



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 574 667 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
17.07.2013 Patentblatt 2013/29

(51) Int Cl.:
F01D 5/14 (2006.01)
F01D 25/30 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04004895.1**

(22) Anmeldetag: **02.03.2004**

(54) Verdichterdiffusor

Diffuser for compressor

Diffuseur pour compresseur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.09.2005 Patentblatt 2005/37

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Cornelius, Christian, Dr.**
45549 Sprockhövel (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 227 217 **EP-A- 1 253 295**
FR-A- 1 448 244 **GB-A- 2 057 672**
SU-A- 1 657 672 **US-A- 3 625 630**
US-A- 3 879 939 **US-A- 4 180 972**
US-A- 4 315 715 **US-A- 6 035 964**
US-A1- 2002 078 690

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no. 15, 6. April 2001 (2001-04-06) -& JP 2000 356139 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 26. Dezember 2000 (2000-12-26)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Gasturbine mit einem Verdichterdiffusor und dort eine Maßnahme zur Optimierung einer radialen Massenstromverteilung am Eintritt des Verdichterdiffusors. Die Erfindung betrifft ebenfalls einen Diffusor selbst.

[0002] Gasturbinen mit Verdichterdiffusor, im Folgenden kurz als Diffusor bezeichnet, sind allgemein bekannt. Ein Diffusor ist in seiner allgemeinsten Form bekanntlich ein Bauteil einer Rohrleitung, in dem der Querschnitt allmählich wächst. Dies Zunahme des Querschnitts bedingt eine Abnahme der Geschwindigkeit des hindurch strömenden Mediums, während der statische Druck gleichzeitig ansteigt. Bei einer Gasturbine mit einem Verdichter, einer Brennkammer und einer Turbine ist ein Diffusor üblicherweise am Ausgang der Gasturbine, insbesondere unmittelbar im Anschluss an die Turbine, und/oder am Ausgang des Verdichters angeordnet.

[0003] Die Erfindung befasst sich mit der Massenstrom- oder Totaldruckverteilung, die für eine optimale Wirkungsweise des Diffusors erforderlich ist.

[0004] Eine vorgenannte Gasturbine ist beispielsweise aus der japanischen Patentanmeldung 2000-256139 bekannt. Der dort gezeigte Verdichterausgangsdiffusor ist als Axialdiffusor ausgebildet und umfasst folglich einen Ringkanal. Die innere, nabenseitige Kontur des Ringkanals ist zylindrisch und die Außenwand ist kegelförmig, so dass die Querschnittserweiterung des Diffusors entlang seiner Axialerstreckung hauptsächlich durch die Vergrößerung des Radius der Außenwand gebildet wird. Unmittelbar stromauf des Diffusors sind freistehende Leitschaufeln als Nachleitrad platziert, deren freie Enden der Innenwand des Diffusors unter Spaltbildung gegenüber stehen.

[0005] Eine Verwendung freistehender Leitschaufeln führt insbesondere bei größeren Radialspalten zu einem erheblichen Geschwindigkeitseinbruch des strömenden Arbeitsmediums, also des erwärmten Gases, im Nabengleichbereich einer Turbinenwelle am Austritt eines Nachleitrades. Der Geschwindigkeitseinbruch geht mit einem Totaldruckeinbruch einher.

[0006] Die Geschwindigkeits- und Druckverteilung ist vor allem dann ungünstig, wenn eine Querschnittserweiterung innerhalb des Diffusors ausschließlich über eine Reduktion des Nabennradius der nabenseitigen Innenkontur des Diffusors erfolgt. Ein geschwächtes Geschwindigkeitsprofil im Bereich der nabenseitigen Innenkontur führt dann zu Verlust behafteten Strömungsablösungen an der Innenkontur des Diffusors. Dies begrenzt signifikant den Druckrückgewinn des Diffusors und damit dessen Gesamtwirkungsgrad.

[0007] Zur Lösung dieses Problems ist bisher nur eine spezielle Formgebung der unmittelbar stromauf des Diffusors gelegenen Leitschaufeln in Betracht gezogen worden. Diese Maßnahme bewirkt allerdings nur sehr begrenzt eine Kompensation des durch die Spaltströmung bedingten Geschwindigkeitseinbruchs, so dass bisher

die Querschnittserweiterung des Diffusors und damit der erreichbare Druckrückgewinn auf einen der ungünstigen Zuströmung entsprechenden Wert begrenzt bleiben musste. Dies ist insbesondere dann ungünstig, wenn ausreichend axialer Bauraum für große Querschnittserweiterungen bei erträglichen Verzögerungen zur Verfügung steht.

[0008] Ferner ist aus der EP 1 253 295 ein Turbinen-austritts-Diffusor mit einer an seiner Außenwand vorgeesehenen Einschnürung bekannt. Die Einschnürung des Diffusorkanals ist unmittelbar stromab der Hinterkante der Laufschaufel der letzten Turbinenstufe, an der Diffusoraußenwand vorgesehen. Zur Vermeidung von Schockwellen kann mittels der Einschnürung eine schaufel spitzen seitige Verzögerung des Strömungsmediums erreicht werden. Auch die EP 1 227 217 behandelt eine derartige Einschnürung stromab der letzten Laufschaufel der Turbine.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine im Hinblick auf eine Vermeidung oder Reduzierung der oben genannten Nachteile optimierte Gasturbine mit einem Diffusor anzugeben.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Gasturbine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass durch die Modifikation der Innenkontur des Diffusorgehäuses gerade bei einem Verdichterdiffusor durch die Einschnürung eine Umverteilung des Massenstromes in Richtung der Nabe des Turbinenläufers hervorgerufen wird. Im Bereich der Nabe steigt damit das Geschwindigkeitsniveau. Der durch die nabenseitigen Radialspalte, also durch den Abstand zwischen den stromauf des Diffusors liegenden, feststehenden Leitschaufeln und der Nabe des Turbinenläufers bedingte Geschwindigkeitseinbruch wird auf diese Weise zu einem großen Teil kompensiert. Die Einschnürung befindet sich dazu am Innern der Außenwand des Diffusorgehäuses.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Die Einschnürung kann dadurch hervorgerufen werden, dass Material auf der Innenseite der Außenwand des Diffusorgehäuses angelagert ist. Eine andere Möglichkeit der Ausbildung einer solchen Einschnürung besteht darin, dass eine angepasste, die Einschnürung beinhaltende Formgebung der Außenwand des Diffusorgehäuses gewählt wird.

[0014] Vorteilhaft nimmt die Einschnürung im Innern des Diffusors in Strömungsrichtung des durchströmenden Mediums allmählich ab, so dass die Einschnürung die beabsichtigte Wirkungsweise des Diffusors (Geschwindigkeitsreduktion und Druckerhöhung für das durchströmende Medium) nicht oder nur unwesentlich negativ beeinflusst.

[0015] Vorteilhaft erfolgt die Einschnürung am Einlass des Diffusors nicht abrupt sondern kontinuierlich und zwar in einer Art und Weise, bei der in Richtung des durchströmenden Mediums eine Zunahme der Einschnürung bis zu einer maximalen Einschnürung derart

erfolgt, dass die Zunahme der Einschnürung bis zur maximalen Einschnürung deutlich größer ist als die Abnahme der Einschnürung im Anschluss an die maximale Einschnürung.

[0016] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0017] Darin zeigen:

FIG 1 eine schematische Darstellung einer Ringraumkontur am Einlass eines Diffusors, und

FIG 2 eine graphische Darstellung eines theoretisch berechneten Geschwindigkeitsanstiegs im Bereich der Nabe eines Turbinenläufers.

[0018] Eine Gasturbine und deren Arbeitsweise ist allgemein bekannt. Demnach weist eine Gasturbine einen Verdichter für Verbrennungsluft, eine Brennkammer sowie eine Turbine zum Antrieb sowohl des Verdichters wie auch einer Arbeitsmaschine, z. B. eines Generators, auf. Dazu sind die Turbine und der Verdichter auf einer gemeinsamen, auch als Turbinenläufer bezeichneten Turbinenwelle angeordnet, mit der auch die Arbeitsmaschine verbunden ist, und die um ihre Längsachse drehbar gelagert ist. Die Brennkammer ist mit mindestens einem Brenner zur Verbrennung eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs bestückt.

[0019] Der Verdichter wie auch die Turbine weisen jeweils eine Anzahl von mit der Turbinenwelle verbundenen, rotierbaren Laufschaufeln auf. Die Laufschaufeln sind kranzförmig an der Turbinenwelle angeordnet und bilden somit eine Anzahl von Laufschaufelreihen. Weiterhin umfasst sowohl der Verdichter als auch die Turbine eine Anzahl von feststehenden Leitschaufeln, die ebenfalls kranzförmig unter der Bildung von Leitschaufelreihen an einer Innenwand des Gehäuses von Verdichter bzw. Turbine befestigt sind. In der Turbine dienen die Laufschaufeln zum Antrieb der Turbinenwelle durch Impulsübertrag vom die Turbine durchströmenden Arbeitsmedium. Die Leitschaufeln dienen hingegen zur Strömungsführung des Arbeitsmediums zwischen jeweils zwei in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums gesetzen aufeinanderfolgenden Laufschaufelreihen oder Laufschaufelkranzen. Ein aufeinanderfolgendes Paar aus einem Kranz von Leitschaufeln oder einer Leitschaufelreihe und aus einem Kranz von Laufschaufeln oder einer Laufschaufelreihe wird dabei auch als Turbinenstufe bzw. als Verdichterstufe bezeichnet. Zwischen den Laufschaufeln und der Innenkontur des jeweils umgebenden Gehäuses, also des Verdichter- oder Turbinengehäuses verbleibt ein Radialspalt, dessen Größe so bemessen ist, dass beim Betrieb der Gasturbine auch bei Temperaturdehnungen der jeweiligen Materialien ein Anstreifen der Laufschaufeln am jeweiligen Innengehäuse ausgeschlossen ist. Ebenso verbleibt zwischen den

feststehenden Leitschaufeln und der Turbinenwelle ein Radialspalt. Auch dieser ist so bemessen, dass ein Kontakt zwischen den Leitschaufeln und der Turbinenwelle ausgeschlossen ist.

[0020] FIG 1 zeigt eine Schnittdarstellung einer Gasturbine mit einem am Ausgang ihres Verdichters angeordneten Diffusor 1 mit einem Diffusorgehäuse 2. Das Diffusorgehäuse 2 weist in einem Anschlussbereich 3, also im Bereich des Übergangs vom Verdichter der Gasturbine zum Diffusor 1, eine den Innenradius des Gehäuses 2 verringernde Einschnürung 5 auf. Ein zum Anschlussbereich 3 gehöriger Abschnitt des Diffusors 1 wird als Einlass 4 des Diffusors 1 bezeichnet. Der Einlass 4 weist eine Ringraumkontur auf. Die Ausmaße des Einlasses 4 sind im Wesentlichen durch dessen Innenradius bestimmt. Der Strömungsraum des Diffusors 1 wird radial außen durch eine Außenwand des Diffusorgehäuses 2 und radial innen durch eine nabenseite Innenkontur begrenzt.

[0021] Die Einschnürung 5 befindet sich am Innern einer Außenwand des Gehäuses 2. Sie ergibt sich aus der Differenz einer konventionellen Ringraumkontur 6 des Diffusorgehäuses 2 und einer die Einschnürung hervorruhenden, modifizierten Ringraumkontur 7. Die Einschnürung 5 ist entweder Materialanlagerung auf der Innenseite der Außenwand oder durch eine angepasste Formgebung der Außenwand hervorgerufen.

[0022] Die Einschnürung 5 nimmt innerhalb des Diffusors 1 in Strömungsrichtung des durchströmenden Mediums, also der verdichteten Luft, allmählich ab. In der Darstellung in FIG 1 verläuft die Strömungsrichtung von links nach rechts. Am Einlass 4 des Diffusors 1 erfolgt - ebenfalls in Richtung des durchströmenden Mediums - eine Zunahme der Einschnürung bis zu einer maximalen Einschnürung 5 derart, dass die Zunahme der Einschnürung bis zur maximalen Einschnürung 5 deutlich größer ist als die Abnahme der Einschnürung im Anschluss an die maximale Einschnürung 5. Die Quantifizierung eines Längenverhältnisses zwischen einer Strecke während derer die Einschnürung am Einlass 4 zunächst bis zur maximalen Einschnürung 5 zunimmt und eine Strecke während derer die Einschnürung innerhalb des Diffusors 1 dann wieder abnimmt, ist wie folgt möglich: Die Länge einer Strecke entlang der Außenkontur des Diffusorgehäuses 2 parallel zur Strömungsrichtung des Mediums, während derer die Einschnürung bis zur maximalen Einschnürung 5 zunimmt, beträgt weniger als ein Fünftel der Länge einer Strecke, während derer die Einschnürung ausgehend von der maximalen Einschnürung 5 wieder abnimmt.

[0023] Die einseitig an der Innenseite des Diffusorgehäuses 2, insbesondere im Bereich des Diffusoreinlasses 4, vorgenommene Radienreduktion (Einschnürung 5) bewirkt eine Umverteilung des Massenstroms in Richtung auf die Nabe des Turbinenläufers. Damit steigt das Geschwindigkeitsniveau im Nabenhinreich (vgl. auch FIG 2). Insgesamt kommt es zu einer wesentlich verbesserten Geschwindigkeits- und Totaldruckverteilung am Ein-

lass 4 des Diffusors 1. Die Erhöhung des nabennahen Geschwindigkeitsniveaus bewirkt, dass die Nabengrenzschicht gegen einen wesentlich höheren Druck laufen kann, so dass der Druckrückgewinn und der Gesamtwirkungsgrad des Verdichters verbessert wird. Dargestellt ist dazu auch eine unmittelbar stromauf des Diffusors 1 gelegene Leitschaufel 8, wobei ein nicht dargestellter Radialspalt am freien Ende einer solchen Leitschaufel 8 oder sämtlichen solcher Leitschaufeln 8 der Grund für die ungünstige Druck- und Geschwindigkeitsverteilung ist, die durch das Vorsehen der Einschnürung 5 am Diffusoreinlass 4 kompensiert wird.

[0024] FIG 2 zeigt eine graphische Darstellung eines theoretisch berechneten Geschwindigkeitsanstiegs im Bereich der Nabe eines Turbinenläufers. Auf der Abszisse ist dabei die Zunahme der Axialgeschwindigkeit im Vergleich zur nicht modifizierten Ausführung abgetragen. Auf der Ordinate ist mit r^* als Radius der Abstand von der Nabe des Turbinenläufers abgetragen. Man erkennt die deutliche Geschwindigkeitszunahme im unmittelbaren Nabennbereich, also in dem Bereich, in dem bisher aufgrund einer durch die Radialspalte am äußeren Ende der Leitschaufeln bedingten Spaltströmung ein Geschwindigkeitseinbruch beobachtet wurde.

Patentansprüche

1. Gasturbine mit einem am Ausgang ihres Verdichters angeordneten Diffusor (1) mit einem Diffusorgehäuse (2), wobei das Diffusorgehäuse (2) mit einer radial außen liegenden Außenwand und einer radial innen angeordneten Innenkontur eine Ringraumkontur (6) begrenzt und im Bereich des Übergangs vom Verdichter zum Diffusor (1) einen Anschlussbereich (3) aufweist, mit unmittelbar stromauf des Diffusors (1) in einem Kranz angeordneten Leitschaufeln (8), deren jeweiliges freies Ende jeweils unter Bildung eines Radialspalts der Innenkontur gegenüberliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschlussbereich (3) eine sich am Inneren der Außenwand befindende umlaufende Einschnürung (5) vorgesehen ist, um eine Umverteilung des Massenstroms in Richtung der Innenkontur zu bewirken und dadurch den durch die Radialspalte verursachten Geschwindigkeitseinbruch im Bereich der Innenkontur zu einem großen Teil zu kompensieren.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, wobei die Einschnürung (5) durch Materialanlagerung auf der Innenseite der Außenwand hervorgerufen ist.
3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Einschnürung (5) durch eine angepasste Formgebung der Außenwand hervorgerufen ist.

4. Gasturbine nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Einschnürung (5) in Strömungsrichtung des durchströmenden Mediums allmählich abnimmt.
5. Gasturbine nach Anspruch 4, wobei am Einlass (4) des Diffusors (1) in Richtung des durchströmenden Mediums eine Zunahme der Einschnürung bis zu einem maximalen Einschnürung (5) derart erfolgt, dass die Zunahme der Einschnürung bis zur maximalen Einschnürung (5) deutlich größer ist als die Abnahme der Einschnürung im Anschluss an die maximale Einschnürung (5).
6. Gasturbine nach Anspruch 5, wobei die Länge einer Strecke entlang der Außenkontur des Diffusorgehäuses (2) parallel zur Strömungsrichtung des Mediums während derer die Einschnürung bis zur maximalen Einschnürung (5) zunimmt, weniger als ein Fünftel der Länge einer Strecke beträgt, während derer die Einschnürung ausgehend von der maximalen Einschnürung (5) wieder abnimmt.

Claims

1. Gas turbine having a diffuser (1) which is arranged at the outlet of its compressor with a diffuser housing (2), the diffuser housing (2) delimiting an annular-space contour (6) with an outer wall which lies radially on the outside and an inner contour which is arranged radially on the inside and having a connection region (3) in the region of the transition from the compressor to the diffuser (1), having guide blades (8) which are arranged in a ring immediately upstream of the diffuser (1) and the respective free end of which lies opposite the inner contour in each case with the formation of a radial gap, **characterized in that** a circumferential constriction (5) which is situated on the interior of the outer wall is provided in the connection region (3), in order to bring about a redistribution of the mass flow in the direction of the inner contour and, as a result, to compensate to a great extent for the drop in speed which is caused by the radial gaps in the region of the inner contour.
2. Gas turbine according to Claim 1, the constriction (5) being brought about by the accretion of material on the inner side of the outer wall.
3. Gas turbine according to Claim 1 or 2, the constriction (5) being brought about by an adapted shape of the outer wall.
4. Gas turbine according to one of the preceding

claims, the constriction (5) decreasing gradually in the flow direction of the medium which is flowing through.

5. Gas turbine according to Claim 4, an increase in the constriction up to a maximum constriction (5) being effected at the inlet (4) of the diffuser (1) in the direction of the medium which is flowing through, in such a way that the increase in the constriction up to the maximum constriction (5) is considerably greater than the decrease in the constriction following the maximum constriction (5). 10
6. Gas turbine according to Claim 5, the length of a section along the outer contour of the diffuser housing (2) parallel to the flow direction of the medium, during which section the constriction increases up to the maximum constriction (5), being less than a fifth of the length of a section during which, starting from the maximum constriction (5), the constriction decreases again. 15 20

Revendications

- tes,
dans lequel le resserrement (5) diminue peu à peu dans le sens d'écoulement du fluide qui passe.
5. Turbine à gaz suivant la revendication 4, dans lequel il s'effectue à l'entrée (4) du diffuseur (1) dans la direction du fluide qui passe, une augmentation du resserrement jusqu'à un resserrement (5) maximum de sorte que l'augmentation du resserrement jusqu'au resserrement (5) maximum est nettement plus grand que la diminution du resserrement dans le raccord au resserrement (5) maximum. 10
6. Turbine à gaz suivant la revendication 5, dans laquelle la longueur d'une étendue le long du contour extérieur du carter (2) du diffuseur parallèlement à la direction d'écoulement du fluide pendant laquelle le resserrement augmente jusqu'au resserrement (5) maximum est plus petit qu'un cinquième de la longueur d'une étendue pendant laquelle le resserrement diminue à nouveau à partir du resserrement (5) maximum. 15 20

- 25
1. Turbine à gaz comprenant un diffuseur (1) disposé à la sortie de son compresseur et ayant un carter (2) de diffuseur, dans laquelle le carter (2) du diffuseur délimite un contour (6) d'espace annulaire par une paroi extérieure à l'extérieur radialement et par un contour intérieur à l'intérieur radialement et à une zone (3) de raccord dans la zone de la transition du compresseur au diffuseur, (1) comprenant immédiatement en amont du diffuseur (1) des aubes (8) directrices qui sont disposées suivant une couronne et dont les extrémités libres respectives dépassent respectivement du contour intérieur en formant une fente radiale, 30 35 40
- caractérisée en ce que** dans la zone (3) de raccord il est prévu un rétrécissement (5) faisant le tour et se trouvant à l'intérieur de la paroi extérieure pour provoquer une re-répartition du courant massique en direction du contour intérieur et compenser ainsi en grande partie l'effondrement de vitesse provoqué par les fentes radiales dans la zone du contour intérieur. 45
2. Turbine à gaz suivant la revendication 1, dans laquelle le resserrement (5) est provoqué par une accumulation de matière sur la face intérieure de la paroi extérieure 50
3. Turbine à gaz suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel le resserrement (5) est provoqué par un façonnage adapté de la paroi extérieure. 55
4. Turbine à gaz suivant les revendications précédentes

FIG 1

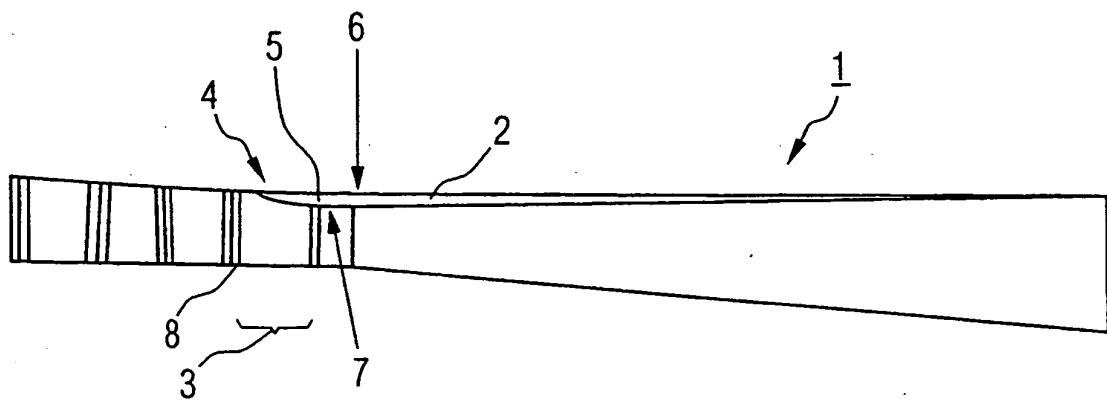
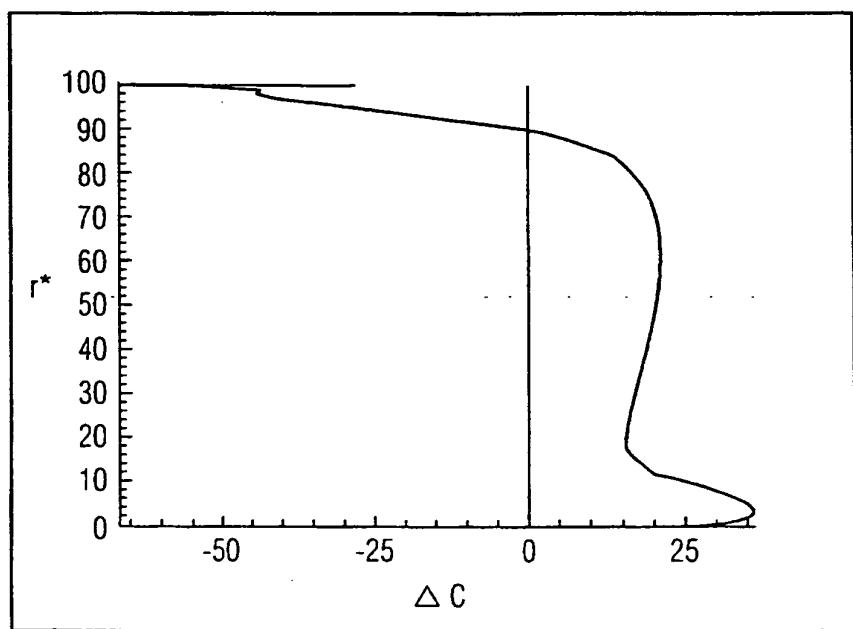


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 2000256139 A [0004]
- EP 1253295 A [0008]
- EP 1227217 A [0008]