



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.10.2000 Patentblatt 2000/40

(51) Int Cl.7: **F01D 5/08**

(21) Anmeldenummer: **99106454.4**

(22) Anmeldetag: **29.03.1999**

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

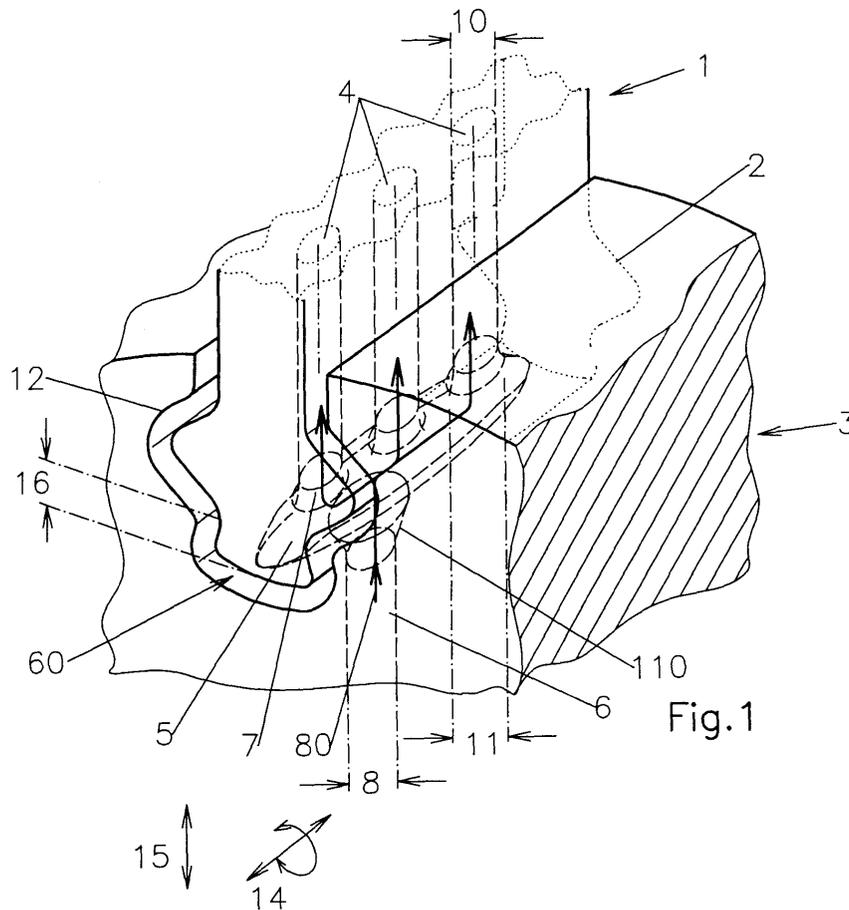
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Tiemann, Peter, Dipl.-Ing.
58452 Witten (DE)**

(54) **Kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel sowie Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung eines Verteilerraums der Gasturbinenschaufel**

(57) Eine kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel (1), mit einem Schaufelfuß (2), der mehrere Versorgungskanäle (4) und einen Verteilerraum (5) aufweist, wobei den Versorgungskanälen (4) Kühlmittel mittels eines Zuleitungskanals (6) der Scheibe (3) zuleitbar ist, der mit den Versorgungskanälen (4)

über den Verteilerraum (5) kommuniziert, wird strömungs- und herstellungsmäßig dadurch optimiert, daß ein gegossener Verteilerraum (5) vorhanden ist, der abgerundete oder abgeflachte Einlaßöffnungen (7) der Versorgungskanäle (4) aufweist und der durch einen einstückigen Gießkern hergestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel, insbesondere Gasturbinenlaufschaufel mit einem Schaufelfuß, der in eine rotierbare Scheibe der Gasturbine eingesetzt ist und der mehrere Versorgungskanäle für ein Innenkühlungssystem und der einen Verteilerraum aufweist, wobei den Versorgungskanälen Kühlmittel mittels eines Zuleitungskanals der Scheibe zuleitbar ist, der mit den Versorgungskanälen über den Verteilerraum kommuniziert. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Gießen einer Gasturbinenschaufel mit einem Gießkern, der Versorgungskanäle formende Kernrippen hat, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer gegossenen Gasturbinenschaufel.

[0002] Aus der US-PS 4,344,738 ist eine Gasturbinenschaufel bekannt, die mit einem Schaufelfuß in eine Scheibenquernut einer rotierbaren Scheibe der Gasturbine eingesetzt ist, wobei die Scheibe einen Zuleitungskanal zur Versorgung der Gasturbine mit Kühlmittel aufweist. Der Zuleitungskanal mündet unterhalb des Schaufelfußes in der für die Aufnahme des Schaufelfußes bestimmten Scheibenquernut. Vom Schaufelfuß gehen Versorgungskanäle ab, durch die das Kühlmittel in das Innenkühlungssystem geleitet wird. Die Versorgungskanäle weisen überwiegend kantenbehaltete Eingangsöffnungen auf.

[0003] Die US-PS 4,992,026 offenbart eine kühlmitteldurchströmte Gasturbinenschaufel mit einem Innenkühlungssystem, wobei das Kühlmittel durch Zuleitungskanäle in den Schaufelfuß eingeleitet und durch Versorgungskanäle in das Innenkühlungssystem eingeleitet. Die Versorgungskanäle weisen an ihren Übergängen vom Schaufelfuß rechtwinklig angesetzte Kanten auf.

[0004] Die Innenkühlung der Gasturbinenschaufel soll eine durch hohe Betriebstemperaturen entstehende, starke Aufheizung des Schaufelmaterials verhindern, die zu schwerwiegenden Schädigungen führen kann. Hierzu ist es notwendig, daß das Kühlmedium insbesondere die weit von seinem Einströmbereich entfernten Teile der Gasturbinenschaufeln, die den größten Belastungen ausgesetzt sind, problemlos erreicht. In der Nähe der Eingänge der Versorgungskanäle, die nahezu keinen Kühlungsbedarf besitzen, entstehen jedoch bei einem stark kantenbehalteten Aufbau der Eingänge der zum Innenkühlungssystem führenden Versorgungskanäle, wie er in beispielsweise in US-PS 4,344,738 oder US-PS 4,992,026 offenbart ist, Totzonen und die Strömungen weichen stark vom idealen laminaren Verlauf ab. Dies bedingt beispielsweise erhöhte Gefahr der Bildung von Ablagerungen und insbesondere einen großen Strömungswiderstand. Das Kühlmedium kann nur mit einem erhöhten Druck durch die Versorgungsleitungen gepreßt werden, was häufig nicht in ausreichendem Maße möglich ist.

[0005] Eine weitere Möglichkeit der Ausbildung des

Versorgungskanalbereichs im unteren Schaufelfuß besteht darin, einen sogenannten Verteilerraum vorzusehen, von dem die Versorgungskanäle für das Innenkühlungssystem ausgehen und der von dem Zuleitungskanal der Scheibe mit Kühlmittel versorgt wird. Der Verteilerraum soll im wesentlichen einer zuverlässigen und gleichmäßigen Verteilung des Kühlmittels auf die Versorgungskanäle dienen, wobei lediglich geringe Verluste des Kühlmittels auftreten dürfen. Dieser Verteilerraum ist nach dem üblichen Gußvorgang im allgemeinen rechtwinklig ausgebildet und weist insbesondere rechtwinklige Übergänge der Versorgungskanäle zum Verteilerraum auf. Durch den kantenbehalteten Aufbau der Eingänge der Versorgungskanäle entstehen starke Strömungswirbel, die prinzipiell eine gute Kühlung der umströmten Bereiche gewährleisten. Da sich der Verteilerraum jedoch im Schaufelfuß befindet, ist er keiner starken Hitzebelastung unterworfen und weist somit nur einen geringen Kühlbedarf auf.

[0006] Dieser Zustand kann dadurch verbessert werden, daß die Eingänge der Versorgungskanäle im Verteilerraum nach dem Gußvorgang mechanisch nachbearbeitet werden. Dies muß jedoch wegen der Geometrie des Schaufelfußes und der Eigenschaften des Schaufelmaterials überwiegend in Handarbeit erfolgen und ist deswegen sehr arbeitsintensiv. Darüberhinaus ist bei dieser Vorgehensweise nicht sichergestellt, daß alle Versorgungskanäle einer Gasturbinenschaufel die gewünschte Form bzw. alle Gasturbinenschaufeln einer Art den gleichen Strömungswiderstand aufweisen, was für eine den hohen Qualitätsanforderungen genügende Vorausberechnung der Strömungseigenschaften und einer optimalen Ausnutzung des Kühlmediums jedoch notwendig wäre.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel, insbesondere Gasturbinenlaufschaufel anzugeben, die strömungsmäßig optimierte Übergänge vom Verteilerraum zu den Versorgungskanälen aufweist, das heißt, geringe Strömungswiderstände an den Auslaßöffnungen des Verteilerraumes. Verteilerraum und Innenkühlungssystem sollen in einem einzigen Herstellungsvorgang, dem Gußvorgang, herstellbar sein. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen kühlmitteldurchströmten, gegossenen Gasturbinenschaufel mit einem entsprechenden Verteilerraum anzugeben.

[0008] Die auf eine kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel gerichtete Aufgabe wird dadurch gelöst, daß ein gegossener Verteilerraum vorhanden ist, der abgerundete oder abgeflachte Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle aufweist.

[0009] Durch die abgerundeten oder abgeflachten Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle, die an den Verteilerraum angrenzen, ist es gewährleistet, daß der Strömungswiderstand des Kühlmediums insbesondere im Übergangsbereich vom Verteilerraum zu den Versorgungskanälen minimiert ist. Die Strömung des Kühlme-

diums bleibt überwiegend laminar. Das Kühlmittel kann somit - bei entsprechend kantenfreier Übergangs lösung vom Zuleitungskanal zum Verteilerraum - annähernd ungehindert in den Verteilerraum hinein- und durch die Versorgungskanäle aus ihm herausströmen und erreicht das Innenkühlungssystem auf diese Weise schnell und mit geringen Verlusten, was insbesondere für die heißen und kühlmittelintensiven Bereichen der Gasturbinenschaufel, beispielsweise dem Anstreifenbereich, zu einer stark verlängerten Standdauer führt. Das zugeführte Kühlmittel wird besser ausgenutzt.

[0010] Das durch den Zuleitungskanal der Scheibe zugeführte Medium muß nicht mehr um zwei 90°-Winkel herum in das Innenkühlungssystem hineingeführt werden, sondern wird in einer fließenden, kontinuierlichen Strömungsbewegung direkt zum Innenkühlungssystem geleitet. Es entstehen bei der Umströmung mit Kühlmedium keine Kavitäten, in denen das Kühlmedium wie in Totzonen steht. Das zugeführte Kühlmedium wird aufgrund der Abrundungen beziehungsweise Abflachungen der Einlaßöffnungen nur sehr wenig verwirbelt.

[0011] Die Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle schließen sich direkt an den Verteilerraum an und sind in einem Herstellungsvorgang mit ihm erzeugt. Die Abrundungen beziehungsweise Abflachungen sind durch den Gießvorgang reproduzierbar ausgestaltet. Auf diese Weise kann eine Serie von Gasturbinenschaufeln dieselben, vorbestimmten Größen bzw. Dimensionen für die Einlaßöffnungen und den Verteilerraum erhalten. Dadurch wird die Grundlage für eine zuverlässige Vorausbestimmung des Kühlmittelbedarfs beziehungsweise der Kühlmittelfunktion geliefert. Dies ist insbesondere wichtig, um sicherzustellen, daß auch entlegene Teile der Gasturbinenlaufschauflern zuverlässig gekühlt werden und somit der Verschleiß durch Überhitzung minimiert wird.

[0012] Durch die vorliegende Erfindung wird das Kühlmittel bereits bei einem geringen Druck aufgrund des geringen Strömungswiderstandes durch den Verteilerraum hindurch in die Versorgungskanäle eingebracht und entweicht somit nur in geringem Maße durch den Zwischenraum zwischen Schaufelfuß und rotierender Scheibe der Gasturbine. Hierdurch werden die Verluste des Kühlmittels minimiert und das Kühlmittel optimal ausgenutzt.

[0013] Dadurch, daß der Verteilerraum ellipsoidartig abgerundet ausgebildet ist, kann die Kühlluft besonders vorteilhaft den Versorgungskanälen zugeleitet werden. Der Verteilerraum ist dabei vorzugsweise in Form eines Halbellipsoids ausgestaltet. Seine Basisfläche entspricht zugleich dem größten Querschnitt des Ellipsoids und ist bei in eine Scheibennut eingesetzter Gasturbinenschaufel durch die Scheibe begrenzt. Die Seitenflächen des Halbellipsoids und auch die Übergänge zwischen den Seitenflächen sind abgerundet ausgebildet. Diese einfache Geometrie ist leicht herzustellen und verhindert zuverlässig die Bildung von Totzonen, in de-

nen das eingeleitete Kühlmittel steht. Aufgrund der fehlenden Kanten entstehen lediglich geringe Verwirbelungen an den Wänden des Verteilerraums, die zu vernachlässigbaren Strömungsverlusten führen. Durch die ellipsoidartige Form ist es möglich, den Kühlmittelzufluß zu den an verschiedene Bereiche des Ellipsoids angrenzenden Versorgungskanälen gezielt zu steuern.

[0014] Eine weitere Optimierung der Kühlmittelströmung wird dadurch erreicht, daß die abgerundeten oder abgeflachten Einlaßöffnungen strömungsmäßig optimiert aneinanderstoßen oder einander benachbart sind. Strömungsmäßig optimiert bedeutet, daß die durch die relative Lage zweier Einlaßöffnungen bzw. des Verteilerraums und einer Einlaßöffnung zueinander bedingten, notwendigen Strömungsumlenkungen mit möglichst geringen Strömungsverwirbelungen stattfinden. Dies geschieht insbesondere dadurch, daß die Kanten, die durch das Aufeinandertreffen der jeweiligen Abrundungen der Einlaßöffnungen entstehen, wiederum abgerundet werden. Die Optimierung der Strömungswirbel verhindernden Form ist durch den Einsatz des abgerundeten, einteiligen Gußkerns individuell auf die Anforderungen, die an eine bestimmte Gasturbinenart gestellt werden, abstimmbare und ohne Nachbearbeitung im Gußvorgang herzustellen.

[0015] Eine vorbestimmte Kühlmittelzufuhr kann dadurch leicht eingestellt werden, daß der Querschnitt des Zuleitungskanals und die lokalen Änderungen der Querschnitte des Verteilerraums auf die Querschnitte der strömungsmäßig nachgeordneten Einlaßöffnungen abgestimmt sind. Die Querschnittsänderungen des Verteilerraums entsprechen beispielsweise in Höhe und Breite der Form eines Halbellipsoids. Die Übergänge zwischen den Einlaßöffnungen beziehungsweise um die Einlaßöffnungen herum werden als Übergangsquerschnitte bezeichnet. Durch die Abrundungen beziehungsweise Abflachungen der Einlaßöffnungen entsteht direkt am Verteilerraum ein größerer Einlaßöffnungsquerschnitt, der sich dann beim Übergang zum Versorgungskanal hin verringert. Der Zuleitungskanal weist einen im wesentlichen konstanten Querschnitt auf, es kann jedoch auch eine Abrundung beziehungsweise eine Abflachung eines Zuleitungskanals zur Verbesserung der Strömungseigenschaften vorhanden sein, wodurch sich der Querschnitt zum Verteilerraum hin vergrößert. Die beschriebenen Querschnitte werden aufeinander abgestimmt, d.h. es werden vorbestimmte Querschnittsverhältnisse zur Abstimmung der Kühlmittelzufuhr berücksichtigt. Dies ist notwendig, wenn beispielsweise ein erhöhter Kühlmittelbedarf aufgrund einer hohen Betriebstemperatur beziehungsweise spezieller Ausbildungen des Innenkühlungssystems in einer Gasturbinenschaufel besteht, die hohe Drücke des Kühlmittels benötigen beziehungsweise eine hohe Lekkagerate aufweisen.

[0016] Bei unterschiedlichem Bedarf an Kühlmittel an verschiedenen Stellen des Innenkühlungssystems ist es vorteilhaft, daß mehrere Versorgungskanäle mit un-

terschiedlichen Querschnitten und jeweils daran angepaßte Übergangsquerschnitte der Einlaßöffnungen vorhanden sind. Auf diese Weise kann das Kühlmittel individuell auf die Kühlmittelbedürfnisse der verschiedenen Bereiche der Gasturbinenschaufel abgestimmt werden. Hierdurch wird der Kühlmittelverbrauch auf das notwendige Maß reduziert. Die Herstellung der unterschiedlich großen Versorgungskanäle beziehungsweise unterschiedlich großen Querschnitte ist in einem Herstellungsvorgang beim Gießen möglich. Hierzu muß lediglich der Durchmesser der Kernrippe angepaßt werden.

[0017] Um einen großen, strömungswirbelverminderten Verteilerraum zu erhalten, ist es vorteilhaft, daß die unterste Längsrippe des Schaufelfußes, die der Rotationsachse der Gasturbine nächste, entlang einer Hauptachse der Gasturbinenschaufel verlängert ist. Mit seinen Längsrippen wird der Schaufelfuß an Hinterschneidungen der Scheibennut gehalten, in die er eingesetzt ist. In der untersten Längsrippe ist der Verteilerraum für das Kühlmedium untergebracht. Um einen möglichst großen Verteilerraum und damit geringe Verwirbelungen des Kühlmittels zu erhalten, wird der Schaufelfuß erfindungsgemäß im Bereich der untersten Längsrippe verlängert. Diese Verlängerung erfolgt entlang der Hauptachse der Gasturbinenschaufel, das heißt bei eingesetzter Gasturbinenschaufel senkrecht zum Umfang der Scheibe. Durch die verlängerte Ausbildung der unteren Längsrippe ist die Stabilität der Haltevorrichtung im Schaufelfuß weiterhin gewährleistet und die Verlängerung läßt sich im Herstellungsvorgang der Gasturbinenschaufel leicht bewerkstelligen, indem der Kernfuß des Gießkernes verdickt ausgebildet wird.

[0018] Für die Herstellung der Gasturbinenschaufel, insbesondere der nachträglichen Bearbeitung des Schaufelfußes und für die Gewährleistung einer ausreichenden Stabilität ist es vorteilhaft, daß die Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle auf der Höhe der Übergangsflanke zwischen der untersten Längsrippe und der darüberliegenden Längsrippe liegen. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß der Bereich des Verteilerraums lediglich von der untersten Längsrippe umfaßt wird. Zwischen zwei Längsrippen liegt jeweils eine Übergangsflanke, deren Steigung gewährleistet, daß ein sicherer Halt des Schaufelfußes der Gasturbinenschaufel in der Hinterschneidung der Scheibe gegeben ist. Die vorgeschlagene Anordnung der Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle stellt sicher, daß eine nachträgliche Bearbeitung des Schaufelfußes nach dem Gußvorgang in einem definierten Bereich stattfinden kann, ohne daß die Schaufel beschädigt wird, wobei der Bereich des Verteilerraums sich jeweils innerhalb der untersten Längsrippe befindet. Die Ausdehnung der Längsrippe ist damit nahezu beliebig einstellbar.

[0019] Die auf eine Gießvorrichtung zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel mit einem Verteilerraum gerichtete Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Gießen einer Gasturbinenschaufel mit einem Gießkern, der Versorgungskanäle formende Kernrippen hat, gelöst,

wobei der Gießkern einen den Verteilerraum bildenden Kernfuß hat, mit dem die Kernrippen einstückig ausgebildet sind und ein fließender Übergang vom Kernfuß zu den Kernrippen vorhanden ist.

[0020] Die Gießvorrichtung weist neben einem äußeren Mantel einen inneren Gießkern auf. Der Gießkern wird beim Guß der Gasturbinenschaufel eingesetzt, um einen vorbestimmten, inneren Bereich der Gasturbinenschaufel von Gießmaterial frei zu halten. Dieser freigehaltene Bereich umfaßt das Innenkühlungssystem, die Versorgungskanäle und den Verteilerraum. Die Versorgungskanäle werden durch längliche Ansätze des Gießkerns freigehalten, die sogenannten Kernrippen. Der Verteilerraum wird durch einen gegenüber den Kernrippen verbreiterten und eine gewisse Dicke und Höhe aufweisenden Bereich gebildet, den sogenannten Kernfuß. Der Kernfuß ist mit den Kernrippen einstückig ausgebildet. Die einstückige Ausbildung der beiden Teile des Gießkerns ermöglicht eine abgerundete Ausbildung des Überganges zwischen den Versorgungskanälen und dem Verteilerraum.

[0021] Die abgerundete Ausbildung des Überganges zwischen den Versorgungskanälen und dem Verteilerraum erfolgt immer in derselben Weise nach Vorgabe durch die Form des Gießkerns. Dies ermöglicht eine exakte Einhaltung vorbestimmter Maße. Es möglich, gewünschte Maße des Innenkühlungssystems der Gasturbinenschaufel so sicherzustellen, daß sie reproduzierbar für eine ganze Serie von Gasturbinenschaufeln eingestellt werden können. Dies liefert eine Grundlage für eine kostengünstige und zuverlässige Herstellung von innengekühlten Gasturbinenschaufeln.

[0022] Dadurch, daß der Gießkern einstückig ausgebildet ist, ist er gegen die Verformungskräfte, die durch das Erstarren der Schmelze auftreten, sehr stabil.

[0023] Der Übergang des Kernfußes zu den Kernrippen ist jeweils so ausgestaltet, daß er fließend erfolgt, indem sich der Querschnitt von den Kernrippen zum Kernfuß hin vorzugsweise kontinuierlich vergrößert. Nach dem Gußvorgang ist aufgrund des fließenden Übergangs der Kernrippen in den Kernfuß keine Nachbearbeitung der Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle zur Sicherstellung eines geringen Strömungswiderstands nötig. Demgemäß entfällt ein Arbeitsschritt bei der Herstellung der Gasturbinenschaufel.

[0024] Vorteilhaft ist es, wenn die Kernrippen mit sich vergrößerndem Querschnitt in den Kernfuß übergehen, der eine Dicke aufweist, die größer ist, als die Dicke der Kernrippen. Auf diese Weise ist eine noch weitergehende Reduzierung des Strömungswiderstandes des Kühlmittelstroms möglich.

[0025] Eine weitere Verbesserung der Strömungseigenschaften des Übergangs vom Verteilerraum in die Versorgungskanäle wird dadurch geliefert, daß die abgerundeten Kernrippen in eine gekrümmte Fläche auslaufen, die in dem Kernfuß endet. Diese Fläche bildet eine den eigentlichen Eingängen der Versorgungskanäle vorgestellte Verengung, die eine kontinuierliche und

verwirbelungsarme Umleitung des Kühlmittelstroms in die Versorgungskanäle unterstützt. Darüber hinaus ist ein derartiger Gießkern einfacher herzustellen und auch hinsichtlich seiner Strömungseigenschaften besser zu berechnen.

[0026] Die auf ein Verfahren zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel unter Verwendung einer beschriebenen Vorrichtung zum Gießen gerichtete Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Verteilerraum und die Versorgungskanäle durch Verwendung des einstückigen Gießkerns gegossen werden.

[0027] Der Gießvorgang ist durch die Verwendung des einstückigen Gießkerns maßgenauer und zugleich weniger zeitaufwendig, da die einzelnen Teile des Gießkerns gemeinsam eingerichtet werden können. Der Verteilerraum muß bei diesem Verfahren nicht mehr nachträglich mechanisch eingearbeitet werden. Diese aufwendige, im wesentlichen per Hand durchzuführende Maßnahme, stellt einen zeit- und kostenaufwendigen Schritt in der Herstellung einer Gasturbinenschaufel mit Verteilerraum dar. Dieser Vorgang wird durch die vorgeschlagene Verwendung des einstückigen Gießkerns nunmehr überflüssig. Darüber hinaus sind die Maße und damit der Kühlmitteldurchfluß durch die Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle und den Verteilerraum reproduzierbar einstellbar.

[0028] Sind dennoch noch weitere Veränderungen an dem Verteilerraum beziehungsweise den Einlaßöffnungen der Versorgungskanäle notwendig beziehungsweise gewünscht, kann der Verteilerraum ergänzend mechanisch nachbearbeitet werden. Dies ist gegenüber der übliche mechanischen Bearbeitung dadurch vereinfacht, daß bereits durch den Gießvorgang der größte Teil des herauszuarbeitenden Materials fehlt. Es sind also lediglich kleinere Korrekturen durchzuführen, die einen geringeren Herstellungsaufwand erfordern.

[0029] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele werden die Gasturbinenschaufel, die Vorrichtung und das Verfahren zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel mit einem gegossenen Verteilerraum näher erläutert. Es zeigen:

- Fig.1 einen Ausschnitt der Scheibe und des Schaufelfußes in perspektivischer Seitenansicht,
 Fig.2 eine perspektivische Aufsicht auf den Schaufelfuß und den Verteilerraum von unten,
 Fig.3 eine Aufsicht auf den Verteilerraum, die Einlaßöffnungen und die Versorgungskanäle von unten,
 Fig.4a einen Längsschnitt durch einen Zuleitungskanal der Scheibe, den Verteilerraum und die Versorgungskanäle des Schaufelfußes der Fig.3,
 Fig.4b einen Querschnitt durch den Verteilerraum der Fig.3,
 Fig.5 eine perspektivische Seitenansicht des unteren Teils des Gießkerns und
 Fig.6 einen Querschnitt durch eine Kernrippe und

den Kernfuß der Fig.5.

[0030] In Fig.1 ist schematisch und nicht maßstäblich ein prinzipieller Aufbau des Fußbereiches einer Gasturbinenschaufel 1, eingesetzt in eine Scheibe 3 einer Gasturbine dargestellt. Die Scheibe 3 ist um die Rotationsachse 14 der Gasturbine rotierbar. Die Gasturbinenschaufel 1 ist mit Ihrem Schaufelfuß 2, der zwei Längsrippen 13,13' aufweist, in einer Scheibenquernut 60 der Scheibe 3 gehalten. Der Schaufelfuß 2 stützt sich an Hinterschneidungen 12 der Scheibe 3 mit seinen Längsrippen 13,13' entgegen den parallel zur Längsrichtung 15 der Gasturbinenschaufel 1 wirkenden Fliehkräfte bei um die Rotationsachse 14 rotierender Scheibe 3 ab.

[0031] Die Scheibe 3 weist einen Zuleitungskanal 6 und der Schaufelfuß 2 mehrere Versorgungskanäle 4 auf, die durch einen Verteilerraum 5 miteinander in strömungsmäßiger Verbindung stehen. Durch dieses Leitungssystem kann Kühlmittel 80 von der Scheibe 3 in das Innenkühlungssystem der Gasturbinenschaufel 1 geleitet werden. Das Kühlmittel 80 ist vorzugsweise Kühlluft. Der Verteilerraum 5 weist abgerundete oder abgeflachte Einlaßöffnungen 7 der Versorgungskanäle 4 auf. Auf diese Weise wird das hindurchgeleitete Kühlmittel 80 durch den Verteilerraum 5 und in die Versorgungskanäle 4 zum Innenkühlungssystem mit minimalen Strömungsverlusten geleitet.

[0032] Der Verteilerraum 5 ist an seiner Basisseite 70 zum Zuleitungskanal 6 hin geöffnet. An dieser Basisseite 70 entstehen also nahezu keine Strömungsverluste. Der Verteilerraum 5 ist ellipsoidartig abgerundet. Er weist in seiner Querschnittsform parallel zu seiner Basisseite 70 eine Form einer sich verkleinernden Ellipse auf. In der dazu senkrechten Querschnittsfläche 9, dargestellt in Fig. 4b, weist er die Querschnittsform einer halben Ellipse mit sich kontinuierlich veränderndem Querschnitt auf. Diese Halbellipsenform wird durch die abgerundeten Einlaßöffnungen 7 der Versorgungskanäle 4 unterbrochen. Die Übergänge zwischen den Einlaßöffnungen 7 der Versorgungskanäle 4 und der halben Ellipse des Verteilerraums 5 sind abgerundet ausgestaltet, so daß sie keinen nennenswerten Strömungswiderstand bilden. Dabei können die Einlaßöffnungen 7 sowohl direkt nebeneinander liegen, also aneinander stoßen oder einander benachbart sein.

[0033] Die Bereiche zwischen den Einlaßöffnungen 7 der Versorgungskanäle 4 sind strömungsmäßig optimiert abgerundet, d.h. es liegen keinerlei Kanten vor. Dies gilt auch für die Querschnitte 8 des Zuleitungskanals 6 in der Scheibe 3 der Gasturbine. Der Querschnitt 8 des Zuleitungskanals 6 ist vorzugsweise auf die lokalen Änderungen der Querschnitte 9 des Verteilerraums 5 senkrecht zu seiner Basisebene 70 abgestimmt, ebenso wie mit den Querschnitten 10 der strömungsmäßig nachgeordneten Einlaßöffnungen 7. Auf diese Weise kann ein zur Kühlung der entferntesten Bereiche der Gasturbinenschaufel 1 notwendiger Kühlmittelstrom 80 sicher eingestellt werden. Die Versorgungskanäle

näle 4 grenzen mit unterschiedlichen Querschnitten 10 und jeweils daran angepaßten Übergangsquerschnitten 11, die in den Verteilerraum 5 übergehen, an den Verteilerraum 5 an. Auf diese Weise kann ein unterschiedlich starker Kühlmittelstrom 80, der jeweils von dem Querschnitt 10 des Versorgungskanals 4 abhängt, in einen vorbestimmten Bereich des Innenkühlungssystems eingeleitet werden. Dies ermöglicht eine individuelle Anpassung der Kühlung.

[0034] Die Gasturbinenschaufel 1, die in Fig.1 dargestellt ist, wird in einem einzigen Gießvorgang hergestellt, wobei der Verteilerraum 5 durch einen Gießkern 18 mit den Kernrippen 19, die die Versorgungskanäle 4 von Gußmaterial frei halten, gebildet wird. Der Verteilerraum 5 weist eine Höhe 90 auf, die mit der Höhe 16 des Abstandes des unteren Teils der unteren Längsrippe 13 zum Übergang in die nachfolgende Längsrippe 13' des Schaufelfußes 2 annähernd übereinstimmt. Um einen großen, möglichst strömungswiderstandsarmen Verteilerraum 5 zu erhalten, ist es dementsprechend vorteilhaft, wenn die untere Längsrippe 13 entlang einer Hauptachse 15 der Gasturbinenschaufel 1 verlängert ist. Bei einem derartig vergrößerten Verteilerraum 5, ist nur ein geringer Anteil Verwirbelungen der Kühlmittelströmung 80 innerhalb des Verteilerraums 5 und beim Übergang in die Einlaßöffnungen 7 festzustellen.

[0035] Fig.2 zeigt eine Aufsicht auf die Basisseite 70 des Schaufelfußes 2 in perspektivischer Ansicht. Von dem Verteilerraum 5 gehen abgerundete beziehungsweise abgeflachte Einlaßöffnungen 7 der Versorgungskanäle 4 ab. Die Längsrippen 13,13' sind mit Hinter-schneidungen 12 ausgebildet.

[0036] Fig.3 zeigt eine direkte Aufsicht auf die untere Seite des Schaufelfußes 2. Die Versorgungskanäle 4 besitzen eine ovale beziehungsweise elliptische Form, die besonders strömungsgünstig ist. Dementsprechend elliptisch sind auch die Einlaßöffnungen 7 angepaßt, wobei sich der Querschnitt der elliptischen Einlaßöffnungen 7 vom Verteilerraum 5 aus hin zu den Versorgungskanälen 4 kontinuierlich verringert.

[0037] Fig.4a zeigt einen Längsschnitt durch Schaufelfuß 2 und Scheibe 3. Die Kühlmittelströmung 80 verläuft vom Zuleitungskanal 6 mit Durchmesser 8 in den Verteilerraum 5 und durch die Einlaßöffnungen 7 in die Versorgungskanäle 4. Durch die abgerundeten Einlaßöffnungen 7 und den abgerundeten Verteilerraum 5 ebenso wie die abgerundete Öffnung 110 des Zuleitungskanals 6 wird der Kühlmittelfluß 80 ungehindert in das Innenkühlungssystem der Gasturbinenschaufel 1 hineingeleitet. Der Verteilerraum 5 weist eine maximale Höhe 90 auf.

[0038] Fig.4b zeigt einen Querschnitt durch die Ansicht von Fig.3. Dargestellt ist der Schaufelfuß 2 der Gasturbinenschaufel, der durch den Verteilerraum 5 geschnitten ist. Der Verteilerraum besitzt einen ellipsenförmigen Querschnitt mit der Querschnittfläche 9.

[0039] Fig.5 zeigt einen Gießkern 18, der den wesentlichen Bestandteil der Vorrichtung zum Gießen einer

Gasturbinenschaufel 1 darstellt. Der Gießkern 18 weist Kernrippen 19 und einen Kernfuß 20 auf. Die Kernrippen 19 mit der Dicke 21 formen die Versorgungskanäle 4 der Gasturbinenschaufel 1 beim Guß. Der Kernfuß 20 und die Kernrippen 19 sind einstückig ausgebildet und die Kernrippe 19 gehen mit einem sich vergrößernden Querschnitt 21 in den Kernfuß 20 über. Dieser Übergang erfolgt in einem stetig sich vergrößernden Querschnitt 21, so daß keine sprunghaften Änderungen der Dicke auftreten. Die Kernrippen 19 sind abgerundet und laufen vorzugsweise in eine verkrümmte Fläche 24 aus, die in dem Kernfuß 20 endet. Auf diese Weise ist der Verteilerraum 5 nach dem Guß besonders strömungsgünstig geformt. Fig.6 zeigt in einem Längsschnitt durch den Kernfuß 20 und eine Kernrippe 19 den kontinuierlichen Übergang der Dicke 23 der Kernrippe 19 in die Dicke 22 des Kernfußes 20.

[0040] Ein oben beschriebener Gießkern 18 wird bei der Herstellung der oben beschriebenen Gasturbinenschaufel 1 verwendet. Er ermöglicht eine einfache Herstellung sowohl eines großen Verteilerraums 5 als auch eines kontinuierlichen Überganges vom Verteilerraum 5 zu den Versorgungskanälen 4 der Gasturbinenschaufel, ohne daß eine Nachbearbeitung der Gasturbinenschaufel 1 in diesem Bereich notwendig wäre. Allerdings ist es ohne weiteres möglich, eine derartig gegossene Gasturbinenschaufel 1 in ihrem Verteilerraum 5 mechanisch nachzubearbeiten, zum Beispiel um die Gasturbinenschaufel 1 an veränderte Anforderungen nachträglich noch anzupassen oder denselben Gießkern 18 für verschiedene Modelle zu verwenden. Durch den Kernfuß 20 wird dabei schon ein wesentlicher Teil des herauszuarbeitenden Materials frei gehalten. Die nachträgliche mechanische Bearbeitung ist damit lediglich eine Korrektur, die schnell und kostengünstig durchzuführen ist.

Patentansprüche

1. Kühlmitteldurchströmte, gegossene Gasturbinenschaufel (1), insbesondere Gasturbinenlaufschaufel mit einem Schaufelfuß (2), der in eine rotierbare Scheibe (3) der Gasturbine eingesetzt ist und der mehrere Versorgungskanäle (4) eines Innenkühlungssystems und einen Verteilerraum (5) aufweist, wobei den Versorgungskanälen (4) Kühlmittel mittels eines Zuleitungskanals (6) der Scheibe (3) zuleitbar ist, der mit den Versorgungskanälen (4) über den Verteilerraum (5) kommuniziert, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein gegossener Verteilerraum (5) vorhanden ist, der abgerundete oder abgeflachte Einlaßöffnungen (7) der Versorgungskanäle (4) aufweist.
2. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verteilerraum (5) ellipsoidartig abgerundet ist.

3. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abgerundeten oder abgeflachten Einlaßöffnungen (7) strömungsmäßig optimiert aneinander stoßen oder einander benachbart sind. 5
4. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt (8) des Zuleitungskanals (6) und die lokalen Änderungen der Querschnitte (9) des Verteilerraums (5) auf die Querschnitte (10) der strömungsmäßig nachgeordneten Einlaßöffnungen (7) abgestimmt sind. 10
5. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Versorgungskanäle (4) mit unterschiedlichen Querschnitten (10) und jeweils daran angepaßte Übergangsquerschnitte (11) der Einlaßöffnungen (7) vorhanden sind. 15 20
6. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schaufelfuß (2) in Hinterschneidungen (12) der Scheibe (3) eingreifende Längsrippen (13, 13') hat, von denen die unterste (13), der Rotationsachse (14) der Gasturbine nächste, entlang einer Hauptachse (15) der Gasturbinenschaufel (1) verlängert ist. 25 30
7. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einlaßöffnungen (7) der Versorgungskanäle (4) auf der Höhe (16) der Übergangsflanke (17) zwischen der untersten Längsrippe (13) und der darüberliegenden Längsrippe (13') liegen. 35
8. Vorrichtung zum Gießen einer Gasturbinenschaufel (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, mit einem Gießkern (18), der Versorgungskanäle (4) formende Kernrippen (19) hat, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gießkern (18) einen den Verteilerraum (5) formenden Kernfuß (20) hat, mit dem die Kernrippen (19) einstückig ausgebildet sind, und ein fließender Übergang vom Kernfuß (20) zu den Kernrippen (19) vorhanden ist. 40 45
9. Vorrichtung zum Gießen einer Gasturbinenschaufel (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kernrippen (19) mit sich vergrößerndem Querschnitt (21) in den Kernfuß (20) übergehen, der eine Dicke (22) aufweist, die größer ist, als die Dicke (23) der Kernrippen (19). 50 55
10. Vorrichtung zum Gießen einer Gasturbinenschaufel (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abgerundeten Kernrippen (19) in eine gekrümmte Fläche (24) auslaufen, die in dem Kernfuß (20) endet.
11. Verfahren zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verteilerraum (5) und die Versorgungskanäle (4) unter Verwendung des Gießkerns (18) gegossen werden.

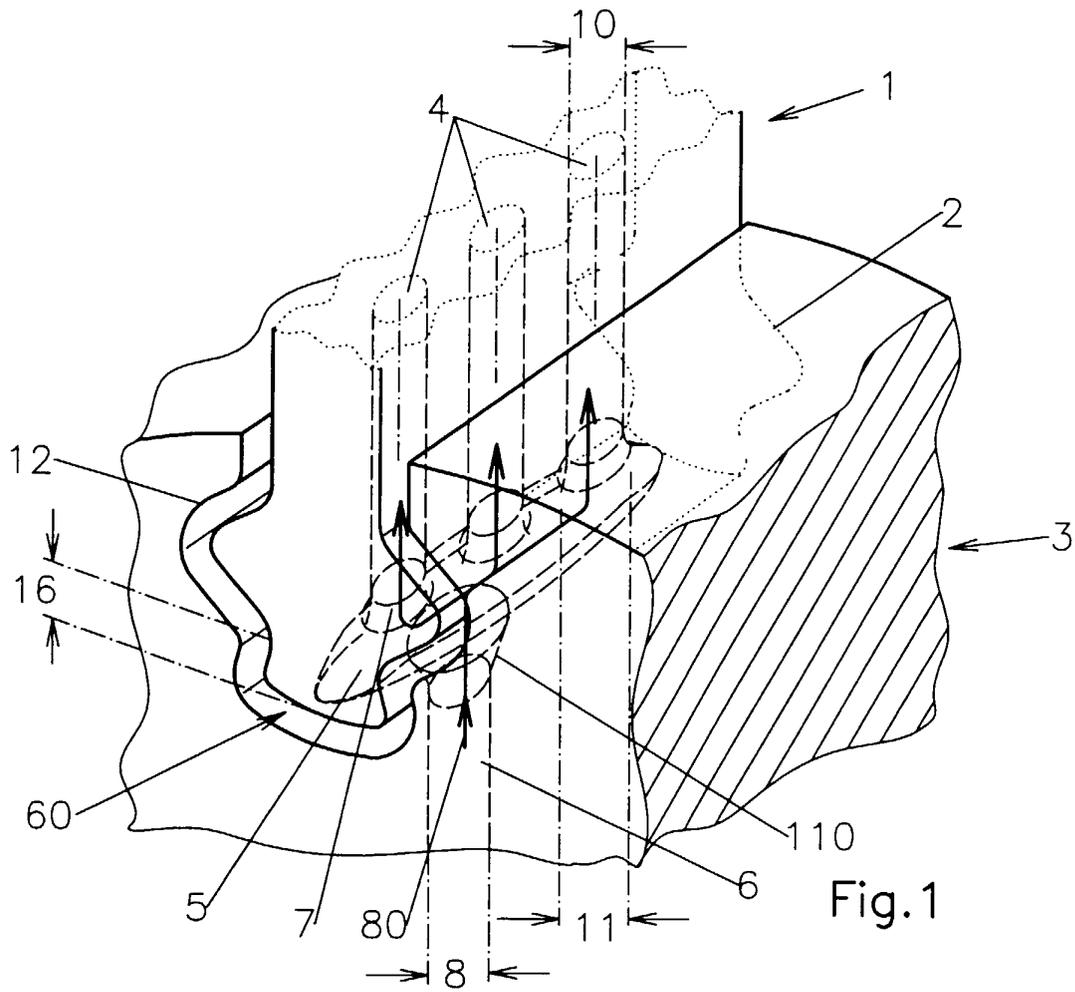


Fig.1

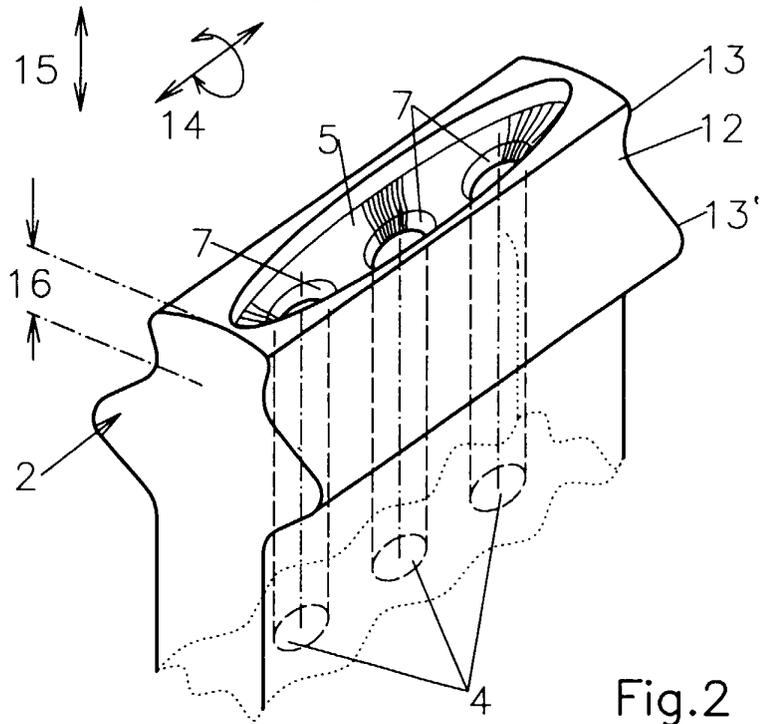
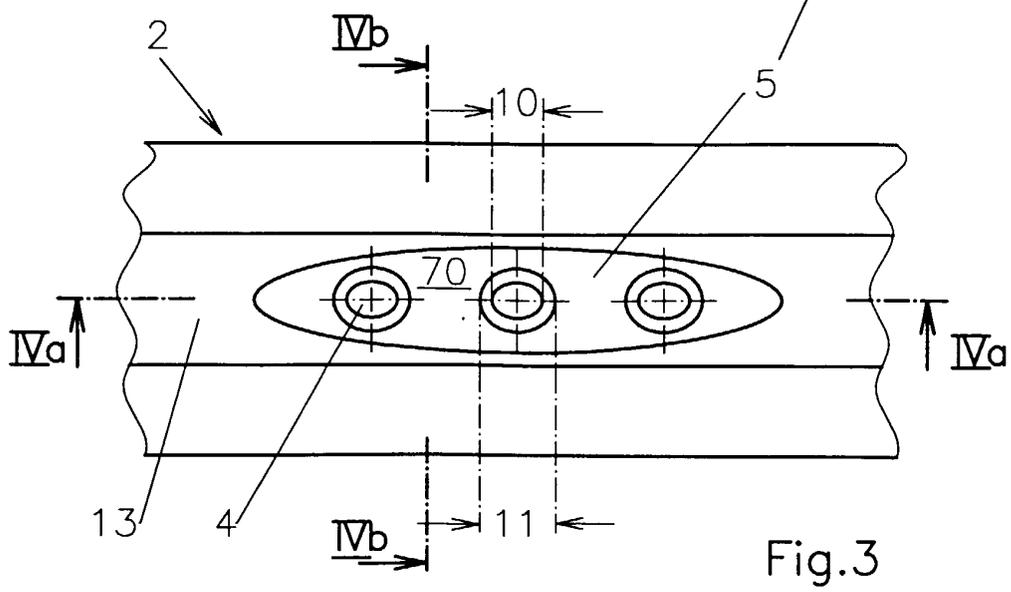
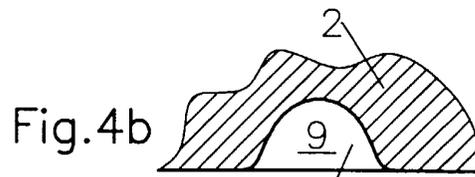
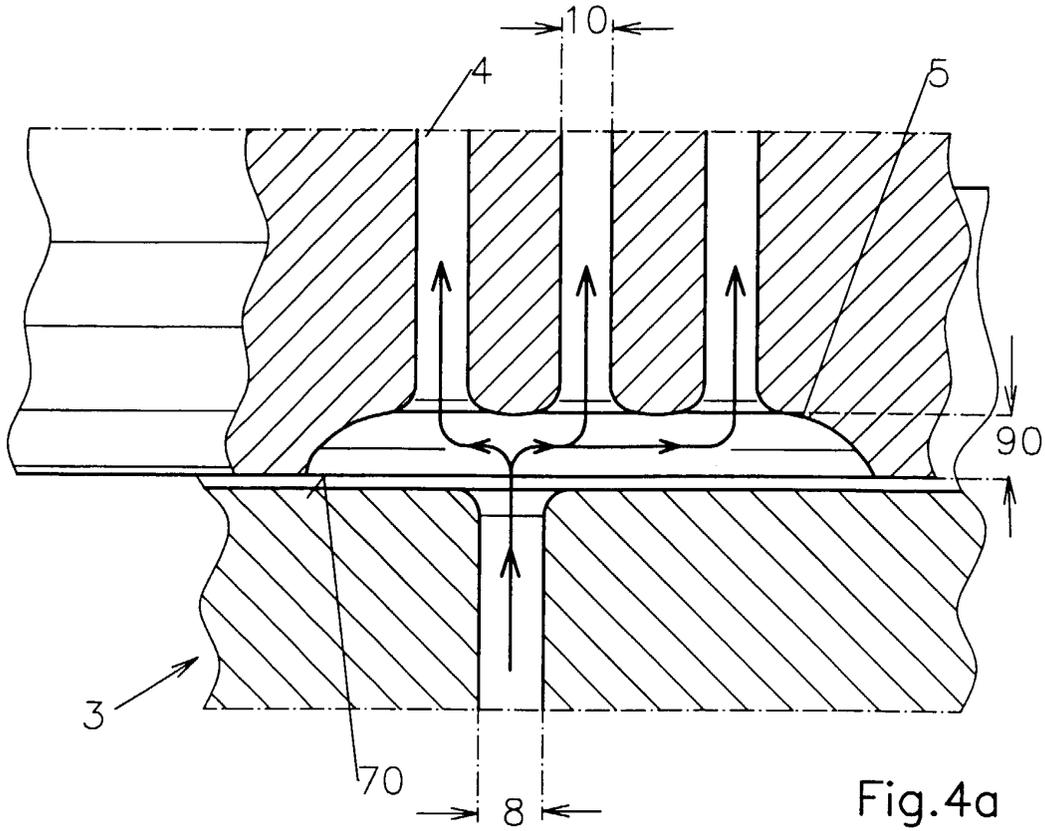


Fig.2



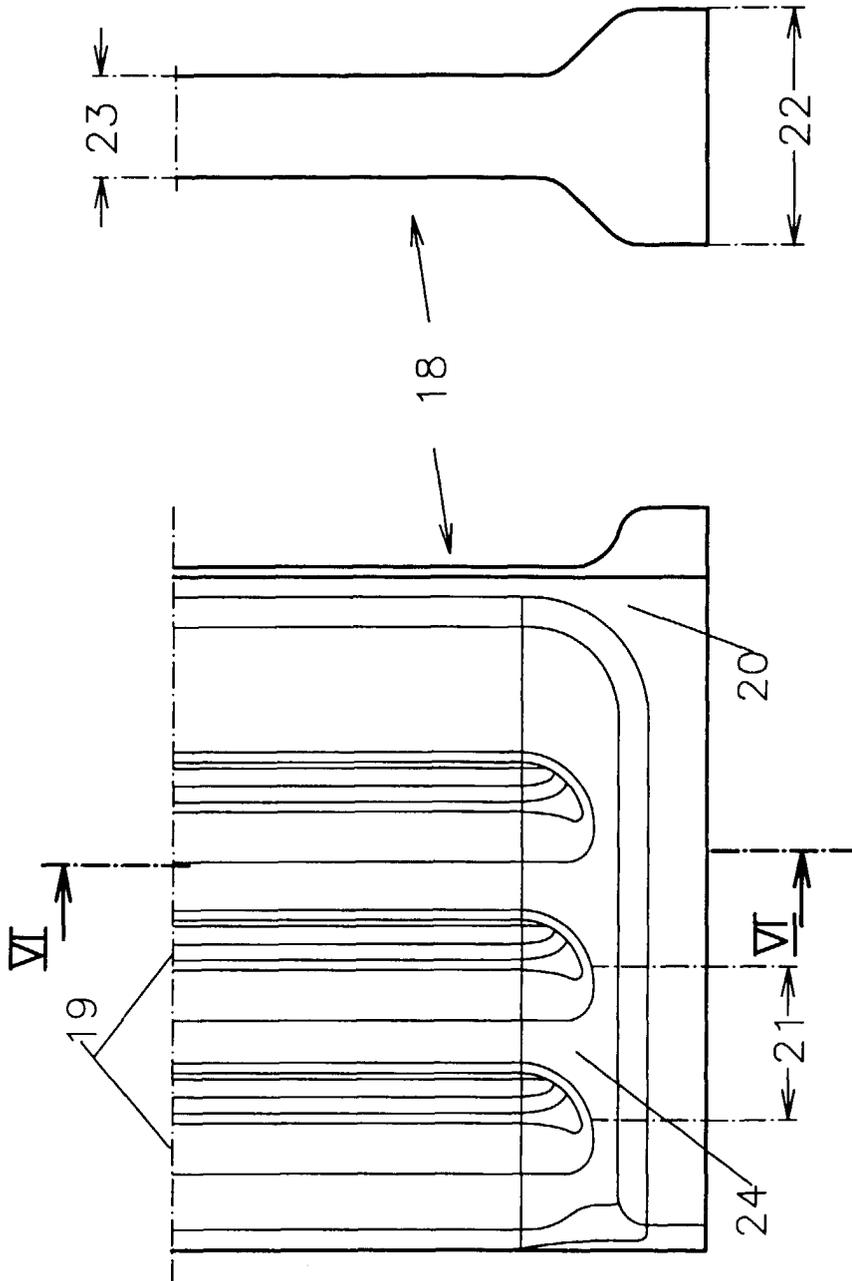


Fig.6

Fig.5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 10 6454

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG
X	US 3 582 230 A (SCHMIDT DAVID ET AL) 1. Juni 1971 (1971-06-01) * Spalte 2, Zeile 69 - Zeile 75; Abbildung 3 *	1,3-5,7, 8,11	F01D5/08
X	GB 2 224 082 A (ROLLS ROYCE PLC) 25. April 1990 (1990-04-25) * Abbildungen *	1,3-5,7, 8,11	
A	EP 0 894 941 A (ASEA BROWN BOVERI) 3. Februar 1999 (1999-02-03) * Absatz '0023! - Absatz '0024!; Abbildung 1 *	1	
A	US 3 918 835 A (YAMARIK GEORGE J ET AL) 11. November 1975 (1975-11-11) * Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 15; Abbildungen 2,3 *	1	
A	US 4 203 705 A (WESBECHER JAMES J) 20. Mai 1980 (1980-05-20) * Abbildung 3 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	19. August 1999	Raspo, F	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : über Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 82 (P/4C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 10 6454

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-08-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3582230 A	01-06-1971	CH 495496 A DE 2004761 A GB 1305431 A NL 6910908 A	31-08-1970 10-09-1970 31-01-1973 28-08-1970
GB 2224082 A	25-04-1990	KEINE	
EP 0894941 A	03-02-1999	KEINE	
US 3918835 A	11-11-1975	KEINE	
US 4203705 A	20-05-1980	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82