

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 894 558 A1

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
03.02.1999 Patentblatt 1999/05

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B22D 27/04

(21) Anmeldenummer: 97113044.8

(22) Anmeldetag: 29.07.1997

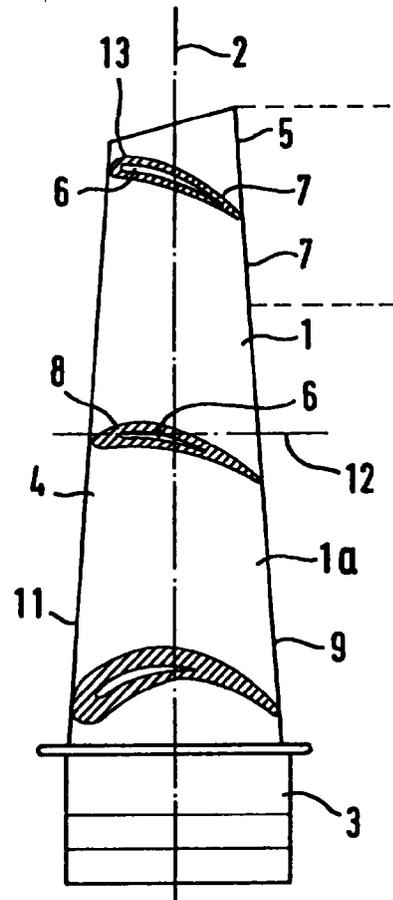
(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV RO SI

(72) Erfinder:  
• Bischoff-Beiermann, Burkhard  
44869 Bochum (DE)  
• Esser, Winfried  
44805 Bochum (DE)

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

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

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel (1), insbesondere Gasturbinenschaufel, welche sich entlang einer Hauptachse (2) von einem Fußbereich (3) über einen Schaufelblattbereich (4) zu einem Kopfbereich (5) erstreckt. In dem Schaufelblattbereich (4) weist sie einen Hohlraum (6) auf, der zumindest bereichsweise von einer Schaufelwand (7) geringer Wandstärke umgeben ist. Die Schaufelwand (7) weist einen metallischen Werkstoff (8) mit geringer mittlerer Korngröße auf. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel (1).



**FIG 1**

EP 0 894 558 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbinenschaufel, insbesondere eine Gasturbinenschaufel, welche sich entlang einer Hauptachse von einem Fußbereich über einen Schaufelblattbereich zu einem Kopfbereich erstreckt. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel, insbesondere einer Gasturbinenschaufel.

[0002] In der DE-AS 22 42 111 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung von Gußstücken, insbesondere Gasturbinenschaufeln, mit gerichtet erstarrtem Gefüge beschrieben. Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Herstellung möglichst lunkerfreier Gußstücke. Die gerichtete Erstarrung mit einem einkristallinen oder stengelförmigen Gefüge durch eine Kontrolle über den Beginn des Kornwachstums erreicht. Bei Durchführung des Verfahrens wird eine mit geschmolzenem Metall zu füllende Schalenform auf einer Abschreckplatte abgesetzt und auf eine Temperatur aufgeheizt, die insbesondere 150 °C oberhalb der Temperatur des Schmelzpunktes des zu gießenden Metalls liegt. Das geschmolzene Metall wird in die Schalenform eingefüllt und die Abschreckplatte mit der Schalenform in ein Kühlflüssigkeitsbad eingetaucht. Die Temperatur der Kühlflüssigkeit liegt wesentlich unterhalb des Schmelzpunktes des Metalls. Die Abschreckplatte ist bereits vor dem Eingießen des Metalls in die Schalenform durch das Kühlmittel gekühlt. Für die Herstellung einer Turbinenschaufel wird als Metall eine Superlegierung, wie beispielsweise Mar-M 200, verwendet. Das Eintauchen der Schalenform in das Kühlflüssigkeitsbad erfolgt mit einer derartigen Geschwindigkeit, daß die Oberfläche des Kühlflüssigkeitsbades dem Solituspegel nicht voreilt, so daß die Wärmeabfuhr aus der breiigen Zone der erstarrenden Legierung vertikal abwärts erfolgt und die flüssig-feste Grenzfläche im wesentlichen horizontal bleibt. Dies soll das Wachstums eines Einkristalls sicherstellen und eine Keimbildung von Körnern an der Oberfläche der Schalenform verhindern. Bei der Herstellung einer Turbinenschaufel als Einkristall wird die Schalenform auf über 1500 °C erhitzt. Als Kühlflüssigkeit wird flüssiges Zinn verwendet, welches eine Temperatur von etwa 260 °C aufweist. Die Geschwindigkeit, mit der die Schalenform in das Flüssigkeitsbad eingetaucht wird, beträgt etwa 3 m/h. Die Turbinenschaufel wird hierbei als Vollmaterial-schaufel aus einer Nickel- oder Kobaltbasislegierung in einkristalliner Form, mit einer Gesamtlänge von etwa 10 cm gegossen. In der EP-0 010 538 A1 sind ein geschwindigkeitskontrollier

[0003] tes Verfahren zur gerichteten Erstarrung sowie ein nach diesem Verfahren hergestelltes Gußstück angegeben. Für die gerichtete Erstarrung eines Gußstückes ist von besonderer Bedeutung das Verhältnis aus Temperaturgradient  $G$  und Erstarrungsgeschwindigkeit  $R$ . Für eutektische Superlegierungen muß das Verhältnis von  $G$  zu  $R$  einen bestimmten charakteristi-

schen Wert überschreiten, damit eine gerichtete Erstarrung stattfindet. Die gerichtete Erstarrung wird hierbei hauptsächlich verwendet, um ein Gußstück für eine Gasturbine herzustellen, welches eine stengelförmige Kornstruktur, ein Einkristall oder ein eindimensional gerichtetes Eutektikum ist. Anwendung findet die Methode der gerichteten Erstarrung bei Superlegierungen wie U-700, B-1900, Mar-M 200 und IN-100. Testversuche zur Herstellung einer Gasturbinenschaufel für die erste Stufe eines Flugzeugtriebwerkes in einkristalliner Form wurden mit hoher Eintauchgeschwindigkeit bei Strahlungskühlung und alternativ bei Kühlung mittels eines flüssigen Metalls durchgeführt. Die Geschwindigkeit lag bei Strahlungskühlung zwischen 7,5 cm/h und 33 cm/h. Das gerichtet erstarrte Gußstück wurde als Vollkörper gegossen. In dem Artikel "A formal analysis from formally controlled solidification (TCS) trials investment castings" von Patrick D. Ferro, Sanjay B. Shendye in "Superalloys", 1996, Seiten 531 bis 535, The Minerals, Metals and Materials Society 1996, ist ein Verfahren zur thermisch kontrollierten Erstarrung großer Gußstücke mit Bereichen einer dünnen Wandstruktur beschrieben. Ein nach diesem Verfahren hergestelltes Gußstück unterscheidet sich gegenüber einem gerichtet erstarrten Gußstück oder einem einkristallinen Gußstück insbesondere durch die Korngröße. Gerichtet erstarrte und einkristalline Gußstücke zeichnen sich durch große und mittlere Korngrößen aus, ein nach dem thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahren hergestelltes Gußstück weist demgegenüber eine mittlere Korngröße wie ein konventionell hergestelltes Gußstück auf. Darüber hinaus hat ein nach dem thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahren hergestelltes Gußstück eine konsistente und gleichmäßige Korngröße in allen Gußbereichen. Bei dem thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahren wird ein Verhältnis aus Temperaturgradient  $G$  und Erstarrungsgeschwindigkeit  $R$  verwendet, das zu einer Mikrostruktur mit relativ kleinen, gleichgerichteten Körnern und minimalem Schwund führt. Das Verfahren wird in einem Vakuumofen durchgeführt, bei dem eine Gießform über eine Induktionsheizung in einer Heizzone erwärmt wird und zur Erstarrung des geschmolzenen Metalls aus dieser Heizzone herausgefahren wird, so daß eine Abkühlung und Erstarrung des geschmolzenen Metalls durch Strahlungskühlung erfolgt. Herstellung einer Gießform sowie Aufbau eines entsprechenden Ofens sind beispielsweise in der US-PS 4,724,891 beschrieben. Hierin wird die Herstellung eines Gehäuseteils einer Turbinenanlage beschrieben, welches bereichsweise eine dünne Wandstruktur mit einer Fläche von über 30 cm<sup>2</sup> und einer Wandstärke kleiner als 0,125 cm aufweist. Das Verhältnis aus der Fläche des Bereiches mit geringer Wandstärke und der Wandstärke liegt bei mindestens 40.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Turbinenschaufel, insbesondere eine Turbinenschaufel für eine Gasturbine, anzugeben. Eine weitere Aufgabe ist es,

ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel anzugeben.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird die auf eine Turbinenschaufel gerichtete Aufgabe durch eine Turbinenschaufel gelöst, welche sich entlang einer Hauptachse von einem Fußbereich über einen Schaufelblattbereich zu einem Kopfbereich erstreckt, und zumindest in dem Schaufelblattbereich einen Hohlraum aufweist, der zumindest bereichsweise von einer Schaufelwand geringer Wandstärke umgeben ist, wobei die Schaufelwand einen metallischen Werkstoff mit geringer mittlerer Korngröße in der Größenordnung der Korngröße eines konventionell gegossenen Werkstoffes aufweist.

**[0006]** Durch Anbringen eines Hohlraums in die Turbinenschaufel erfolgt u.a. eine Reduktion des Schaufelgewichtes. Bei einer fehlerfreien Erstarrung des Werkstoffes, insbesondere lunker- und porenfrei, wird ein während der Erstarrung auftretender Schwund durch nachlaufende Schmelze des Werkstoffes ausgeglichen. Dies wird beispielsweise durch Anwendung eines thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahrens erreicht. Ein Ausgleich des Schwundes kann dadurch erreicht werden, daß die Wandstärke von dem Kopfbereich zu dem Fußbereich hin zumindest ab einem gewissen Abstand vom Kopfbereich kontinuierlich zunimmt. Hierdurch erstarrt die Schmelze einer Legierung im Kopfbereich schneller als im Fußbereich. Durch Anwendung eines thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahrens können die Wandstärken entsprechend der geforderten Festigkeit angepaßt werden, so daß eine Verringerung des Gewichts der Turbinenschaufel erreichbar ist. Dadurch ist eine Reduzierung der Belastung des Fußbereichs, in dem die Turbinenschaufel in einer Turbinenwelle verankert ist, als Folge von auftretenden Fliehkräften gewährleistet. Die Turbinenschaufel kann auch im Fußbereich teilweise hohl ausgeführt sein.

**[0007]** Vorzugsweise nimmt die Querschnittsfläche in einer Ebene senkrecht zur Hauptachse von dem Kopfbereich zu dem Fußbereich hin zu. Die Querschnittsfläche liegt vorzugsweise in einem Bereich zwischen 500 mm<sup>2</sup> bis 10.000 mm<sup>2</sup>. Die Querschnittsfläche kann über eine vorgegebene, entsprechend den erforderlichen Festigkeiten bestimmte Länge von dem Kopfbereich in den Schaufelblattbereich hinein weitgehend konstant sein. Weiter in den Schaufelblattbereich hinein in Richtung des Fußbereiches kann die Querschnittsfläche insbesondere exponentiell zunehmen. Die Wandstärke vergrößert sich vorzugsweise von dem Kopfbereich ausgehend in Richtung des Fußbereichs. Dies kann vorzugsweise einhergehen mit der Verringerung der Größe des Hohlraums.

**[0008]** Die Länge, über die die Querschnittsfläche vom Kopfbereich in Richtung des Fußbereiches im wesentlichen konstant ist, beträgt vorzugsweise zwischen 15% und 40% der gesamten Höhe des Schaufelblattbereichs. Die Höhe des Schaufelblattbereichs beträgt vorzugsweise zwischen 5 cm und 70 cm. Turbinenschaufeln mit einer großen Höhe finden insbesond-

ere bei stationären Gasturbinen Anwendung. Für Turbinenschaufeln einer stationären Gasturbine ist ggf. eine Anpassung der Prozeßparameter des thermisch kontrollierten Erstarrungsverfahrens erforderlich.

**[0009]** Die Turbinenschaufel hat in einer Richtung senkrecht zur Hauptachse eine Ausdehnung, welche durch einen Abstand eines Anströmbereiches von einem Abströmbereich gekennzeichnet ist, wobei dieser Abstand vorzugsweise vom Fußbereich zum Kopfbereich hin abnimmt.

**[0010]** Die Turbinenschaufel ist vorzugsweise eine Laufschaufel oder eine Leitschaufel einer Gasturbine, insbesondere einer stationären Gasturbine. Sie ist hierbei vorzugsweise aus einer Nickelbasis- oder Kobaltbasis-Superlegierung, wie CM 247LC, Rene 80, IN 792, IN 738LC oder IN 939 ausgeführt. Selbstverständlich eignen sich je nach Anforderung an die Turbinenschaufel auch weitere Superlegierungen, wie sie aus der Literatur bekannt sind.

**[0011]** Die Wandstärke der Schaufelwand hat vorzugsweise einen Minimalwert, der zwischen 0,5 mm und 5 mm liegt.

**[0012]** Die auf ein Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel, die sich entlang einer Hauptachse von einem Fußbereich über einen Schaufelblattbereich zu einem Kopfbereich erstreckt, gerichtete Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem in dem Schaufelblattbereich ein Hohlraum erzeugt wird, der zumindest bereichsweise von einer Schaufelwand mit geringer Wandstärke umgeben ist, wobei eine Gießform in einer Heizzone oberhalb der Schmelztemperatur des Werkstoffes der Turbinenschaufel gehalten, die Gießform mit geschmolzenem Werkstoff gefüllt und die Gießform so aus der Heizzone herausbewegt wird, daß der Werkstoff zumindest in der Schaufelwand eine geringe mittlere Korngröße wie ein konventionell gegossener Werkstoff aufweist. Die Korngröße kann hierbei etwa im Bereich von 4 mm bis 10 mm liegen. Selbstverständlich ist mit einem Herausbewegen der Gießform aus der Heizzone auch umfaßt, daß die Gießform feststeht und die Heizzone, insbesondere repräsentiert durch eine Induktionsheizung, von der Gießform wegbewegt wird.

**[0013]** Mit einem solchen Verfahren ist eine Turbinenschaufel mit deutlich unterschiedlichen Wandstärken sowie auch ggf. mit Bereichen aus Vollmaterial herstellbar, bei der die Legierung poren- und lunkerfrei ist und in der gesamten Turbinenschaufel weitgehend die gleiche Kornstruktur aufweist. Mit dem Verfahren läßt sich eine Turbinenschaufel mit einem geringen Querschnittsprofil und damit einem geringen Gewicht herstellen, wodurch eine Reduzierung der mechanischen Belastung eines Schaufelfußes, der in einem Rotor einer Gasturbine zur Verankerung angebracht ist, sowie des Rotors selbst erreicht wird. Hierdurch ist ebenfalls erreicht, eine Turbinenschaufel mit einem langen Schaufelblattbereich, insbesondere für die Verwendung in einer stationären Gasturbine bei hohen Temperaturen von deutlich über 1000 °C herzustellen.

[0014] Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele werden die Turbinenschaufel sowie das Verfahren zur Herstellung der Turbinenschaufel näher erläutert. Es zeigen schematisiert unter Darstellung der für die Erläuterung verwendeten konstruktiven und funktionellen Merkmale:

- FIG 1 eine Längsaufsicht auf eine Turbinenschaufel,  
 FIG 2 einen Verlauf der Querschnittsfläche der Turbinenschaufel über die Höhe der Turbinenschaufel,  
 FIG 3 einen Querschnitt durch die Turbinenschaufel, und  
 FIG 4 einen Ausschnitt einer Vorrichtung zur thermisch kontrollierten Erstarrung einer Turbinenschaufel.

[0015] Gleiche Bezugszeichen haben in den Figuren 1 bis 4 jeweils die gleiche Bedeutung.

[0016] Figur 1 zeigt eine Längsaufsicht auf eine Turbinenschaufel 1, die sich entlang einer Hauptachse 2 von einem Fußbereich 3 über einen Schaufelblattbereich 4 zu einem Kopfbereich 5 erstreckt. In drei Ebenen 12, die senkrecht zur Hauptachse 2 stehen, ist jeweils schematisch die Querschnittsfläche 13 der Turbinenschaufel 1 dargestellt. Die Turbinenschaufel 1 weist in dem Schaufelblattbereich 4 in Richtung zu dem Kopfbereich 5 einen Hohlraum 6 auf, so daß die Turbinenschaufel 1 eine Schaufelwand 7 mit bereichsweise geringer Wandstärke aufweist. In Richtung des Fußbereichs 3 weist der Schaufelblattbereich 4 einen Hohlquerschnitt auf, durch den ein den Hohlraum freihaltender Kern entnehmbar ist. Die Turbinenschaufel 1 hat einen Anströmbereich 11 zur Anströmung mit einem Heißgas 10 (siehe Figur 3) sowie einen Abströmbereich 9. Anströmbereich 11 und Abströmbereich 9 sind senkrecht zur Hauptachse 2 mit einem Abstand D voneinander beabstandet. Dieser Abstand D nimmt von dem Schaufelfußbereich 3 zu dem Kopfbereich 5 hin kontinuierlich ab.

[0017] In Figur 3 ist ein Querschnitt durch die Turbinenschaufel 1 in der Ebene 12 dargestellt. Die Turbinenschaufel 1 wird von dem Heißgas 10 von dem Anströmbereich 11 in Richtung des Abströmbereichs 9 umströmt.

[0018] In Figur 2 ist die Querschnittsfläche der Turbinenschaufel 1 (siehe Kurve II) über die Höhe H der Turbinenschaufel 1 dargestellt. Von dem Kopfbereich 5 in den Schaufelblattbereich 4 hinein ist die Querschnittsfläche über eine Länge L im wesentlichen konstant. Weiter in Richtung zu dem Fußbereich 3 nimmt die Querschnittsfläche der Turbinenschaufel 1 kontinuierlich, insbesondere exponentiell zu. Im Vergleich hierzu (Kurve I) ist die Querschnittsfläche über die Schaufelhöhe H einer Turbinenschaufel 1 dargestellt, welche nach einem herkömmlichen Gießverfahren hergestellt ist. Die Querschnittsfläche der so hergestellten Turbinenschaufel (Kurve I) nimmt von dem Kopfbereich 5 zu dem Fußbereich 3 kontinuierlich zu, um einen Ausgleich

des bei der Erstarrung auftretenden Schwundes zu erzielen. Das herkömmliche Gießverfahren erfordert zudem eine Mindestwandstärke an dem Kopfbereich der Turbinenschaufel, so daß die durch den herkömmlichen Gießprozeß bedingten Wandstärken im Kopfbereich bzw. dem dem Kopfbereich zugewandten Schaufelblattbereich größer sind, als die durch die Werkstofffestigkeit tatsächlich erforderliche Wandstärke. Die hierdurch entstehende zusätzliche Masse im Kopfbereich führt zu einer starken Zunahme der Fliehkraftbelastung im Fußbereich, die aus Festigkeitsgründen eine Vergrößerung des Querschnitts der Turbinenschaufel im Fußbereich erfordern. Diese Einschränkungen des herkömmlichen Gießprozesses führen zu deutlich schwereren Turbinenschaufeln als dies aus Gründen der Festigkeit erforderlich wäre. Darüber hinaus nimmt mit dem Gewicht der Turbinenschaufel 1 auch die Belastung im Fußbereich 3, mit dem die Turbinenschaufel 1 in einem Rotor einer Gasturbine befestigt ist sowie in dem Rotor selbst zu. Durch die Herstellung einer Turbinenschaufel 1 mit einer kontrollierten thermischen Erstarrung, bei der die Legierung poren- und lunkerfrei mit einem Gefüge mit geringer mittlerer Korngröße erstarrt, sind hingegen Turbinenschaufeln geringeren Gewichtes und größerer Höhe einfach herstellbar.

[0019] Figur 4 zeigt in einem Längsschnitt einen Ausschnitt durch eine Heizzone 15, die in einem nicht dargestellten Vakuumofen angeordnet ist. In der Heizzone 15 ist eine Gießform 14 für eine Turbinenschaufel 1 dargestellt. Die Gießform 14 ist auf einer Tragplatte 17 angeordnet und von einer Induktionsheizung 16 umgeben. Die Gießform 14 ist zur Tragplatte 17 hin verschlossen. Die Gießform 14 wird auf eine Temperatur oberhalb des darin zu erstarrenden Werkstoffs, insbesondere einer Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung, erwärmt. In die Gießform 14 wird der geschmolzene Werkstoff eingefüllt und danach die Gießform mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit aus der Induktionsheizung 16 heraus bzw. die Induktionsheizung 16 mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit in vertikaler Richtung von der Gießform 14 wegbewegt. Die Durchführung des Verfahrens erfolgt analog dem in dem Artikel "Thermal Analysis from Thermally-controlled solidification (TCS) Trials on Large Investment Cases" von Patrick D. Ferro et al beschriebenen Verfahren der thermisch kontrollierten Erstarrung, wobei die Prozeßparameter entsprechend der Herstellung von insbesondere großen Turbinenschaufeln, wie für eine stationäre Gasturbine, modifiziert sind.

[0020] Die Erfindung zeichnet sich durch eine Turbinenschaufel aus, die einen Werkstoff, insbesondere einen Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung, aufweist, der ein im wesentlichen lunker- und porenfreies Gefüge mit einer mittleren Korngröße ähnlich der eines konventionell gegossenen Werkstoff besitzt. Die Turbinenschaufel läßt sich durch ein thermisch kontrolliertes Erstarrungsverfahren auch im Bereich dünner Wand-

stärken herstellen. Das Verfahren zeichnet sich u.a. dadurch aus, daß die Turbinenschaufel auch in Bereichen unterschiedlicher Wandstärke sowie in Bereichen aus Vollmaterial im wesentlichen dieselbe Kornstruktur aufweist. Hierdurch lassen sich Turbinenschaufeln für höhere Materialtemperaturen und mit längerem Schaufelblattbereich herstellen als durch herkömmliche Gießverfahren. Es lassen sich ebenfalls große dünnwandige hohle Turbinenschaufeln herstellen.

#### Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (1), insbesondere Gasturbinenschaufel (1), welche sich entlang einer Hauptachse (2) von einem Fußbereich (3) über einen Schaufelblattbereich (4) zu einem Kopfbereich (5) erstreckt, und zumindest in dem Schaufelblattbereich (4) einen Hohlraum (6) aufweist, der zumindest bereichsweise von einer Schaufelwand (7) geringer Wandstärke umgeben ist, wobei die Schaufelwand (7) einen metallischen Werkstoff (8) mit geringer mittleren Korngröße in der Größenordnung der Korngröße eines konventionell gegossenen Werkstoffs aufweist. 15
2. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1, bei der sich die Wandstärke der Schaufelwand (7) in Richtung des Kopfbereiches (5) verringert. 20
3. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 1 oder 2, die in einer Ebene (12) senkrecht zur Hauptachse (2) eine Querschnittsfläche (13) aufweist, welche Querschnittsfläche (13) sich in Richtung des Kopfbereiches (5) verringert. 25
4. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 3, bei der die Querschnittsfläche (13) vom Kopfbereich (5) in Richtung des Fußbereichs (3) über eine Länge (L) im wesentlichen konstant ist. 30
5. Turbinenschaufel (1) nach Anspruch 4, bei der die Länge (L) zwischen 15% und 40% der Höhe (H) des Schaufelblattbereichs (4) beträgt. 35
6. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Höhe (H) des Schaufelblattbereichs (4) zwischen 5 cm und 70 cm beträgt. 40
7. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die einen Anströmbereich (11) sowie einen davon beabstandet Abströmbereich (9) für ein heißes Fluid (10) aufweist, welche sich jeweils von dem Fußbereich (3) zu dem Kopfbereich (5) erstrecken, wobei sich der Abstand (D) zwischen Anströmbereich (11) und Abströmbereich (9) in Richtung des Kopfbereiches (5) verringert. 45
8. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Werkstoff (8) eine Nickelbasis- oder Kobaltbasis- Superlegierung ist. 50
9. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Wandstärke der Schaufelwand (7) einen Minimalwert zwischen 0,5 mm und 5 mm aufweist. 55
10. Turbinenschaufel (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die als Laufschaufel (1a) oder Leit-schaufel (1b) einer Gasturbine, insbesondere einer stationären Gasturbine, ausgebildet ist.
11. Verfahren zur Herstellung einer Turbinenschaufel (1), die sich entlang einer Hauptachse (2) von einem Fußbereich (3) über einen Schaufelblattbereich (4) zu einem Kopfbereich (5) erstreckt, und zumindest in dem Schaufelblattbereich (4) einen Hohlraum (6) aufweist, der zumindest bereichsweise von einer Schaufelwand (7) geringer Wandstärke umgeben ist, wobei eine Gießform (14) in einer Heizzone (15) oberhalb der Schmelztemperatur des Werkstoffs (8) der Turbinenschaufel (1) gehalten, die Gießform mit geschmolzenem Werkstoff (8) gefüllt und die Gießform so aus der Heizzone herausbewegt wird, daß der Werkstoff (8) zumindest in der Schaufelwand (7) eine geringe mittlere Korngröße, wie ein konventionell gegossener Werkstoff (8) aufweist.

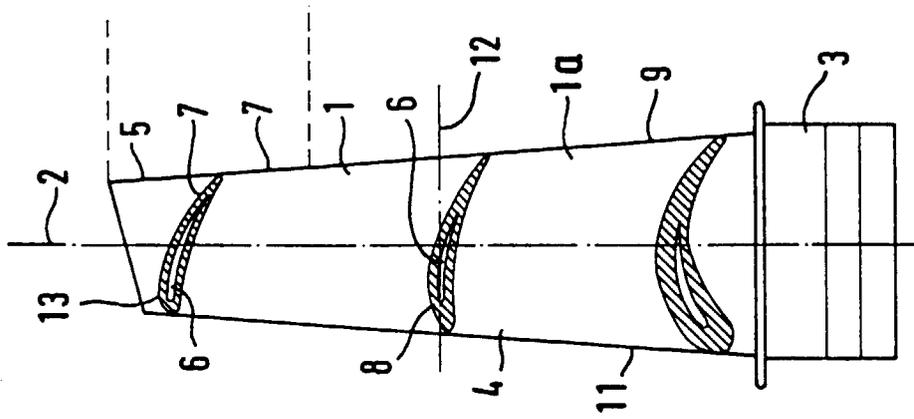


FIG 1

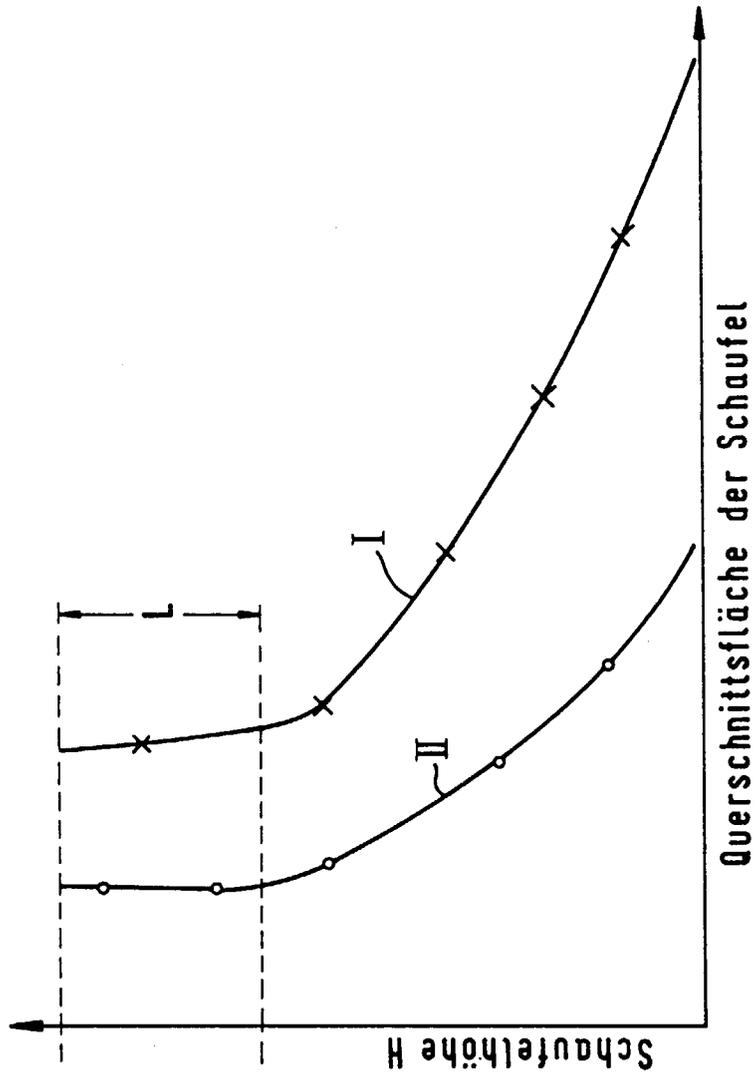
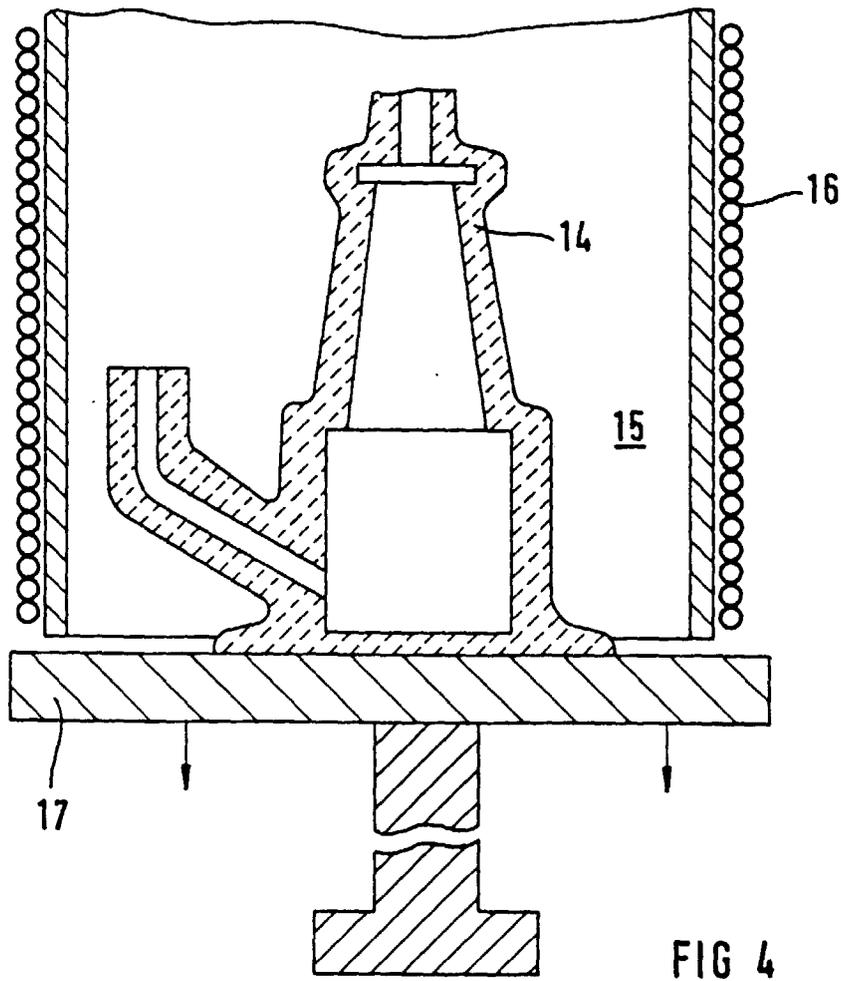
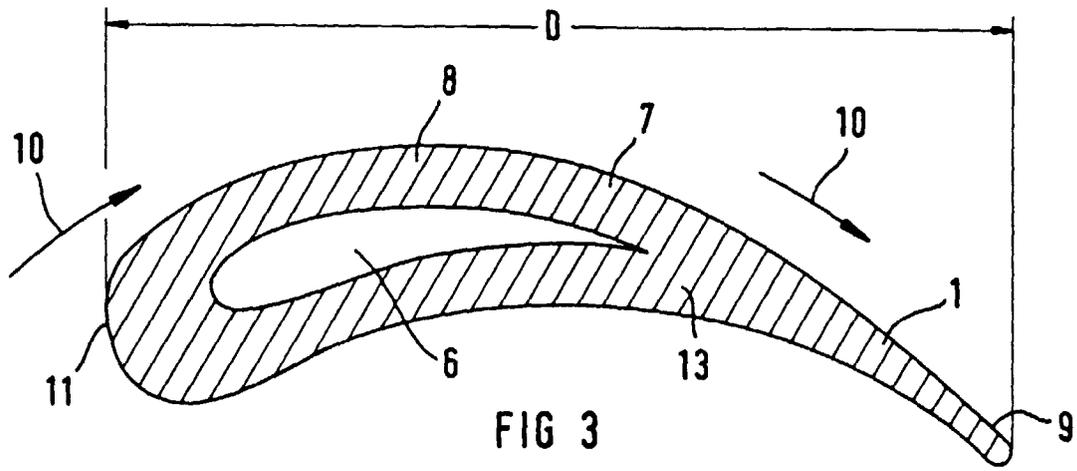


FIG 2





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 3044

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,Y	US 4 724 891 A (BROOKES RONALD R., NORTH CANTON, US) 16.Februar 1988 * Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 23 * * Spalte 4, Zeile 14 - Zeile 22 * * Spalte 7, Zeile 15 - Spalte 8, Zeile 32 * * Abbildung 6 *	1,8,11	B22D27/04
Y	EP 0 750 956 A (GENERAL MOTORS CORPORATION, DETROIT, US) 2.Januar 1997 * Spalte 5, Zeile 17 - Zeile 46 * * Abbildungen 7,11,12 *	1,8,11	
Y	US 5 072 771 A (PRASAD T V RAMA) * Spalte 3, Zeile 37 - Zeile 43 * * Spalte 4, Zeile 25 - Zeile 32 * * Spalte 10, Zeile 32 - Spalte 11, Zeile 11 * * Abbildungen 1-3,15,16 *	1,8,11	
Y	US 3 465 812 A (DIETERS WILLIAM I ET AL, ARLINGTON HEIGHTS, US) 9.September 1969 * Spalte 2, Zeile 49 - Zeile 57 * * Spalte 3, Zeile 21 - Zeile 32 * * Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 34 * * Abbildungen 2,3A,3B *	1-3,8,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) B22C F01D B22D
Y		1	
Y	DE 10 07 565 B (HOLZWARTH GASTURBINEN GMBH, OBERHAUSEN, DE) 2.Mai 1957 * Spalte 2, Zeile 22 - Spalte 4, Zeile 1 * * Abbildungen 1-4 *	1-3,8,10	
Y	US 2 916 258 A (ROBERT V. KLINT, NEW YORK, US) 8.Dezember 1959 * Abbildung 5 *	1	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	17.Dezember 1997	Peis, S	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 11 3044

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
A	DE 717 865 C (BMW FLUGMOTOREN GMBH, MÜNCHEN, DE) 25.Februar 1942 * Abbildung 3 * ---	2-4
A	DE 757 189 C (BMW AG, MÜNCHEN, DE) 5.April 1954 * Abbildung 1 * -----	4
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	17.Dezember 1997	Peis, S
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)