



(11) **EP 2 135 718 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.12.2009 Patentblatt 2009/52

(51) Int Cl.:
B26F 1/26 ^(2006.01) **B24C 1/04** ^(2006.01)
F02C 7/18 ^(2006.01) **F01D 25/24** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09162084.9**

(22) Anmeldetag: **05.06.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(71) Anmelder: **Alstom Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(30) Priorität: **18.06.2008 DE 102008002498**

(72) Erfinder:
• **Storch, Wilfried**
13158, Berlin (DE)
• **Gnirss, Günter**
69469, Weinheim (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung von Filmkühlungskanälen in einer Heissgasgehäusewand einer Gasturbine sowie Heissgasgehäuse einer Gasturbine**

(57) Die Erfindung zeichnet sich durch die Kombination folgender Verfahrensschritte aus:

- Bereitstellen einer als Halbfertigerzeugnis vorliegenden Heissgasgehäusewand oder einem Teil einer solchen,
- Durchbohren der Heissgasgehäusewand mittels Wasserstrahlbohrtechnik unter Vorgabe von die Wasser-

strahlbohrung bestimmenden Bohrparametern derart, dass die Heissgasgehäusewand an vorgebbaren Gehäusewandpositionen vollständig durchsetzende Bohrungen mit einem Bohrungsdurchmesser, der im Bereich jeweils kleiner 4 mm und größer 0,5 mm liegt, erhält.

EP 2 135 718 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Filmkühlungskanälen in einer Heissgasgehäusewand einer Gasturbinenkomponente sowie auf ein Heissgasgehäuse einer Gasturbinenkomponente.

Stand der Technik

[0002] Gasturbinen-Heissgasgehäuse unterliegen aufgrund ihrer unmittelbaren Exposition zu den sich innerhalb einer Brennkammer ausbildenden Heissgasen sehr hohen thermischen Belastungen, denen es mit geeigneten Kühlmaßnahmen entgegenzutreten gilt, um thermisch bedingte Materialschäden zu vermeiden. Zumeist wird hierzu ein Teil der im Verdichter komprimierten Verbrennungsluft abgezweigt und zum Zwecke der Kühlung gezielt den thermisch besonders belasteten Bereichen des Heissgasgehäuses zugeführt.

[0003] Aus der DE 28 36 539 ist ein Gasturbinengehäuse zu entnehmen, bei dem das Heissgasgehäuse von einer Außenschale umgeben ist, die mit der Außenwand des Heissgasgehäuses einen Zwischenraum einschließt, in den Kühlluft aus der Verdichterstufe eingespeist wird. Zur Verbesserung der durch die Kühlluft auf die Außenwand des Heissgasgehäuses einwirkenden Kühlwirkung ist die Außenschale mit sogenannten Kühlluft Eintrittsöffnungen perforiert ausgebildet, durch die Kühlluft hindurchtritt und im Wege der Prallkühlung auf das Heissgasgehäuse ihre Kühlwirkung zu entfalten vermag. Eine weitere Kühlmaßnahme, die alternativ oder in Kombination mit den vorstehend bezeichneten Kühlmaßnahmen realisiert sein kann, sieht Öffnungen innerhalb des Heissgasgehäuses vor, durch die Kühlluft direkt in den Heissgasstrom beigemischt wird, wodurch sich durch die Strömungsdynamik des Heissgasstromes eine Art Filmkühlung an der Innenfläche des Heissgasgehäuses ausbildet.

[0004] Üblicherweise werden die zur Filmkühlung erforderlichen und die Wand des Heissgasgehäuses vollständig durchragenden Kühlluftkanäle in thermisch besonders belasteten Zonen mittels mechanischen Bohrens vorgesehen, jedoch stoßen die hierfür zur Verfügung stehenden Bohrwerkzeuge aufgrund der großen Werkstoffhärte sowie der beträchtlichen Wandstärke des Heissgasgehäuses an Belastungsgrenzen, insbesondere im Hinblick auf die Schaffung von einer möglichst großen Vielzahl derartiger Filmkühlungskanäle mit Kanal- bzw. Bohrdurchmessern von kleiner 4 mm. Üblicherweise weisen Heissgasgehäusewände Wandstärken von 6 mm und mehr auf und bestehen zudem aus hochwarmfesten Nickellegierungen, wie beispielsweise Ni300/Ni75Ti/Ni340 oder ähnlichen Werkstoffen.

[0005] Verfügbare Bohrwerkzeuge unterliegen bei derartigen Heissgasgehäusewerkstoffen einem hohen

Verschleiß und vermögen zudem kleiner dimensionierte Filmkühlungskanäle, also Kanäle mit Kanaldurchmessern von kleiner 4 mm keineswegs in hoher Stückzahl und in wirtschaftlicher Weise zu erzeugen. Numerische Modellrechnungen zeigen jedoch eine deutliche Verbesserung des sich innerhalb eines Heissgasgehäuses ausbildenden Filmkühlungseffekts bei einer Vielzahl nestartig angeordneter Bohrungen im Durchmesserbereich von 1 mm bis 2 mm.

[0006] Alternativ bekannte Bohrverfahren, wie beispielsweise das Laserbohren oder das Elektronenstrahlbohren, vermögen hingegen lediglich Durchgangskanäle mit einem Kanaldurchmesser kleiner 0,5 mm in zufriedenstellender Weise zu realisieren, so dass ein Rückgriff auf derartige alternative Bohrtechniken als gleichfalls nicht geeignet erscheint.

Darstellung der Erfindung

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen von Filmkühlungskanälen in einer Heissgasgehäusewand einer Gasturbine anzugeben, mit dem es möglich ist, Filmkühlungskanäle mit einem Kühlkanaldurchmesser von größer 0,5 mm und kleiner 4 mm in zuverlässiger Weise herzustellen und dies unter industriellen Fertigungsanforderungen. Das hierfür erforderliche Herstellungsverfahren soll unabhängig von der Werkstoffqualität sowie auch unabhängig von der Wandstärke des Heissgasgehäuses einsetzbar sein. Überdies soll das Verfahren flexibel einsetzbar sein, so dass sowohl Heissgasgehäuse in ihrer vollständigen Ausbildung, als auch nur Teile davon unmittelbar vor dem Einbau in eine bestehende Gasturbinenanlage mit Filmkühlungskanälen versehen werden können.

[0008] Die Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Ferner ist ein lösungsgemäßes Heissgasgehäuse für den Betrieb einer Gasturbinenanlage angegeben, das über optimierte Filmkühlungseigenschaften verfügt. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche oder sind der weiteren Beschreibung zu entnehmen.

[0009] Lösungsgemäß ist erkannt worden, dass unter Verwendung einer geeigneten Wasserstrahlbohrtechnik eine gewünschte Perforation bereits bestehender Heissgasgehäuseteile möglich ist. So gilt es, die Heissgasgehäusewand in Form eines Halbfertigerzeugnisses oder wenigstens einen Teil der Heissgasgehäusewand bereitzustellen und diese mittels Wasserstrahlbohrtechnik unter Vorgabe von die Wasserstrahlbohrung bestimmenden Bohrparametern derart zu beaufschlagen, dass die Heissgasgehäusewand an vorgebbaren Gehäusewandpositionen vollständig durchsetzende Bohrungen mit einem Bohrungsdurchmesser, der im Bereich jeweils kleiner 4mm und größer 0,5 mm liegt, erhält.

[0010] So konnte durch numerische Simulationsrechnungen gezeigt werden, dass sich eine markante Verbesserung des Filmkühlungseffektes einstellt, sofern die

Heissgasgehäusewand mit einer Vielzahl nestartig verteilt angeordneter Filmkühlkanäle versehen wird, deren Bohrungsdurchmesser kleiner 4 mm, vorzugsweise zwischen 1 mm und 2 mm, betragen. Ferner konnte gezeigt werden, dass unter Verwendung der Wasserstrahlbohrtechnik die für eine optimierte Filmkühlung erforderlichen Filmkühlungskanäle in der hierfür erforderlichen geometrischen Dimension und Qualität in sämtlichen Werkstoffarten sowie auch Wandstärken, die typischerweise für Heissgasgehäuse verwendet werden, herstellbar sind und dies insbesondere auch unter Maßgabe industrieller Produktionsbedingungen.

[0011] Zur Durchführung des Bohrverfahrens wird ein an sich bekannter Wasserstrahldüsenkopf vorzugsweise an einer Dreiachskinematik angebracht und möglichst nah an der Außenwand des Heissgasgehäuses positioniert, so dass der aus dem Wasserstrahlbohrkopf austretende Wasserstrahl mit einem Betriebsdruck zwischen 2000 bar und 4500 bar lokal auf die zu perforierende Heissgasgehäusewand einwirken kann. Die hierbei auftretenden Bohr-/Schneideigenschaften des Wasserstrahls beruhen auf einer Konzentration hoher Energie auf kleinstem Raum unter Umwandlung der Druckenergie in kinetische Energie. Dem Wasserstrahl wird darüber hinaus ein Abrasivmittel, beispielsweise in Form von Granatsand, zugegeben, wodurch ein Prozess der Mikrozerspannung an dem zu bohrenden bzw. zu schneidenden Heissgasgehäusewandmaterial stattfindet. Der Wasserstrahldüsenkopf wird hierzu vorzugsweise in einem Abstand zwischen 0,6 mm und 1,5 mm gegenüber der Heissgasgehäusewand positioniert. Der auf die Oberfläche des Heissgasgehäuses gerichtete Wasserstrahl wird nach werkstoffspezifischen Bearbeitungsparametern eingestellt, wie Wasserdruck, Fördermenge, Düsenöffnung, Zuschlagstoff und damit verbunden Körnung und Menge sowie Abstand zwischen Düsenkopf und Heissgasgehäuseoberfläche.

[0012] Durch die Verwendung eines einzigen, jeweils räumlich zu positionierenden Wasserstrahldüsenkopfes erfolgt die Herstellung der einzelnen Filmkühlungskanäle innerhalb der Heissgasgehäusewand taktweise hintereinander, so dass der Wasserstrahldüsenkopf zur Schaffung jedes einzelnen Filmkühlungskanals exakt relativ zum Heissgasgehäuse zu positionieren ist.

[0013] Zu Zwecken der Ausbildung einer möglichst optimierten Filmkühlung innerhalb des Heissgasgehäuses sieht eine besonders bevorzugte Anordnung von Filmkühlungskanälen eine in mehreren Zeilen nestförmig ausgebildete Verteilung von Filmkühlungskanälen innerhalb der Heissgasgehäusewand vor. Mit einem bevorzugten Bohrungsdurchmesser zwischen 1 mm und 2 mm werden längs einer Zeile Filmkühlungskanäle mit einem gegenseitigen Abstand von wenigstens 10 mm angeordnet. Hierbei erstreckt sich die durch die lineare Aneinanderreihung der einzelnen Filmkühlungskanäle definierte Zeile vorzugsweise orthogonal zur Heissgasströmung, die von dem Heissgasgehäuse umschlossen wird. Zusätzlich werden in Strömungsrichtung jeweils beabstan-

det zueinander mehrere Zeilen mit Filmkühlungskanälen vorgesehen, wobei die Filmkühlungskanäle benachbarter Zeilenreihen jeweils in Strömungsrichtung der Heissgasströmung versetzt angeordnet sind, dergestalt, dass benachbarte Filmkühlungskanäle auf Lücke stehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Filmkühlungskanälen in einer Heissgasgehäusewand einer Gasturbine **gekennzeichnet durch** die Kombination folgender Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen einer als Halbfertigerzeugnis vorliegenden Heissgasgehäusewand oder eines Teils einer solchen,
 - Durchbohren der Heissgasgehäusewand mittels Wasserstrahlbohrtechnik unter Vorgabe von die Wasserstrahlbohrung bestimmenden Bohrparametern derart, dass die Heissgasgehäusewand vollständig durchsetzende Bohrungen mit einem Bohrungsdurchmesser, der im Bereich jeweils kleiner 4 mm und größer 0,5 mm liegt, erhält.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heissgasgehäuse aus einer hochwarmfesten Nickellegierung, insbesondere Ni300/Ni75Ti/Ni340, besteht und eine Gehäusewanddicke von 5 mm bis 20 mm aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den Bohrungen entsprechenden Filmkühlungskanäle jeweils einen Bohrungsdurchmesser zwischen 1 mm und 2 mm erhalten.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Wasserstrahlbohren ein Wasserstrahldüsenkopf eingesetzt wird, der taktweise einzelne Bohrungen nacheinander in das Heissgasgehäuse unter Vorgabe eines die räumliche Anordnung der einzelnen Bohrungen festlegenden Raummusters einbringt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Wasserstrahlbohren ein Wasserstrahldüsenkopf eingesetzt wird, durch den ein mit einem Granulat versetzter Wasserstrahl mit einem Druck in dem Bereich zwischen 2000 bar und 4500 bar auf das Heissgasgehäuse gerichtet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Granulat ein silikatisches, metallfreies Material verwendet wird.

7. Heissgasgehäuse für den Betrieb einer Gasturbinenanlage, das stromab einer Brennkammer zum Zuführen der in der Brennkammer erzeugten Heissgase in die Gasturbinenstufe angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Heissgasgehäusewand wenigstens bereichsweise eine Vielzahl zeilen- oder nestförmig angeordneter, die Heissgasgehäusewand vollständig durchsetzender Bohrungen mit jeweils einem Bohrdurchmesser zwischen 0,5 mm und kleiner 4 mm vorgesehen ist, durch die Kühlluft unter Ausbildung einer Filmkühlung der Heissgasgehäusewand leitbar ist. 5
10
8. Heissgasgehäuse nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filmkühlungskanäle in der Heissgasgehäusewand zeilenförmig und mit einem gegenseitigen Stegabstand von wenigstens 10 mm angeordnet sind, und dass die Zeilenerstreckung längs der Heissgasgehäusewand orthogonal zu einer Heissgasströmung, die von dem Heissgasgehäuse umschlossen wird, orientiert ist. 15
20
9. Heissgasgehäuse nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Zeilenreihen in Strömungsrichtung der Heissgasströmung hintereinander im Heissgasgehäuse angeordnet sind, und die Filmkühlungskanäle benachbarter Zeilenreihen derart versetzt angeordnet sind, dass deren Filmkühlungskanäle jeweils auf Lücke stehen. 25
30

35

40

45

50

55

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

- DE 2836539 [0003]