



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 331 361 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.07.2003 Patentblatt 2003/31

(51) Int Cl.7: **F01D 5/18, F01D 9/04,
B22C 9/22**

(21) Anmeldenummer: **02001265.4**

(22) Anmeldetag: **17.01.2002**

(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

(72) Erfinder: **Tiemann, Peter
58452 Witten (DE)**

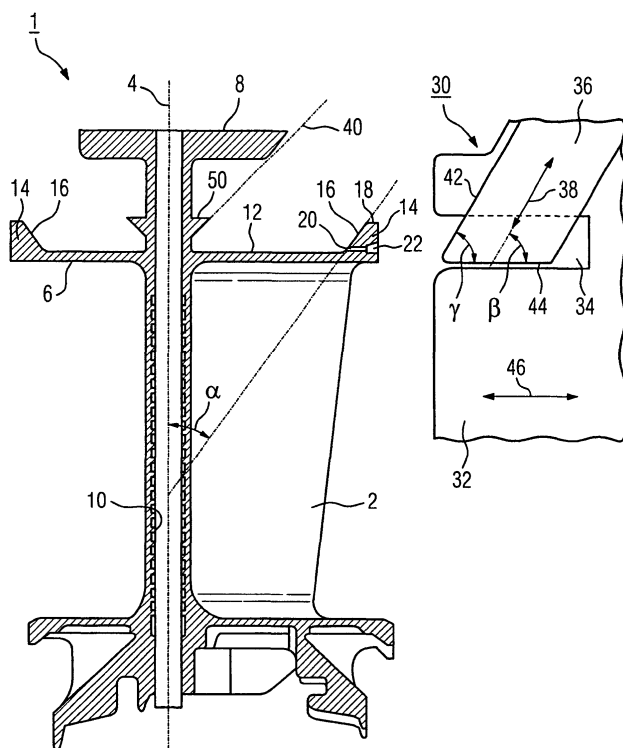
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86 (2)
EPÜ.

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

(54) **Turbinenschaufel sowie Giesssystem zur Herstellung einer Turbinenschaufel**

(57) Eine Turbinenschaufel (1) mit einem profilierten, entlang einer Schaufelachse (4) erstreckten Schaufelblatt (2), an das endseitig eine sich quer zur Schaufelachse (4) erstreckende Plattform (6) angeformt ist, soll für eine besonders hohe thermische und mechanische Belastbarkeit ausgelegt sein, wobei zudem eine zuverlässige Kühlung mit vergleichsweise geringem Bedarf an Kühlmittel ermöglicht sein soll. Dazu weist die Plattform (6) erfindungsgemäss einen im Vergleich zum

Plattformboden (12) verdickten Außenrand (14) auf, dessen der Schaufelachse (4) zugewandte Seitenwand (16) bezogen auf die Schaufelachse (4) abgeschrägt geführt ist. Ein zur Herstellung der Turbinenschaufel (1) geeignetes Giesssystem (30) weist ein in einer Gießform positionierbares erstes Maskelement (32) auf, in dem ein im wesentlichen flächig ausgebildetes zweites Maskelement (36) in einer um einen Winkel (β) von mehr als 10° und von weniger als 80° verkippten Richtung verschiebbar geführt ist.



EP 1 331 361 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Turbinenschaufel mit einem profilierten, entlang einer Schaufelachse erstreckten Schaufelblatt, an das endseitig eine sich quer zur Schaufelachse erstreckende Plattform angeformt ist. Sie betrifft weiter ein Gießsystem zur Herstellung einer derartigen Turbinenschaufel.

[0002] Gasturbinen werden in vielen Bereichen zum Antrieb von Generatoren oder von Arbeitsmaschinen eingesetzt. Dabei wird der Energieinhalt eines Brennstoffs zur Erzeugung einer Rotationsbewegung einer Turbinenwelle benutzt. Der Brennstoff wird dazu in einer Brennkammer verbrannt, wobei von einem Luftverdichter verdichtete Luft zugeführt wird. Das in der Brennkammer durch die Verbrennung des Brennstoffs erzeugte, unter hohem Druck und unter hoher Temperatur stehende Arbeitsmedium wird dabei über eine der Brennkammer nachgeschaltete Turbineneinheit geführt, wo es sich arbeitsleistend entspannt.

[0003] Zur Erzeugung der Rotationsbewegung der Turbinenwelle sind dabei an dieser eine Anzahl von üblicherweise in Schaufelgruppen oder Schaufelreihen zusammengefaßten Laufschaufeln angeordnet, die über einen Impulsübertrag aus dem Strömungsmedium die Turbinenwelle antreiben. Zur Führung des Strömungsmediums in der Turbineneinheit sind zudem üblicherweise zwischen benachbarten Laufschaufelreihen mit dem Turbinengehäuse verbundene Leitschaufelreihen angeordnet. Die Turbinenschaufeln, insbesondere die Leitschaufeln, weisen dabei üblicherweise zur geeigneten Führung des Arbeitsmediums ein profiliertes, entlang einer Schaufelachse erstrecktes Schaufelblatt auf, an das sich endseitig zur Befestigung der Turbinenschaufel am jeweiligen Trägerkörper eine sich quer zur Schaufelachse erstreckende, in zumindest einem Endbereich als Hakensockel ausgebildete Plattform angeformt ist.

[0004] Zur Erreichung eines besonders günstigen Wirkungsgrads sind derartige Gasturbinen aus thermodynamischen Gründen üblicherweise für besonders hohe Austrittstemperaturen des aus der Brennkammer ab- und die in die in die Turbineneinheit einströmenden Arbeitsmediums von etwa 1200 °C bis etwa 1300 °C ausgelegt. Bei derartig hohen Temperaturen sind die Komponenten der Gasturbine, insbesondere die Turbinenschaufeln, vergleichsweise hohen thermischen Belastungen ausgesetzt. Um auch bei derartigen Betriebsbedingungen eine hohe Zuverlässigkeit und eine lange Lebensdauer der jeweiligen Komponenten zu gewährleisten, sind die betroffenen Bauteile üblicherweise kühlbar ausgebildet.

[0005] Dazu sind in modernen Gasturbinen die Turbinenschaufeln üblicherweise als sogenanntes Hohlprofil ausgebildet. Das profilierte Schaufelblatt weist dazu in seinem Innenbereich auch als Schaufelkern bezeichnete Hohlräume auf, in denen ein Kühlmedium geführt werden kann. Durch die solchermaßen gebildeten Kühl-

mittelkanäle ist somit eine Beaufschlagung der thermisch besonders beanspruchten Bereiche des jeweiligen Schaufelblatts mit Kühlmittel ermöglicht. Eine besonders günstige Kühlwirkung und somit eine besonders hohe Betriebssicherheit ist dabei erreichbar, indem die Kühlmittelkanäle einen vergleichsweise großen Raumbereich im Inneren des jeweiligen Schaufelblatts einnehmen, und indem das Kühlmittel möglichst nah an der jeweiligen, dem Heißgas ausgesetzten Oberfläche geführt ist. Um bei einer derartigen Auslegung andererseits eine ausreichende mechanische Stabilität und Belastbarkeit sicherzustellen, kann die jeweilige Turbinenschaufel mehrkanalig durchströmt sein, wobei im Inneren des Schaufelprofils eine Mehrzahl von mit Kühlmittel beaufschlagbaren, jeweils voneinander durch vergleichsweise dünne Trennwände getrennte Kühlmittelkanäle vorgesehen sind.

[0006] Derartige Turbinenschaufeln werden üblicherweise durch Gießen hergestellt. Dazu wird in einem ersten Gießschritt eine in ihrer Kontur an das gewünschte Schaufelprofil angepaßte Gießform mit Wachs ausgegossen. Zur Herstellung der Strömungskanäle für das Kühlmittel werden beim Gießen in der Gießform sogenannte Kernelemente beispielsweise aus keramischem Material angeordnet, die nach erfolgtem Gießvorgang aus dem WachsmodeLL für den Schaufelkörper entfernt werden, so daß die für die Kühlmittelkanäle gewünschten Hohlräume entstehen. Das im ersten Gießschritt erhaltene WachsmodeLL wird anschließend durch wiederholtes Eintauchen mit einem Keramiküberzug versehen. Sobald dieser, gegebenenfalls nach mehreren Tauchvorgängen, eine ausreichende Dicke aufweist, wird das mit dem Keramiküberzug versehene WachsmodeLL ausgebrannt, wobei sich die Keramik verfestigt und das Wachs ausgebrannt wird. Dadurch entsteht eine Keramik-Gießform für die Schaufel, in der auch die Kernelemente für Kühlkanäle o.ä. umfaßt sind. In einem zweiten Gießschritt wird diese Keramik-Gießform mit Schaufelmaterial ausgegossen. Zur Herstellung des WachsmodeLLs und insbesondere von dessen Schaufelblatt und der daran angeformten Strukturteile wie beispielsweise der Plattform oder eines Hakensockels werden entsprechend ausgeformte Maskenelemente oder Schieber derart in der Gießform für den ersten Gießschritt angeordnet, daß während des Gießvorgangs ein der herzustellenden Schaufelform entsprechender Hohlraum zur Aufnahme für das Wachs verbleibt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbinenschaufel der oben genannten Art anzugeben, die einerseits für eine besonders hohe thermische und mechanische Belastbarkeit ausgelegt ist, und bei der andererseits eine zuverlässige Kühlung mit vergleichsweise geringem Bedarf an Kühlmittel ermöglicht ist. Weiterhin soll ein zur Herstellung der Turbinenschaufel geeignetes Gießsystem angegeben werden.

[0008] Bezüglich der Turbinenschaufel wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem die Plattform

einen im Vergleich zum Plattformboden verdickten Außenrand aufweist, dessen dem Schaufelblatt zugewandte Seitenwand bezogen auf die Schaufelachse abgeschrägt geführt ist.

[0009] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß die Turbinenschaufel für eine besonders günstige Herstellbarkeit in einkristalliner Bauweise ausgestaltet sein sollte. Eine Turbinenschaufel in einkristalliner Bauweise ist nämlich bereits aufgrund der Werkstoffeigenschaften vergleichsweise hoch belastbar. Eine einkristalline Bauweise ist insbesondere durch die Verwendung von auch als Schieber bezeichneten Maskenelementen für den Guss günstiger, insbesondere da alternativ verwendbare sogenannte verlorene Einsätze zur Keimbildung polykristallinen Materials beitragen würden und somit für einkristalline Schaufeln nicht verwendbar sind. Die Turbinenschaufel sollte somit in ihrer Konturierung derart ausgelegt sein, daß auf vergleichsweise einfache Weise eine Positionierung und nach dem Gießen eine Entfernung der zur Bildung von Plattformvertiefungen verwendeten Maskenelemente oder Schieber ermöglicht ist. Auch bei Einhaltung dieser Randbedingungen sollte die Turbinenschaufel jedoch für einen vergleichsweise geringen Bedarf an Kühlmittel ausgelegt sein. Dies ist unter anderem erreichbar, indem die zur Aufnahme der thermischen Belastungen ausgelegte Plattform vergleichsweise dünnwandig und somit unter nur geringem Materialverbrauch ausgelegt ist. Dies ist auch unter den genannten Vorgaben erreichbar, indem vor dem Gießen der Turbinenschaufel eine Mehrzahl von Maskenelementen in der Gießform angeordnet wird, wobei ein Maskenelement zur Reduzierung der Plattformdicke in den für diese vorgesehenen Raumbereich einbringbar ist. Um den entsprechenden Vortrieb in diesen Raumbereich auch unter Umgehung von oberhalb der Plattform anzuordnenden Formteilen und auch in einen Raumbereich besonders nah im Schaufelzentrum hinein zu ermöglichen, ist die Turbinenschaufel für abgeschrägte Seitenwände im Bereich des an der Plattform angeordneten Außenrings ausgelegt.

[0010] Für eine besonders hohe mechanische und thermische Belastbarkeit der Turbinenschaufel ist vorteilhafterweise eine Funktionstrennung zwischen den für die Aufnahme der mechanischen Belastung einerseits und für die Aufnahme der thermischen Belastung andererseits vorgesehenen Komponenten vorgenommen. Dazu ist in vorteilhafter Ausgestaltung am Schaufelblatt der Turbinenschaufel im Endbereich über der Plattform ein Hakensockel angeformt. Um nämlich bei Turbinenschaufeln bei zuverlässiger mechanischer Aufhängung eine besonders hohe Stabilität gegenüber thermischer Beanspruchung zu ermöglichen, sind vorteilhafterweise im Bereich der Verhakung der Turbinenschaufel die Plattform und der Hakensockel voneinander strukturell entkoppelt ausgebildet. Dabei dient die an das Schaufelblatt angeformte Plattform ausschließlich zur Kompensation der thermischen Be-

lastung durch das im Innenraum der Gasturbine geführte heiße Arbeitsmedium, ohne daß damit eine mechanische Belastung verbunden wäre. Für einen vergleichsweise geringen Kühlbedarf für diese Komponente ist die Plattform vorzugsweise vergleichsweise dünnwandig ausgeführt, was insbesondere dadurch ermöglicht ist, daß die Plattform keinerlei mechanischer Beanspruchung ausgesetzt ist. Die mechanische Belastung erfolgt dabei über einen oberhalb der Plattform angeordneten Hakensockel, der in ein entsprechendes Strukturteil an der Turbinenwand oder der Turbinenwelle eingehängt ist. Der Hakensockel ist dabei zweckmäßigerweise für die Aufnahme der mechanischen Belastung hinreichend dimensioniert ausgelegt, wobei eine Beaufschlagung des Hakensockels durch thermische Belastung durch die Plattform vermieden ist. Der Kühlbedarf für den Hakensockel ist somit vergleichsweise gering.

[0011] Der Außenrand der Plattform kann insbesondere einen im Hinblick auf die Schaufelachse im wesentlichen geradlinig geführten, also im Querschnitt parallel zu dieser ausgerichteten äußeren Seitenwand aufweisen. Bei einer derartigen Ausgestaltung ist der Außenrand somit in seinen dem Plattformboden zugewandten Bereich vergleichsweise dick ausgeführt und verjüngt sich im Querschnitt stetig bis hin zu seinem dem Plattformboden abgewandten Ende. Um in diesem Fall eine zuverlässige Kühlung aller Raumbereiche des Außenrands zu gewährleisten, sollten besondere Mittel für eine Beaufschlagung des vergleichsweise dicken unteren Raumbereichs des Außenrands vorgesehen sein. Dazu ist der Außenrand der Plattform vorteilhafterweise in seinem Bodenbereich mit einer Anzahl von Kühlbohrungen versehen. Für eine besonders einfache Betriebsweise sind die Kühlbohrungen dabei in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ausgangsseitig in einen gemeinsamen Kühlspalt geführt.

[0012] Die Turbinenschaufel kann als Laufschaufel für eine Turbine vorgesehen sein. Vorzugsweise ist die Turbinenschaufel aber als Leitschaufel für eine Gasturbine, insbesondere für eine stationäre Gasturbine ausgebildet.

[0013] Die auf das Gießsystem zur Herstellung einer derartigen Turbinenschaufel gerichtete Aufgabe wird gelöst mit einem in einer Gießform positionierbaren ersten Maskenelement, das eine Grenzfläche des Plattformbodens vorgebende Ausnehmung aufweist, und in dem ein im wesentlichen flächig ausgebildetes zweites Maskenelement in einer um einen Winkel von mehr als 10° und von weniger als 80° vorzugsweise von weniger 60° gegenüber der die Grenzfläche vorgebenden Ausnehmung verkippten Richtung verschiebbar geführt ist.

[0014] Durch das Zusammenwirken dieser beiden Maskenelemente, von denen das erste Maskenelement auch als Umfangsschieber und das zweite Maskenelement auch als Taschenschieber bezeichnet werden kann, ist die Herstellung einer Plattformtasche mit an-

geschrägten Seitenwänden auch ohne Verwendung eines "verlorenen Einsatzes" ermöglicht. Das Gießsystem eignet sich somit insbesondere zur Herstellung einkristalliner Turbinenschaufeln, zumal gerade durch den bewußten Verzicht auf die Verwendung von "verlorenen Einsätzen" eine Keimbildung für polykristalline Bereiche besonders gering gehalten ist. Zur Herstellung eines im wesentlichen planar ausgebildeten Plattformbodens weist das zweite Maskenelement dabei vorteilhafterweise eine gegenüber seiner Grundfläche um einen angepaßten Winkel von mehr als 10° und von weniger 80° verkippte Stirnfläche auf, die gemeinsam mit der Ausnehmung des ersten Maskenelements eine Gießmaske für den Plattformboden bildet.

[0015] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch die schräg geführte Seitenwand der Plattformtasche, die durch das im ersten Maskenelement oder dem Umfangsschieber angeordnete, in Umfangsrichtung schräg sitzende zweite Maskenelement oder den Separatschieber herstellbar ist, eine Hinterschneidung der Verrippung des Profils zur Verhakung vermieden werden kann. Dadurch sind beide Maskenelemente nach Vollendung des Gießvorgangs wieder entfernbar, so daß die Verwendung eines "verlorenen Einsatzes" nicht erforderlich ist. Durch die im Außenrand der Plattform angeordneten Kühlbohrungen ist zudem auch eine zuverlässige Kühlung aller Raumbereiche der Plattform mit vergleichsweise geringem Kühlmittelbedarf ermöglicht, wobei insbesondere durch die vergleichsweise breite Basis des Außenrands der Plattform die für den Kühlmittelverbrauch erhebliche prallgekühlte Fläche vergleichsweise klein gehalten werden kann. Durch die Verbreiterung des Außenrands im Bereich des Plattformbodens ist zudem der im Betrieb der Turbinenschaufel vergleichsweise warme Anteil im Vergleich zum kälteren Anteil besonders groß, so daß die durch behinderte Wärmeausdehnungen im Schaufelmaterial induzierten Spannungen vergleichsweise gering gehalten sind.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur eine Turbinenschaufel im Längsschnitt zusammen mit schematisch angedeuteten Elementen eines Gießsystems.

[0017] Die Turbinenschaufel 1 gemäß der Figur weist ein profiliertes Schaufelblatt 2 auf, das sich entlang einer Schaufelachse 4 erstreckt. Das Schaufelblatt 2 ist dabei zur geeigneten Beeinflussung eines in einer zugeordneten Turbineneinheit strömenden Strömungsmediums gewölbt und/oder gekrümmt.

[0018] Die Turbinenschaufel 1 im Ausführungsbeispiel ist als Leitschaufel für eine Gasturbine ausgebildet; nach den nachfolgend beschriebenen Grundsätzen könnte aber auch eine Laufschaufel ausgestaltet sein. Dazu ist endseitig am in der Darstellung nach der Figur oberen Ende des Schaufelblatts 2 an dieses eine sich quer zur Schaufelachse 4 erstreckende Plattform 6 angeformt. Im Sinne der Darstellung nach der Figur ober-

halb der Plattform 6 oder darüberliegend angeordnet ist zudem ein Hakensockel 8 angeformt, der in nicht näher dargestellter Weise an einem Turbinengehäuse befestigbar ist. Der Hakensockel 8 ist mit einem benachbarten Strukturelement in Eingriff bringbar, so daß auf besonders einfache Weise eine Befestigung der Turbinenschaufel 1 an einem Trägerkörper ermöglicht ist. Die Turbinenschaufel 1 ist dabei für einen Einsatz in der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums gesehen zweiten Leitschaufelreihe der Gasturbine vorgesehen, so daß der Hakensockel 8 sowohl vorderseitig als auch rückseitig für eine Aufhängung in einem Strukturelement ausgestaltet ist.

[0019] Die Turbinenschaufel 1 ist zum Einsatz in einem thermisch vergleichsweise hoch belasteten Raumbereich der Gasturbine ausgebildet. Dazu ist einerseits eine konsequente funktionelle Trennung der Aufnahme thermischer Belastungen und mechanischer Belastungen der Turbinenschaufel 1 durch unterschiedliche Strukturteile vorgesehen. Dies ist durch die separate Anordnung der Plattform 6 und des Hakensockels 8 gewährleistet. Die Plattform 6 dient nämlich zur ausschließlichen Aufnahme der vom die Gasturbine durchströmenden heißen Arbeitsmedium ausgehenden thermischen Belastung, ohne daß die Plattform 6 dabei mechanischen Belastungen ausgesetzt wäre.

[0020] Diese werden vielmehr von dem von der Plattform 6 strukturell entkoppelten Hakensockel 8 aufgenommen, der seinerseits jedoch durch die vorgeschaltete Plattform 6 einer nur vergleichsweise geringen thermischen Belastung ausgesetzt ist. Um den Einsatz der Turbinenschaufel 1 in einem thermisch hoch belasteten Raumbereich noch zusätzlich zu erleichtern, ist die Turbinenschaufel 1 auch kühlbar ausgebildet. Dazu ist das Schaufelblatt 2 in der Art einer Innenprofilierung mit einem Hohlraum 10 ausgeführt, über den ein Kühlmittel wie beispielsweise Kühlluft oder Kühllampf führbar ist.

[0021] Die Plattform 6 weist einen vergleichsweise dünnwandig ausgeführten Plattformboden 12 auf, der in seiner flächigen Ausgestaltung im wesentlichen als Strahlungsschild für die vom die Turbinen durchströmenden Arbeitsmedium abgegebene Wärmeleistung wirkt. Für eine mögliche Verbindung mit umgebenden Strukturelementen, beispielsweise durch Verhakung, und/oder für eine Versteifung im Hinblick auf eine selbsttragende mechanische Stabilität ist die Plattform 6 mit einem aufgedickten Rand oder einer Verrippung ausgeführt und weist dazu einen im Vergleich zum Plattformboden 12 verdickten Außenrand 14 auf. Durch den Außenrand 14 und den Plattformboden 12 entsteht somit in der Art einer Vertiefung eine sogenannte Plattformtasche.

[0022] Für eine Vergleichsweise einfache Herstellbarkeit dieser Plattformtasche auch ohne Verwendung "verlorener Einsätze" ist die Turbinenschaufel 1 derart ausgelegt, daß auch unter Vermeidung einer Hinterschneidung mit dem in den jeweiligen Raumbereich hineinragenden Hakensockel 8 und somit unter Umföhrung

des jeweiligen Hakensockels 8 die reversible Einbringung eines Formteils in den Raumbereich der durch den Außenrand 14 gemeinsam mit dem Plattformboden 12 gebildeten Vertiefung ermöglicht ist. Um dies zu gewährleisten, ist die der Schaufelachse 4 zugewandte Seitenwand 16 des Außenrandes 14 bezogen auf die Schaufelachse 4 gesehen abgeschrägt geführt. Der diese Abschrägung charakterisierende Winkel α ist zu mehr als 10° und zu weniger als 80° , nämlich im Ausführungsbeispiel zu etwa 45° , gewählt.

[0023] Der Außenrand 14 weist somit in seinem dem Plattformboden 12 zugewandten Bodenbereich einen vergleichsweise breiten Querschnitt auf, der sich in Richtung zu seinem vom Plattformboden 12 abgewandten Ende 18 hin zunehmend verjüngt. Gerade in diesem oberen Endbereich ist der Außenrand 14 somit aufgrund des vergleichsweise geringfügigen Materialaufkommens mit vergleichsweise einfachen Mitteln und insbesondere unter Verwendung einer lediglich begrenzten Menge an Kühlmittel zuverlässig kühlbar. Um eine derartig zuverlässige Kühlung bei nur begrenzten Einsatz von Kühlmittel auch in seinem vergleichsweise breit ausgeführten, dem Plattformboden 12 zugewandten unteren Bereich zu ermöglichen, ist der Außenrand 14 in diesem Bereich mit einer Anzahl von mit einem Kühlmittel beaufschlagbaren Kühlbohrungen 20 versehen. Diese münden in ihrem Auslaßbereich in einen gemeinsamen Kühlspalt 22.

[0024] Die Turbinenschaufel 1 ist für eine hohe thermische Belastbarkeit bei hoher mechanischer Festigkeit ausgelegt. Dazu ist die Turbinenschaufel 1 in einkristalliner Bauweise ausgeführt. Unter Einhaltung der dafür vorgesehenen Randbedingungen wird die Turbinenschaufel 1 dazu unter Verwendung eines in der Figur lediglich auszugsweise dargestellten Gießsystem 30 durch Gießen hergestellt. Das Gießsystem 30, das im wesentlichen bei der Erstellung eines Wachsmodells für die Turbinenschaufel 1 zum Einsatz kommt, umfaßt als Grundelement eine nicht näher dargestellte Gießform. In dieser Gießform sind eine Anzahl von Maskelementen positionierbar, die in ihrer Gesamtheit einen der Kontur der herzustellenden Turbinenschaufel 1 entsprechenden Hohlraum freilassen, der in einem anschließenden Arbeitsschritt mit gießfähigem Wachs befüllbar ist. Neben anderen, für die Konturgebung der Turbinenschaufel 1 erforderlichen Elementen umfaßt das Gießsystem 30 insbesondere ein erstes Maskelement 32, das in der Art eines Umfangsschiebers einsetzbar ist. Das erste Maskelement 32 umfaßt dazu neben anderen strukturbestimmenden Formelementen eine die Grenzfläche des Plattformbodens 12 vorgegebene Ausnehmung 34.

[0025] Das erste Maskelement 32 ist zur endgültigen Formgebung für die Plattform 6 durch ein zweites Maskelement 36 ergänzt, das im wesentlichen flächig ausgebildet und im ersten Maskelement 32 verschiebbar geführt ist. In der in der Figur gezeigten Gießposition ragt das zweite Maskelement 36 derart

in die Ausnehmung 34 des ersten Maskelements 32 hinein, daß lediglich ein an die endgültige Formgebung der Plattform 6 angepaßter Raumbereich freigelassen ist. Dieser gibt somit sowohl den Plattformboden 12 als auch den Außenrand 14 der Plattform 6 vor.

[0026] Um nach dem Gießen eines Wachsmodells für die Turbinenschaufel 1 eine einfache Entfernung der Maskelemente 32, 36 durch einfaches Verschieben und ohne "verlorene Einsätze" zu ermöglichen, ist das zweite Maskelement 36 in einer um einen Winkel β von etwa 45° gegenüber der die Grenzfläche des Plattformbodens 12 vorgebenden Ausnehmung 34 verkippten, durch den Doppelpfeil 38 angedeuteten Richtung verschiebbar angeordnet. Auf diese Weise ist eine Entfernung des zweiten Maskelements 36 vom Wachsmodell der Turbinenschaufel 1 nach dessen Gießen durch einfaches Verschieben in Richtung des Doppelpfeils 38 ermöglicht, ohne daß dies durch den Hakensockel 8 beeinträchtigt wäre. Der Hakensockel 8 ist dafür in seiner lateralen Ausdehnung derart dimensioniert, daß er den durch die Linie 40 angedeuteten Raumbereich für das zweite Maskelement 36 nicht beeinträchtigt.

[0027] Um die Formgebung für die Plattform 6 insgesamt geeignet zu ermöglichen, weist das zweite Maskelement 36 zudem eine gegenüber seiner Grundfläche 42 um einen Winkel γ von im Ausführungsbeispiel etwa 45° verkippte Stirnfläche 44 auf, die gemeinsam mit der Ausnehmung 34 des ersten Maskelements eine Gießmaske für den Plattformboden 12 bildet.

[0028] Nach erfolgtem Gießen des Wachsmodells der Turbinenschaufel 1 kann durch die derartige Ausgestaltung und das Zusammenwirken des ersten Maskelements 32 mit dem zweiten Maskelement 36 das zweite Maskelement 36 zunächst durch einfaches Verschieben aus dem entstandenen Formkörper entfernt werden, ohne daß dies durch eine Hinterschneidung beispielsweise mit dem Hakensockel 8 behindert würde. Anschließend kann das erste Maskelement 32 durch Verschieben in der durch den Doppelpfeil 46 angedeuteten Umfangsrichtung, also im wesentlichen parallel zur Ausrichtung des Plattformbodens 12, entfernt werden. Somit ist ein zuverlässiges Gießen des Wachsmodells der Turbinenschaufel 1 ausschließlich unter Verwendung von Schiebern und ohne Verwendung "verlorener Einsätze" ermöglicht, so daß in besonders günstiger Weise die Herstellung auch einkristalliner Turbinenschaufeln 1 ermöglicht ist. Bei einer derartigen Herstellung kann im Bereich der Schaufelachse 4 ein die Plattformtasche begrenzender nasenartiger Vorsprung 50 der Plattform 6 zurückbleiben. Dieser Vorsprung 50 kann in besonders günstiger Weise als Auflage oder Fixierungsmittel für ein Prallkühlblech Verwendung finden.

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1) mit einem profilierten, entlang einer Schaufelachse (4) erstreckten Schaufelblatt (2), an das in einem Endbereich eine sich quer zur Schaufelachse (4) erstreckende Plattform (6) angeformt ist, wobei die Plattform (6) einen im Vergleich zum Plattformboden (12) verdickten Außenrand (14) aufweist, dessen der Schaufelachse (4) zugewandte Seitenwand (16) bezogen auf diese abgeschrägt geführt ist. 5
2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1, an deren Schaufelblatt (2) im Endbereich über der Plattform (6) ein Hakensockel (8) angeformt ist. 10
3. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Außenrand (14) der Plattform (6) in seinem Bodenbereich mit einer Anzahl von Kühlbohrungen (20) versehen ist. 15
4. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 3, bei der die Kühlbohrungen (20) ausgangsseitig in einen gemeinsamen Kühlspace (22) münden. 20
5. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die als Leitschaufel für eine Gasturbine, insbesondere für eine stationäre Gasturbine, ausgebildet ist. 25
6. Gießsystem (30) zur Herstellung einer Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einem in einer Gießform positionierbaren ersten Maskenelement (32), das eine Grenzfläche des Plattformbodens (12) vorgebende Ausnehmung (34) aufweist, und in dem ein im wesentlichen flächig ausgebildetes zweites Maskenelement (36) in einer um einen Winkel (β) von mehr als 10° und von weniger als 80° gegenüber der die Grenzfläche vorgebenden Ausnehmung (34) verkippten Richtung verschiebbar geführt ist. 30
7. Gießsystem (30) nach Anspruch 6, dessen zweites Maskenelement (36) eine gegenüber seiner Grundfläche (42) um einen Winkel (γ) von mehr als 10° und von weniger als 80° verkippte Stirnfläche (44) aufweist, die gemeinsam mit der Ausnehmung (34) des ersten Maskenelements (32) eine Gießmaske für den Plattformboden (12) bildet. 35

50

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ.

1. Turbinenschaufel (1) mit einem profilierten, entlang einer Schaufelachse (4) erstreckten Schaufelblatt (2), an das in einem Endbereich eine sich quer zur Schaufelachse (4) erstreckende Plattform (6) 55

angeformt ist, wobei die Plattform (6) einen im Vergleich zum Plattformboden (12) verdickten Außenrand (14) aufweist, dessen der Schaufelachse (4) zugewandte Seitenwand (16) bezogen auf diese abgeschrägt geführt ist und an deren Schaufelblatt (2) im Endbereich über der Plattform (6) ein Hakensockel (8) angeformt ist.

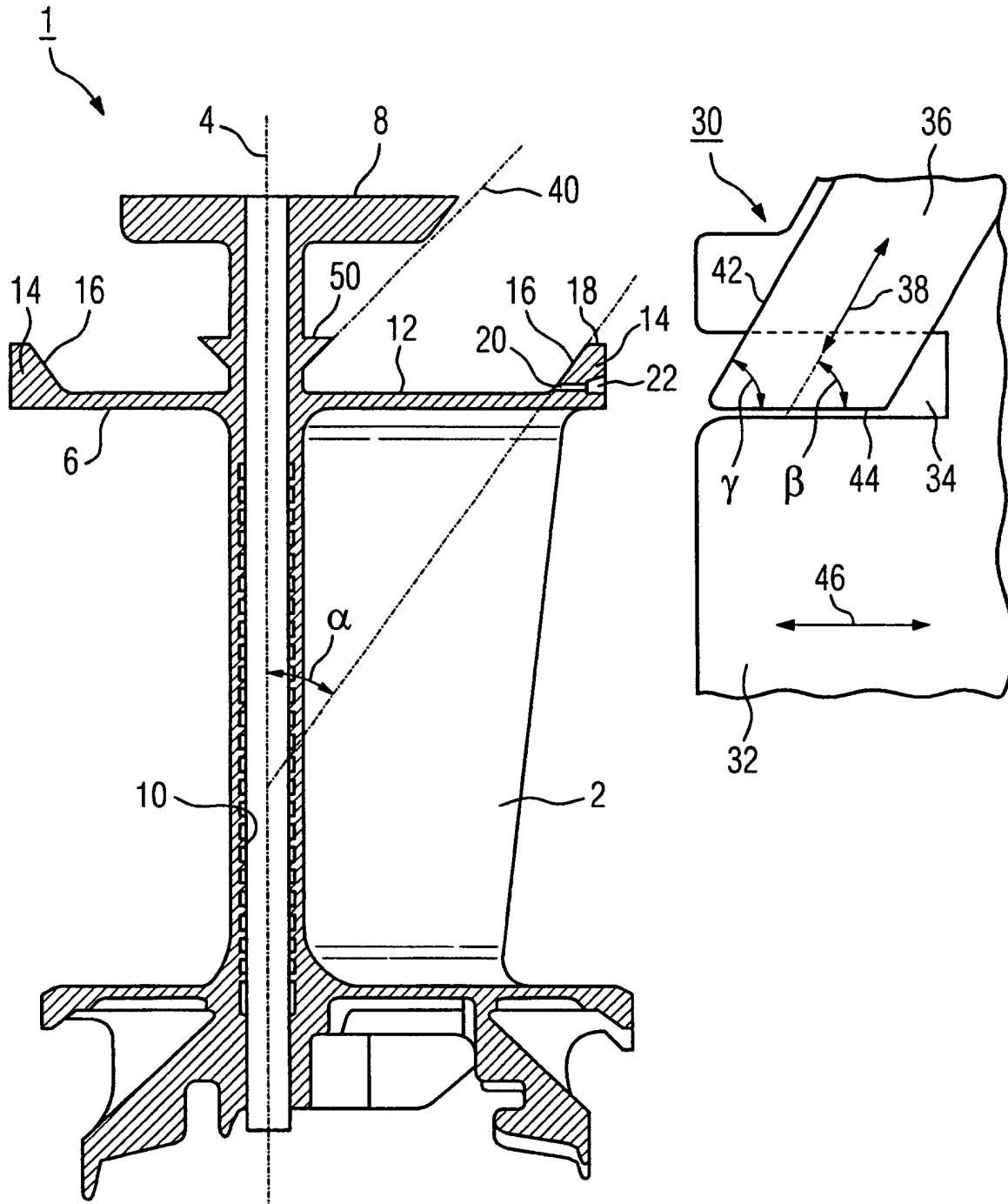
2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Außenrand (14) der Plattform (6) in seinem Bodenbereich mit einer Anzahl von Kühlbohrungen (20) versehen ist.

3. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 3, bei der die Kühlbohrungen (20) ausgangsseitig in einen gemeinsamen Kühlspace (22) münden.

4. Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die als Leitschaufel für eine Gasturbine, insbesondere für eine stationäre Gasturbine, ausgebildet ist.

5. Gießsystem (30) zur Herstellung einer Turbinenschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einem in einer Gießform positionierbaren ersten Maskenelement (32), das eine Grenzfläche des Plattformbodens (12) vorgebende Ausnehmung (34) aufweist, und in dem ein im wesentlichen flächig ausgebildetes zweites Maskenelement (36) in einer um einen Winkel (β) von mehr als 10° und von weniger als 80° gegenüber der die Grenzfläche vorgebenden Ausnehmung (34) verkippten Richtung verschiebbar geführt ist.

6. Gießsystem (30) nach Anspruch 6, dessen zweites Maskenelement (36) eine gegenüber seiner Grundfläche (42) um einen Winkel (γ) von mehr als 10° und von weniger als 80° verkippte Stirnfläche (44) aufweist, die gemeinsam mit der Ausnehmung (34) des ersten Maskenelements (32) eine Gießmaske für den Plattformboden (12) bildet.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 00 1265

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 357 984 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 14. März 1990 (1990-03-14)	1,3-5	F01D5/18
Y	* Spalte 5, Zeile 17 - Zeile 40 *	2	F01D9/04
	* Abbildung 4 *		B22C9/22
X	WO 02 27147 A (SIEMENS WESTINGHOUSE POWER) 4. April 2002 (2002-04-04)	1,3-5	
	* das ganze Dokument *		
X	WO 96 13653 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 9. Mai 1996 (1996-05-09)	1,3	
	* Zusammenfassung *		
	* Abbildungen 2-10 *		
X	EP 0 937 863 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 25. August 1999 (1999-08-25)	1,3	
	* Abbildungen 1-10 *		
Y	US 2 488 875 A (WALTON MORLEY FREDERICK WILLIA) 22. November 1949 (1949-11-22)	2	
	* Abbildung 2 *		
Y	EP 1 145 784 A (SIEMENS AG) 17. Oktober 2001 (2001-10-17)	6	
	* das ganze Dokument *		
Y	DE 100 04 714 A (KARL WALTER FORMEN FORMEN & KO) 16. August 2001 (2001-08-16)	6	
	* Ansprüche 1-3 *		
	* Abbildung 1 *		
Y	DE 100 24 278 A (WEIDMUELLER INTERFACE) 22. November 2001 (2001-11-22)	6	
	* das ganze Dokument *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 16. Juli 2002	Prüfer Koch, R
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 02 00 1265

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.

16-07-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0357984	A	14-03-1990	US 4902198 A	20-02-1990
			CA 1309597 A1	03-11-1992
			DE 68906334 D1	09-06-1993
			DE 68906334 T2	26-08-1993
			EP 0357984 A1	14-03-1990
			JP 2104902 A	17-04-1990
			JP 2835382 B2	14-12-1998
			MX 164477 B	19-08-1992
WO 0227147	A	04-04-2002	WO 0227147 A1	04-04-2002
WO 9613653	A	09-05-1996	DE 69503798 D1	03-09-1998
			DE 69503798 T2	14-01-1999
			EP 0789806 A1	20-08-1997
			ES 2118638 T3	16-09-1998
			JP 10508077 T	04-08-1998
			WO 9613653 A1	09-05-1996
			US 6120249 A	19-09-2000
EP 0937863	A	25-08-1999	JP 11236805 A	31-08-1999
			JP 11247606 A	14-09-1999
			EP 0937863 A2	25-08-1999
			US 6196799 B1	06-03-2001
US 2488875	A	22-11-1949	CH 268031 A	30-04-1950
			FR 965713 A	20-09-1950
			GB 623508 A	18-05-1949
EP 1145784	A	17-10-2001	EP 1145784 A1	17-10-2001
			WO 0178920 A1	25-10-2001
DE 10004714	A	16-08-2001	DE 10004714 A1	16-08-2001
			BR 0100248 A	02-10-2001
			BR 0100312 A	11-09-2001
			DE 20022711 U1	28-02-2002
			EP 1122003 A1	08-08-2001
			HU 0100498 A2	28-11-2001
			PL 345177 A1	13-08-2001
			US 2001025699 A1	04-10-2001
DE 10024278	A	22-11-2001	DE 10024278 A1	22-11-2001

EPO FORM P0461

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