schafft, die dazu beitragen, das Strömungsprofil gleichförmig zu kühlen, und die leicht hergestellt werden können. Sie liefert

auch einen Kern für ein gebogenes hohlen Strömungsprofil, der Kühlpassagen mit optimalen Strömungseigenschaften produziert, und einen, der leicht hergestellt werden kann.

Patentansprüche

1. Strömungsprofil (**22**), aufweisend:
eine Druckseitenwand (**28**) und eine Sogseitenwand (**30**), die sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante (**38**) und einer Hinterkante (**40**) und in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren (**24**) und einer äußeren (**26**) radialen Oberfläche erstrecken, wobei die Seitenwände in Erstreckungsrichtung gebogen sind;
eine Mehrzahl von sich in Erstreckungsrichtung erstreckenden Passagen (**32**), die zwischen der Druck- und der Sogseitenwand (**28, 30**) angeordnet sind: mindestens eine Passagenkehre (**34**), welche die Passagen (**32**) verbindet, wobei die Passagenkehre (**34**) eine Endwand (**44**) aufweist; wobei die Endwand (**44**) und eine der Seitenwände (**28, 30**) spitz aufeinander zu laufen und wobei sich eine Ausrundung (**45**) zwischen der Seitenwand und der spitz auf diese zulaufenden Endwand (**44**) erstreckt.

2. Strömungsprofil nach Anspruch 1, wobei die Ausrundung (**45**) im Wesentlichen rechtwinklig zu einer der Seitenwände (**28, 30**) ist.

3. Strömungsprofil nach Anspruch 1, wobei die Ausrundung (**45**) spitz ist.

4. Strömungsprofil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner aufweisend:
eine Rippe (**36**), welche die Passagen trennt und ein Rippenende (**46**) hat; wobei das Rippenende (**46**) eine zweite spitze Ecke (**43**) mit einer der Seitenwände (**28, 30**) bildet; eine zweite Ausrundung (**48**), die in der zweiten spitzen Ecke (**43**) angeordnet ist.

5. Strömungsprofil (**22**), aufweisend:
eine Druckseitenwand (**28**) und eine Sogseitenwand (**30**), welche sich in Breitenrichtung zwischen einer Vorderkante (**38**) und einer Hinterkante (**40**) und in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren (**24**) und einer äußeren (**26**) radialen Oberfläche erstrecken, wobei die Seitenwände in Erstreckungsrichtung gebogen sind;
eine Mehrzahl von in Erstreckungsrichtung verlaufenden Passagen (**32**), die zwischen der Druck- und Sogseitenwand (**28, 30**) angeordnet sind; und eine Rippe (**36**), welche die Passagen (**32**) trennt und ein Rippenende (**46**) hat; wobei das Rippenende (**46**) und eine der Seitenwände (**28, 30**) spitz aufeinander zu laufen; und wobei sich eine Ausrundung (**45**) zwischen der Seitenwand und dem spitz darauf zu laufenden Rippenende (**46**) erstreckt.

6. Strömungsprofil nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Rippenausrundung oder die zweite Ausrundung (48) im Wesentlichen rechtwinklig zu einer der Seitenwände (28, 30) ist.

7. Strömungsprofil nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Rippenausrundung oder die zweite Ausrundung (48) spitz ist.

8. Statorleitschaufel (20), aufweisend ein Strömungsprofil (22) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Strömungsprofil (22) und die Mehrzahl von Passagen sich in Erstreckungsrichtung zwischen einer inneren (24) und einer äußeren (26) Plattform erstrecken.

9. Kern (50) zur Verwendung beim Herstellen eines Strömungsprofils gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, aufweisend Oberflächen (52, 58) zum Formen der Passagenkehren-Endwände und/oder der Rippenenden, wobei äußere Enden (54; 60) der Oberflächen derart mit einem Winkel angeordnet sind, dass sie die Eckenaustrundungen (45, 48) erzeugen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



