



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 099 825 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.05.2001 Patentblatt 2001/20

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

(21) Anmeldenummer: **99122577.2**

(22) Anmeldetag: **12.11.1999**

(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

(72) Erfinder:
• **Tiemann, Peter**
58452 Witten (DE)
• **Scheurlen, Michael**
45470 Mülheim a.d.Ruhr (DE)
• **Anding Dirk**
45468 Mülheim a.d.Ruhr (DE)

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

(54) **Turbinenschaufel und Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel**

(57) Um eine Turbinenschaufel (1), insbesondere Gasturbinenschaufel, mit einem Kopf-, einem Fuß(2)- und einem Schaufelblattbereich (3) und mit einem inneren Kanalsystem (5) aus einzelnen Kanälen (12), durch die Kühlgas auf einem Strömungsweg (6) innerhalb der Turbinenschaufel (1) hindurchführbar ist, mit einer den

Durchfluß des Kühlgases beeinflussenden Drosselvorrichtung (11) ohne Beeinträchtigung der Strömung des Kühlgases im Eintrittsbereich auszubilden, wird vorgeschlagen, daß die Drosselvorrichtung (11) im hinteren Bereich des Strömungswegs (6) den Austrittsöffnungen (8) vorgeordnet ist.

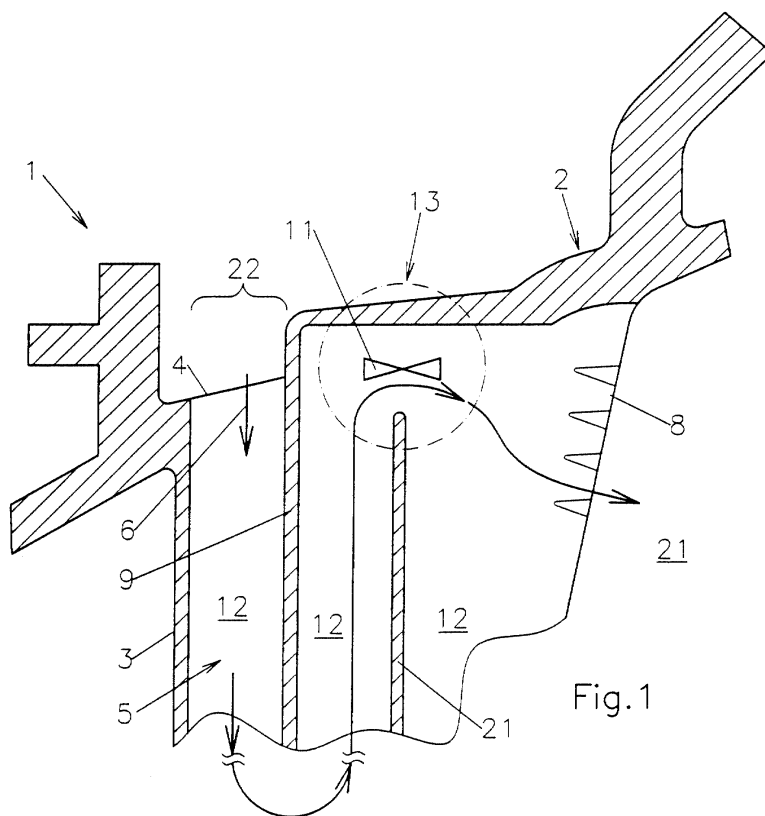


Fig.1

EP 1 099 825 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, insbesondere Gasturbinenschaufel, mit einem Kopf-, einem Fuß- und einem Schaufelblattbereich und mit einem inneren Kanalsystem aus einzelnen Kanälen, durch die Kühlgas auf einem Strömungsweg innerhalb der Turbinenschaufel hindurchführbar ist und mit einer den Durchfluß des Kühlgases beeinflussenden Drosselvorrichtung, wobei in den Kanälen Kühlgas vom Fußbereich durch den Schaufelblattbereich zum Kopfbereich geführt und in umgekehrte Richtung umgeleitet wird, sowie mit Austrittsöffnungen für die Ausleitung des Kühlgases aus der Turbinenschaufel, die auf der Abströmseite der Turbinenschaufel angeordnet sind, und die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 10.

[0002] Um einen hohen Wirkungsgrad beim Betrieb einer Turbine mit einem Aktionsfluid, insbesondere einer mit einem Gas betriebenen Gasturbine, zu erzielen, wird das Aktionsfluid auf eine hohe Temperatur aufgeheizt. Bei einer Gasturbine mit einer Brennkammer zur Erzeugung des heißen Gases werden die der Brennkammer nächstgelegenen Leit- und Laufschaufeln von einem Kühlgas durchströmt, damit sie den dort herrschenden hohen Temperaturen widerstehen, die teilweise oberhalb von kritischen Werten des für die Herstellung der Turbinenschaufel verwendeten Werkstoffs liegen. Durch das Kühlgas wird die Temperatur auf und innerhalb der Turbinenschaufel abgesenkt, so daß die mechanische Stabilität und damit die Funktionstüchtigkeit der Turbinenschaufel bei diesen Bedingungen gewährleistet ist.

[0003] Eine von einem Aktionsfluid umströmte Außenwand der Turbinenschaufel umschließt bei dieser Art der Kühlung ein mäanderartiges Kanalsystem, welches das Kühlgas wiederholt von einem Fußbereich hin zu einem Kopfbereich der Turbinenschaufel und wiederum zurück zum Fußbereich leitet. Der Bereich der Kühlgaseinleitung wird als Eintrittskantenbereich, und der Bereich der Kühlgasausleitung als Austrittskantenbereich bezeichnet. Im Austrittskantenbereich sind mehrere Austrittsöffnungen angebracht, die das Kanalsystem der Turbinenschaufel mit einem von dem Aktionsfluid durchströmten Außenraum verbinden. Bei Betrieb der Turbine tritt aus den Öffnungen Kühlgas aus dem Kanalsystem der Turbinenschaufel bis auf die Oberfläche der Außenwand aus.

[0004] Um Kühlgas einzusparen, und dadurch die Leistung der Gasturbine zu erhöhen, soll nur so viel Kühlgas für die Schaufeln verwendet werden, wie unbedingt notwendig ist, um eine Überhitzung zu vermeiden. Da in die Auslegung einer Schaufel viele Annahmen hinsichtlich verschiedener Wärmeübergänge einfließen, die zur Vermeidung von Schädigungen der Schaufeln konservativ ausgelegt werden und auch die tatsächliche geometrische Konfiguration der Turbinen-

schaufeln erst nach Beendigung des Gusses festgestellt werden kann, wird der Durchfluß des Kühlgases durch die Schaufeln nachträglich, nach dem Guß eingestellt. Üblicherweise geschieht dies dadurch, daß im Bereich der Eintrittskante der Kühlluft in die Turbinenschaufel Eintrittskantenbohrungen oder Lochblenden vorgesehen sind, die den Eintritt des Kühlgases in die Schaufel drosseln. Nachteilig dabei ist jedoch, daß diese Drosselvorrichtungen einen erheblichen Verlustbeiwert aufweisen, und zudem zu Strömungsablösungen im Bereich des Eintritts des Kühlgases führen können, so daß eine ausreichende Kühlung in diesem Bereich der Turbinenschaufel nicht gewährleistet werden kann. Zudem beeinträchtigt diese Konfiguration auch den Eintrittskantenbereich, in dem die Druckdifferenz zwischen erster Kühlkammer und außenliegendem Heißgas abnimmt.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine die eingangs genannten Merkmale aufweisende Turbinenschaufel mit einer Drosselvorrichtung zur Einstellung des Durchflusses des Kühlgases ohne Einfluß auf die Strömung des Kühlgases an der Eintrittskante auszubilden sowie - als Unteraufgabe - ein konstruktiv einfaches und zudem individuell anpaßbares Verfahren zur Herstellung einer derartigen Turbinenschaufel anzugeben.

[0006] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Drosselvorrichtung im hinteren Bereich des Strömungswegs den Austrittsöffnungen vorgeordnet ist.

[0007] Durch eine derartige Anordnung der Drosselvorrichtung läßt sich der Durchfluß des Kühlgases ohne nachteilige Einflüsse auf die Strömung des Kühlgases drosseln. Die Strömung an der Eintrittskante erfolgt weitgehend ungestört. Die Drosselung erfolgt erst in einem hinteren Bereich des Strömungswegs. Der Kühlgasstrom hat den größten Teil seines Wegs hinter sich gelassen und die Aufgaben der Wärmeabfuhr, die an eine ausreichende Fließgeschwindigkeit gekoppelt sind, bereits erfüllt. Die Druckdifferenz zwischen erster Kühlkammer und umgebenden heißem Aktionsfluid bleibt erhalten, so daß kein Heißgaseintritt in die Schaufel erfolgen kann, was zu starken Schädigungen führen würde. Es ist somit eine zuverlässige Kühlung der Turbinenschaufel gewährleistet. Zugleich ist der Verbrauch an Kühlgas minimiert. Es muß nur soviel Kühlgas für die Turbinenschaufel verwendet werden, wie unbedingt notwendig ist, um eine Überhitzung zu verhindern. Auf diese Weise erhält man eine optimale Kühlung der Turbinenschaufel und zugleich einen guten Wirkungsgrad der Turbine.

[0008] Eine strömungsgünstige Regelung des Kühlgasflusses ist möglich, wenn die Drosselvorrichtung an einer Umkehrstelle eines Kanals angebracht ist. Hier läßt sich der Querschnitt des Kanals und somit der Durchfluß des Kühlgases einfach in vorbestimmtem Maße einstellen. Eventuelle Maßdifferenzen die durch die Herstellung der Gasturbine entstehen, lassen sich mit der Drosselvorrichtung unschädlich machen. Somit

kann auch an verschiedenen Modellen von Turbinenschaufeln dieselbe Drosselvorrichtungart eingesetzt werden. Dies senkt die Anzahl der benötigten unterschiedlichen Komponenten der Turbinenschaufel.

[0009] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Drosselvorrichtung an der letzten, den Austrittsöffnungen vorgeordneten Umkehrstelle angebracht ist. An dieser Stelle weitet sich der Strömungsweg auf, so daß danach eine ausreichende Drosselung mit hoher Wirkung nicht mehr möglich ist. Zugleich hat das Kühlgas einen maximalen Strömungsweg und somit maximalen Kontakt mit der Innenoberfläche des Kanalsystems, was die Kühlwirkung optimiert.

[0010] Vorteilhaft ist es insbesondere, wenn die Drosselvorrichtung in einer gußherstellungsbedingten Durchführungsöffnung angebracht ist. Durchführungsöffnungen, die beispielsweise durch Kernhalterungen des Gußkerns beim Guß entstehen, können auf diese Weise sinnvoll genutzt werden. Üblicherweise werden sie lediglich mittels Platten verschlossen. Die Drosselvorrichtung erfüllt dieselbe, verschließende Funktion und drosselt zugleich den Kühlgasstrom. Durch sie ist eine nachträgliche Einstellung des Durchflusses und ein Ausgleich eventueller Maßungenauigkeiten nach dem Guß möglich. Durch die Nutzung der Durchführungsöffnungen können also Herstellungsschritte eingespart werden, was die Herstellungskosten stark herabsetzt.

[0011] Um einen Verlust der Drosselvorrichtung beim Betrieb bzw. ein unerwünschtes Eindringen der Drosselvorrichtung in das Kanalsystem zu verhindern, ist es vorteilhaft, wenn die Durchführungsöffnung von der Drosselvorrichtung unlösbar verschlossen ist. Wenn beispielsweise bei starken thermischen und mechanischen Belastungen der Turbinenschaufel die Drosselvorrichtung losgerüttelt und in das Kanalsystem hineingeraten würde, könnte es zu starken Beschädigungen der Turbinenschaufel beziehungsweise zu völligem Versagen der Kühlung führen, was einen Ausfall der Turbine binnen kurzer Zeit zur Folge hätte. Auch eine sich außerhalb der Turbinenschaufel innerhalb der Turbine befindende Drosselvorrichtung kann große Schäden anrichten. Darüber hinaus wäre die Kühlwirkung dadurch vermindert, daß das Kühlgas durch die aufgrund des Verlusts der Drosselvorrichtung freigewordenen Durchführungsöffnung an einer ungeeigneten Stelle in die Umgebung entlassen wird.

[0012] Vorteilhaft ist es, wenn die Drosselvorrichtung im Fußbereich angeordnet ist. Hierdurch ist ein problemloses Erreichen der Drosselvorrichtung bei Inspektionen der Turbinenschaufel und eine Kontrollmöglichkeit bezüglich Ihrer Dicht- und Drosselwirkung gegeben.

[0013] Eine gute Stabilität und Funktionalität ist gegeben, wenn die Drosselvorrichtung von einem Drosselvorsprung eines Stopfens gebildet ist. Der Stopfen ist dabei jeweils so ausgebildet, daß er den Außenabmessungen der Öffnung, in die er eingesetzt wird, individuell angepaßt ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn es sich um eine gußherstellungsbedingte Durchführungs-

öffnung ist, weil deren Abmessungen bei verschiedenen Turbinenschaufelmodellen schwanken. Die Drosselung geschieht mittels des Drosselvorsprungs, der seine Funktion auch bei sehr einfachem Aufbau erfüllt. Der Drosselvorsprung kann somit unter Gewährleistung seiner Funktion stabil ausgebildet werden, wodurch die Drosselvorrichtung wartungsarm ist und zuverlässig arbeitet. Die Drosselung ist auch bei hohen Durchflußraten des Kühlgases und damit verbundenen hohen Drücken bzw. stark wechselnden Belastungen sicher gewährleistet.

[0014] Eine genaue Abstimmung des Kühlgasflusses ist möglich, wenn die Drosselvorrichtung von einem Fuß einer in einem Stopfen verstemmten Schraube gebildet ist. Die Schraube ist dabei in den Stopfen, der in der Durchführungsöffnung befestigt ist, eingesetzt. Auf diese Weise wird die Einbringung eines Gewindes in die gegossene Turbinenschaufel vermieden. Die in den Stopfen eingesetzte Schraube kann stufenlos eingestellt werden und ermöglicht eine individuelle Anpassung der Drosselung an die Strömungsanforderungen des Austrittskantenbereichs. Durch ein Verstemmen der Schraube wird die Schraube in der gewünschten Stellung arretiert.

[0015] Ein unverstellbarer Halt ist dadurch gewährleistet, daß der Stopfen eingeschweißt ist. Der Stopfen kann hierdurch mit einfachen Maßnahmen genau in der gewünschten Position in der Öffnung in der Turbinenschaufel, in der er eingesetzt ist, befestigt und gehalten werden, ohne beispielsweise umgebendes Material zu deformieren. Bei der Öffnung kann es sich um eine gußherstellungsbedingte Durchführungsöffnung, aber auch um eine nach dem Guß in die Turbinenschaufel bsw. durch Bohren eingebrachte Öffnung handeln. Dabei kann die Stelle der Drosselvorrichtung den modell- und gußabhängigen Bedürfnissen besser angepaßt werden.

[0016] Die auf die Herstellung einer Turbinenschaufel gerichtete Unteraufgabe wird dadurch gelöst, daß nach dem Gußvorgang eine den Durchfluß des Kühlgases beeinflussende Drosselvorrichtung im hinteren Bereich des Strömungswegs, den Austrittsöffnungen vorgeordnet, eingebracht wird und unter Messung des Durchflusses des Kühlgases so in einer herstellungsbedingten Durchführungsöffnung eingerichtet wird, daß ein vorbestimmter Wert eines Durchflußparameters des Kühlgases erreicht wird und anschließend die Drosselvorrichtung in der Drosselstellung unlösbar befestigt wird.

[0017] Durch diese Vorgehensweise muß beim Gußvorgang selbst eine bestimmte Kühlgasdrosselung noch nicht berücksichtigt werden. Dies erleichtert den Gußvorgang, vereinfacht die Gußformen und verringert den Ausschuß. Eine durch den Guß bedingte Öffnung, beispielsweise entstanden durch eine den Kern in seiner Position haltende Verbindung des Gußkerns mit dem Gußaußenmantel, kann auf diese Weise ausgenutzt werden. Zugleich verschließt die Drosselvorrichtung die Durchführungsöffnung. Hierdurch wird ein

sonst notwendiger Arbeitsschritt eingespart. Durch die nachträgliche Messung des Durchflusses des Kühlgases kann der Kühlgasfluß individuell und mit einfachen Maßnahmen auf den Kühlgasbedarf einer Turbinenschaufel abgestimmt werden. Die Einstellung ist dabei erleichtert, weil die Drosselwirkung von außen einfach beeinflusst werden kann. Die anschließende Befestigung der Drosselvorrichtung in der Durchführungsöffnung kann ebenfalls von außen geschehen. Die Befestigung kann dabei durch die Messung des Kühlgasflusses direkt kontrolliert und notfalls wiederholt werden, ohne die Turbinenschaufel zu beschädigen.

[0018] Das Verfahren zur Herstellung ist für verschiedene Schaufeltypen sehr ähnlich, wenn der Gußkern beim Gußvorgang mittels einer Führungshalterung im Fußbereich der Turbinenschaufel in seiner Position relativ zum Gußaußenmantel gehalten wird, und daß in die durch die Halterung bedingte Durchführungsöffnung eine Drosselvorrichtung eingesetzt wird. Die erleichtert den Herstellungsvorgang, verringert die Umbauzeit und die Anzahl der einzusetzenden Teile bei Herstellung von verschiedenen Turbinenschaufeltypen.

[0019] Ein besonders einfaches und gut reproduzierbares Herstellungsverfahren mit geringen Materialkosten ist dadurch gegeben, daß die Messung des Kühlgasflusses jeweils nach dem Einsetzen von Stopfen mit verschiedenen Drosselvorsprüngen erfolgt, und daß derjenige Stopfen eingeschweißt wird, der einen vorbestimmten Durchfluß des Kühlgases bewirkt. Durch die Auswahl eines Stopfens ist auch der Drosselvorsprung vorherbestimmt. Somit kann der Stopfen durch eine Modellmessung für Turbinenschaufeln derselben Serie annähernd derselbe sein. Dies senkt die Herstellungskosten, weil Arbeitsschritte vereinfacht werden oder wegfallen.

[0020] Eine individuelle Einstellung der Kühlluftströmung ist dadurch möglich, daß ein Stopfen mit einer Drosselschraube, die einen in den Strömungsweg hineinragenden Drosselvorsprung aufweist, in die gußherstellungsbedingte Durchführungsöffnung eingesetzt wird und daß die Messung des Durchflusses unter Verstellung der Schraube erfolgt, die anschließend in der gewünschten Drosselstellung verstemmt wird. Die Schraubstellung kann stufenlos während der laufenden Messung verändert werden. Dies erlaubt eine sehr genaue und den Kühlanforderungen angepaßte Einstellung. Das Verstemmen der Schraube sorgt für eine sichere Befestigung, ohne das Material der Turbinenschaufel zu schädigen. Für eine Serie von Turbinenschaufeln, die annähernd dieselben Kühlanforderungen und denselben Innenaufbau der Kühlkanäle haben, kann eine vorher bei einer exemplarischen Kühlströmungsmessung bestimmte Einstellung der Schraube markiert und eingestellt werden. Der Stopfen mit der eingestellten Schraube wird dann direkt in die Turbinenschaufel eingesetzt und die Schraube verstemmt.

[0021] Die Erfindung wird anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher er-

läutert. Es zeigen:

Fig.1: einen Längsschnitt durch einen Fußbereich einer Turbinenschaufel mit Drosselvorrichtung,
 Fig.2: einen Längsschnitt durch einen Fußbereich mit einem Stopfen,
 Fig.3: eine perspektivische Aufsicht auf einen Fußbereich einer Turbinenschaufel mit Stopfen,
 Fig.4: einen Längsschnitt durch einen Fußbereich mit einem Stopfen und einer Drosselschraube,
 Fig.5: einen Längsschnitt durch einen Fußbereich einer Turbinenschaufel, und
 Fig.6: eine Gußform mit einem Gußkern.

[0022] Fig.1 zeigt einen Längsschnitt durch einen Fußbereich 2 und einen Teil eines Kanalsystems 5 einer gasgekühlten Turbinenschaufel 1. Das Kanalsystem 5 befindet sich im wesentlichen im Schaufelblattbereich 3 der Turbinenschaufel 1. Es weist eine Eintrittsöffnung 22 am Fußbereich 2, am Beginn des Strömungswegs 6 des Kühlgases auf, durch die Kühlgas in das Kanalsystem 5 hineingeführt wird, sowie Austrittsöffnungen 8 im Abströmbereich 21 der Turbinenschaufel 1, durch die das Kühlgas am Ende seines Strömungswegs 6 das Kanalsystem 5 verläßt. Das Kühlgas wird auf seinem Strömungsweg 6 mäanderförmig in den Kanälen 12, die durch Zwischenwände 21 voneinander getrennt sind, mehrfach vom Fußbereich 2 zum nicht dargestellten Kopfbereich und wiederum zum Fußbereich 2 geleitet. Die Kanäle 12 sind untereinander durch Umkehrstellen 13, die an den Fußbereich 2 oder den Kopfbereich angrenzen, verbunden. Im hinteren Bereich des Strömungswegs 6 den Austrittsöffnungen 8 vorgeordnet, befindet sich eine den Durchfluß des Kühlgases beeinflussende Drosselvorrichtung 11. Somit wird die Strömung im Bereich der Eintrittsöffnung 22 nicht gestört und zugleich eine Reduzierung des Kühlgasbedarfs erreicht.

[0023] Fig.2 zeigt einen Längsschnitt durch den Fußbereich 2 einer Turbinenschaufel mit einem drosselnden Stopfen 20. Der Stopfen 20 wird mittels eines Absatzes 26 in einer Durchgangsöffnung 10 gehalten. Der Stopfen 20 weist einen Drosselvorsprung 17 auf, mit dem im eingesetzten Zustand der Kühlgasstrom verkleinert werden kann. Der Stopfen 20 ist an der letzten Umkehrstelle 13 vor Austritt des Kühlgases aus dem Kanalsystem 5 in einer Öffnung in der Wand 32 des Fußbereichs 2 der Turbinenschaufel 1 angebracht. Vorteilhaft ist die Anbringung in einer gußherstellungsbedingten Öffnung, weil dadurch ein Herstellungsschritt der Turbinenschaufel 1 gespart wird und der Stopfen 20 zugleich an einer für die Drosselung günstigen Stelle, nämlich der Umkehrstelle 13 eines Kanals sitzt. An diesen Stellen befinden sich beim Guß vorzugsweise, wie in Fig.6 dargestellt, Kernhaltestücke 29, die den Gußkern 28 relativ zum umgebenden Gußmantel 31 festsetzen und sicherstellen, daß vorbestimmte Bemaßungen eingehalten werden.

[0024] Der Strömungsweg 6 ist an der Umkehrstelle 13 mittels einer gekrümmten Leitrippe 18 in zwei Teilströmungswege aufgeteilt, einen ersten Kühlgasteilströmungsweg 23, der dem Fußbereich 2 direkt benachbart ist und einen zweiten Kühlgasteilströmungsweg 24, der durch die Leitrippe 18 abgetrennt ist. Die hindurchgeleiteten Kühlgasteilströme werden nach dem Passieren der Leitrippe 18 wieder vereinigt und verlassen die Turbinenschaufel 1 durch die Austrittsöffnungen 8. Die Drosselvorrichtung 11 drosselt den ersten Kühlgasteilstrom. Der zweite Kühlgasteilstrom durchströmt unabhängig von der Stärke der Drosselung durch den Stopfen 20 einen Seitenkanal 25 konstanter Größe. Somit ist immer ein minimaler Kühlgasstrom gewährleistet.

[0025] Fig. 3 zeigt eine perspektivische Aufsicht auf einen Fußbereich 2 einer Turbinenschaufel, die eine gußherstellungsbedingte Durchführungsöffnung 10 und einen diese verschließenden Stopfen 20 aufweist. Diese Durchführungsöffnung 10 entsteht, wie in Fig. 6 dargestellt, beim Guß der Turbinenschaufel 1. Sie weist die negative Form einer Führungshalterung 29 auf, durch die der Gußkern 28, der das Kanalsystem 5 bildet, mit dem Gußaußenmantel 31 verbunden wird, damit der Gußkern 28 während des Gusses und des anschließenden Abkühlens des Gußmaterials die gewünschte Position behält. Die Durchführungsöffnung 10 ist in diesem Fall länglich gestreckt mit vier Seitenwänden 19 ausgebildet.

[0026] Fig. 4 zeigt eine Detailansicht einer Umkehrstelle 13 mit einer Drosselvorrichtung, die aus einem Stopfen 20 und einer Drosselschraube 14 aufgebaut ist. Der Stopfen 20 ist in der Durchführungsöffnung 10 befestigt, bevorzugt geschweißt. Die Drosselschraube 14 ist in den Stopfen 20 eingedreht. Sie ragt mit ihrem als Drosselvorsprung dienenden Fuß 16 aus dem Stopfen 20 heraus in den Drosselbereich 15 und damit in den ersten Kühlgasteilstrom 23 hinein. Die Stellung der Drosselschraube 14, bzw. ihres Fußes 16, ist kontinuierlich veränderbar. In einem nicht dargestellten Durchflußmeßstand wird der Durchfluß des Kühlgases gemessen und die Stellung der Drosselschraube 14 solange verändert, bis ein gewünschter Durchfluß erreicht ist. Anschließend wird die Drosselschraube 14 im Stopfen 20 befestigt. Hierzu wird die Schraube verstemmt, angelötet oder geschweißt.

[0027] Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch den Fußbereich 2 im 90°-Winkel zu dem Längsschnitt aus Fig. 4. Die Drosselschraube 14 befindet sich in Drosselstellung, eingedreht in den Stopfen 20, der in der Durchführungsöffnung 10 befestigt ist. Der Drosselvorsprung 17 verschließt den Drosselbereich 15, durch den der erste Kühlgasteilfluß strömt. Je nach Größe des Fußes 16 der Schraube wird lediglich ein Teil des Strömungswegs verschlossen, wie in Fig. 5 dargestellt. Es ist aber auch eine genaue Anpassung des Fußes an den Drosselbereich möglich, wodurch der gesamte Strömungsweg in dem Bereich versperrbar ist.

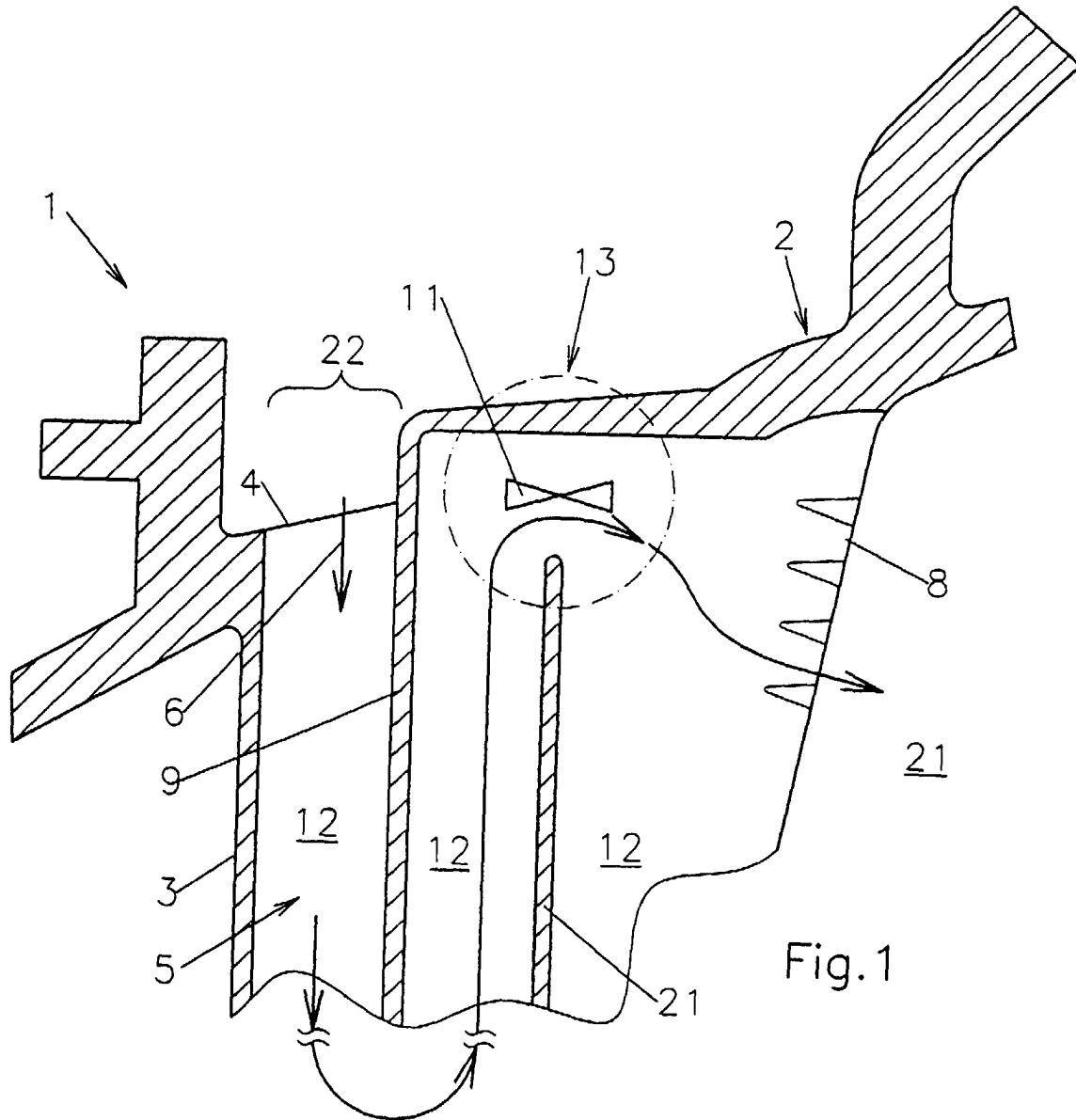
[0028] Fig. 6 zeigt eine Gußform 27 mit Gußkern 28

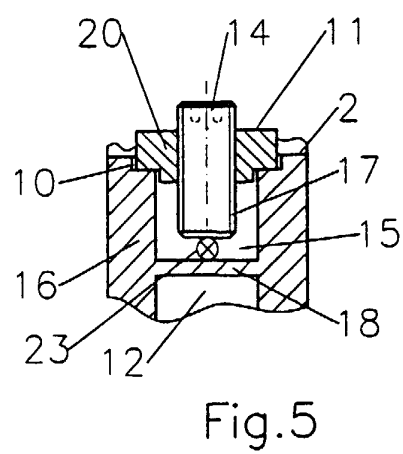
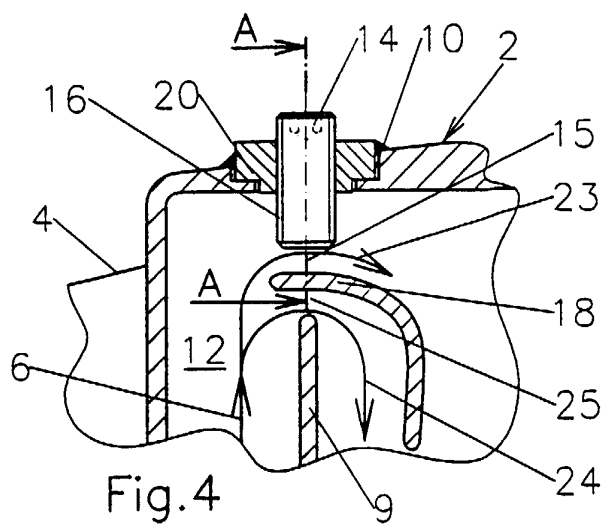
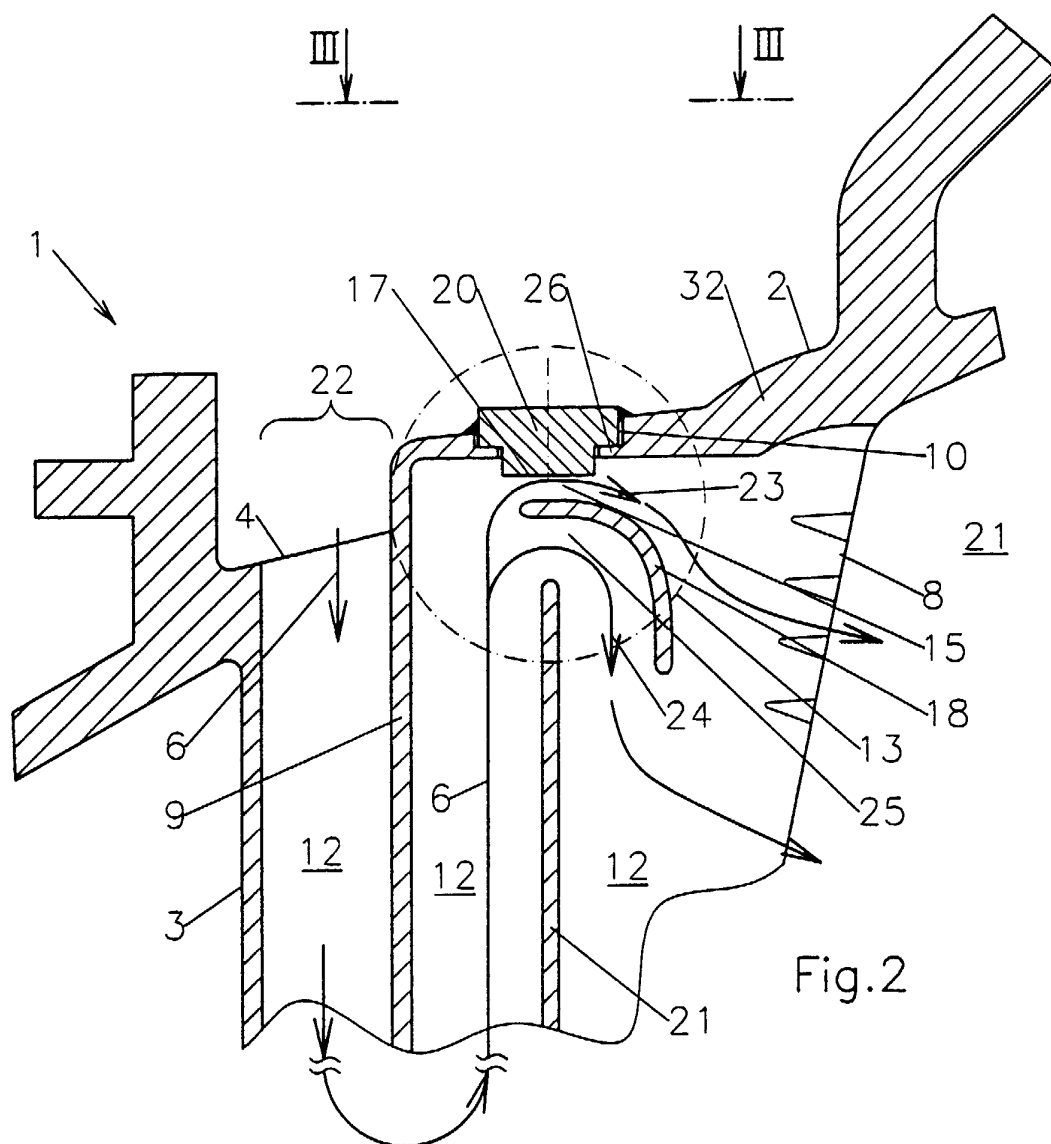
und Gußaußenmantel 31. Der Gußkern 28 ist mit dem Gußaußenmantel 31 über Führungshalterungen 29, Kernmarken genannt, verbunden. Das Gußmaterial wird über Gußkanäle 30 in das Innere der Gußform 27 geleitet und erstarrt. Die Führungshalterung 29 sorgt dafür, daß der Gußkern 28 während des Gußvorgangs und beim Abkühlen des Gußmaterials die richtige Position behält und die Bemaßungsanforderungen erfüllt sind. Nach dem Gußvorgang wird die Führungshalterung 29 entfernt und an ihrer Stelle entsteht somit eine gußherstellungsbedingte Durchführungsöffnung 10 in dem Fußbereich 2 der Turbinenschaufel 1.

15 Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1), insbesondere Gasturbinenschaufel, mit einem Kopf-, einem Fuß(2)- und einem Schaufelblattbereich (3) und mit einem inneren Kanalsystem (5) aus einzelnen Kanälen (12), durch die Kühlgas auf einem Strömungsweg (6) innerhalb der Turbinenschaufel (1) hindurchführbar ist und mit einer den Durchfluß des Kühlgases beeinflussenden Drosselvorrichtung (11), wobei in den Kanälen (12) Kühlgas vom Fußbereich (2) durch den Schaufelblattbereich (3) zum Kopfbereich geführt und in umgekehrte Richtung umgeleitet wird, sowie mit Austrittsöffnungen (8) für die Ausleitung des Kühlgases aus der Turbinenschaufel (1), die auf der Abströmseite (21) der Turbinenschaufel (1) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drosselvorrichtung (11) im hinteren Bereich des Strömungswegs (6) den Austrittsöffnungen (8) vorgeordnet ist.
2. Turbinenschaufel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drosselvorrichtung (11) an einer Umkehrstelle (13) eines Kanals (12) angebracht ist.
3. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drosselvorrichtung (11) an der letzten, den Austrittsöffnungen (8) vorgeordneten Umkehrstelle (13) angebracht ist.
4. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drosselvorrichtung (11) in einer gußherstellungsbedingten Durchführungsöffnung (10) angebracht ist.
5. Turbinenschaufel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchführungsöffnung (10) von der Drosselvorrichtung (11) unlösbar verschlossen ist.
6. Turbinenschaufel nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drosselvorrichtung (11) im Fußbereich (2) angeordnet ist.

7. Turbinenschaufel nach Anspruch 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselvorrichtung (11) von einem Drosselvorsprung (17) eines Stopfens (20) gebildet ist. 5
8. Turbinenschaufel nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß die Drosselvorrichtung (11) von einem Fuß (16) einer in einem Stopfen (20) verstemmten Schraube (14) gebildet ist. 10
9. Turbinenschaufel nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß der Stopfen (20) eingeschweißt ist.
10. Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Gasturbinenschaufel, mit einem Kopf-, einem Fuß(2)- und einem Schaufelblattbereich (3) und mit einem inneren Kanalsystem (5) aus einzelnen Kanälen (12), durch die Kühlgas auf einem Strömungsweg (6) innerhalb der Turbinenschaufel (1) hindurchführbar ist und mit einer den Durchfluß des Kühlgases (6) beeinflussenden Drosselvorrichtung (11), wobei in den Kanälen (12) Kühlgas vom Fußbereich (2) durch den Schaufelblattbereich (3) zum Kopfbereich geführt und in umgekehrte Richtung umgeleitet wird, sowie mit Austrittsöffnungen (8) für die Ausleitung des Kühlgases aus der Turbinenschaufel (1), die auf der Abströmseite (21) der Turbinenschaufel (1) angeordnet sind, insbesondere mit Merkmalen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Verfahren einen Gußvorgang mit einer Gußform (27), die einen Gußkern (28) und einen Gußaußenmantel (31) umfaßt, beinhaltet, 15
dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Gußvorgang eine den Durchfluß des Kühlgases beeinflussende Drosselvorrichtung (11) im hinteren Bereich des Strömungswegs (6) den Austrittsöffnungen (8) vorgeordnet, eingebracht wird und unter Messung des Durchflusses des Kühlgases so in einer herstellungsbedingten Durchführungsöffnung (10) eingerichtet wird, daß ein vorbestimmter Wert eines Durchflußparameters des Kühlgases erreicht wird und anschließend die Drosselvorrichtung (11) in der Drosselstellung unlösbar befestigt wird. 20
25
30
35
40
45
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der Gußkern (28) beim Gußvorgang mittels einer Führungshalterung (29) im Fußbereich (2) der Turbinenschaufel (1) in seiner Position relativ zum Gußaußenmantel (31) gehalten wird, und daß in die durch die Halterung (29) bedingte Durchführungsöffnung (10) eine Drosselvorrichtung (11) eingesetzt wird. 50
55
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11
dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Kühlgasflusses jeweils nach dem Einsetzen von
- Stopfen (20) mit verschiedenen Drosselvorsprüngen (17) erfolgt, und daß derjenige Stopfen (20) eingeschweißt wird, der einen vorbestimmten Durchfluß des Kühlgases bewirkt.
13. Verfahren nach Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß ein Stopfen (20) mit einer Drosselschraube (14), die einen in den Stömungsweg (6) hineinragenden Drosselvorsprung (17) aufweist, in die gußherstellungsbedingte Durchführungsöffnung (10) eingesetzt wird und daß die Messung des Durchflusses unter Verstellung der Schraube (14) erfolgt, die anschließend in der gewünschten Drosselstellung verstemmt wird.





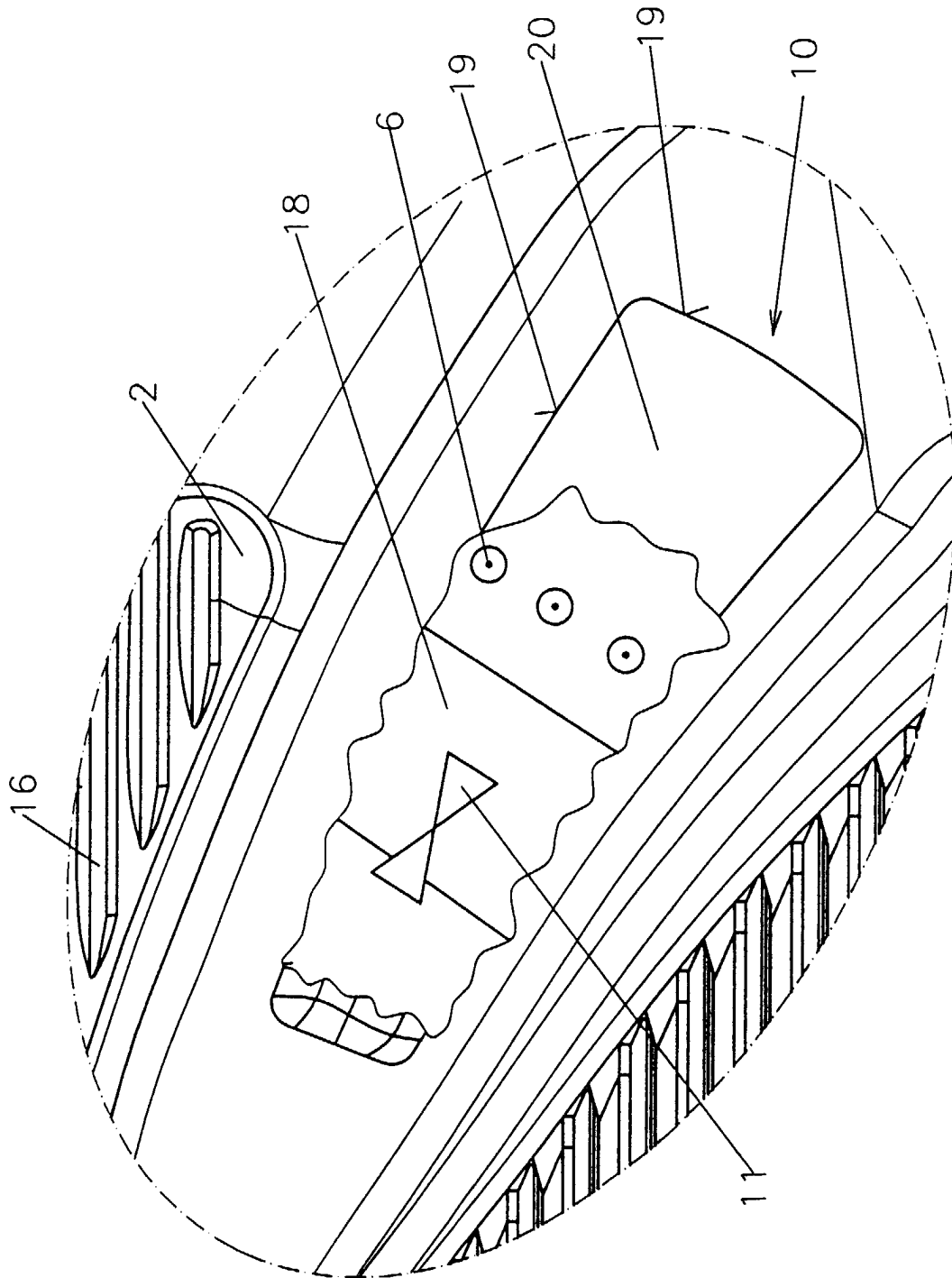


Fig. 3

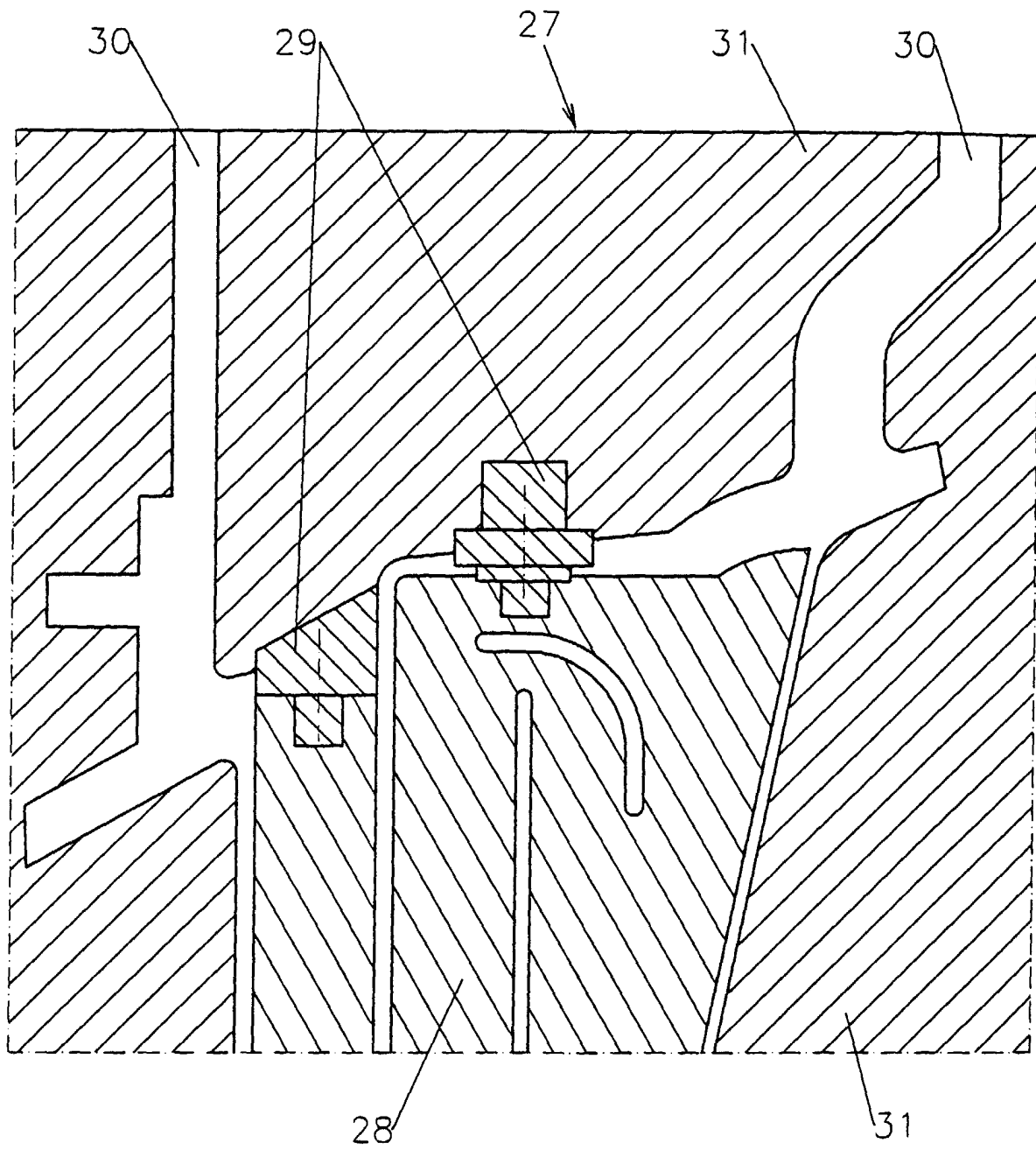


Fig.6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 12 2577

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 3 807 892 A (FREI O ET AL) 30. April 1974 (1974-04-30) * Spalte 2, Zeile 32 - Spalte 3, Zeile 2 * * Spalte 3, Zeile 45 - Zeile 57; Abbildung 1 *	1,10	F01D5/18
A	GB 374 377 A (BBC) 1932 * Abbildungen 1-5 *	1,2,7, 10,12	
A	US 4 456 428 A (CUVILLIER MICHEL L) 26. Juni 1984 (1984-06-26)		
A	US 2 906 494 A (MC CARTY) 29. September 1959 (1959-09-29)		
A	GB 375 226 A (BBC) 1932		
A	GB 2 078 596 A (ROLLS ROYCE) 13. Januar 1982 (1982-01-13)		
A	US 5 243 759 A (BROWN WESLEY D ET AL) 14. September 1993 (1993-09-14)		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D
A	US 3 885 609 A (FREI OSKAR ET AL) 27. Mai 1975 (1975-05-27)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	27. März 2000	Iverus, D	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der 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 (P04C03)

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

EP 99 12 2577

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

27-03-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3807892 A	30-04-1974	BE 794195 A	18-07-1973
		CA 967095 A	06-05-1975
		CH 547431 A	29-03-1974
		DE 2202858 A	26-07-1973
		FR 2168802 A	31-08-1973
		GB 1359983 A	17-07-1974
		IT 978243 B	20-09-1974
		JP 869319 C	13-07-1977
		JP 48082210 A	02-11-1973
		JP 51045726 B	04-12-1976
		NL 7300634 A,B,	20-07-1973
		SE 381311 B	01-12-1975
GB 374377 A		GB 375226 A	
		NL 32747 C	
US 4456428 A	26-06-1984	FR 2468727 A	08-05-1981
		DE 3040192 A	07-05-1981
		GB 2061400 A,B	13-05-1981
US 2906494 A	29-09-1959	KEINE	
GB 375226 A		GB 374377 A	
		NL 32747 C	
GB 2078596 A	13-01-1982	KEINE	
US 5243759 A	14-09-1993	KEINE	
US 3885609 A	27-05-1975	BE 794194 A	18-07-1973
		CA 979810 A	16-12-1975
		CH 547430 A	29-03-1974
		DE 2202857 B	20-06-1973
		FR 2168801 A	31-08-1973
		GB 1357713 A	26-06-1974
		IT 978244 B	20-09-1974
		JP 869320 C	13-07-1977
		JP 48082211 A	02-11-1973
		JP 51045727 B	04-12-1976
		NL 7300698 A	20-07-1973
		SE 381312 B	01-12-1975

EPO FORM P0461

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