



(11) **EP 2 103 384 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.09.2009 Patentblatt 2009/39

(51) Int Cl.:
B24B 31/00 ^(2006.01) **B24B 31/116** ^(2006.01)
F01D 5/34 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09154985.7**

(22) Anmeldetag: **12.03.2009**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder:
• **Secherling, Arno**
61440 Oberursel (DE)
• **Biertz, Matthias**
61440 Oberursel (DE)

(30) Priorität: **18.03.2008 DE 102008014725**

(54) **Verfahren zur Herstellung einer geschweißten Blisktrommel**

(57) Bei der Herstellung von geschweißten Blisktrommeln für Gasturbinentriebwerke werden zwei oder mehrere integral beschaufelte Scheiben (Blisks) zu einer Blisktrommel verschweißt, die anschließend wärmebehandelt wird. Im letzten Bearbeitungsschritt werden die Bliskschaufeln poliert, indem die Blisktrommel als Ganzes in ein fließfähiges, pastöses Schleifmedium eintaucht und durch eine translatorische und/oder vibratorische und/oder rotatorische Bewegung der Blisktrommel oder eines das Schleifmedium aufnehmenden Behälters

eine Relativbewegung zwischen der Blisktrommel und dem Schleifmedium erzeugt wird. Um eine Formänderung der Schaufelkanten während des Polierens zu vermeiden, wird die Relativbewegung in diesen Bereichen durch Leitelemente verhindert. Die Schaufelkanten können auch abgedeckt werden oder es kann ein Materialüberschuss an den Schaufelkanten vorgehalten werden, der dann während des Schleifens abgetragen wird.

EP 2 103 384 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Blistrommel, bei dem zwei oder mehrere vorgefertigte Blistks miteinander verschweißt werden und die so gebildete Blisttrommel anschließend einer Wärmebehandlung unterworfen wird und die Schaufeloberflächen im letzten Bearbeitungsschritt poliert werden.

[0002] Gasturbinenrotoren und insbesondere die Rotoren der Kompressoren von Gasturbinentriebwerken werden unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit, Gewichtseinsparung, Leistungssteigerung und Lebensdauer mit einer am ringförmigen Außenumfang einer Scheibe oder eines Ringes integral ausgebildeten Beschauflung ausgeführt. Derartige Bauteile werden als Blistks bezeichnet, wobei dieser Begriff eine Kurzform des englischsprachigen Ausdrucks "blade integrated disk" ist. Die Herstellung von Blistks erfolgt bekanntermaßen durch Verschweißen, insbesondere Reibschweißen, separat gefertigter Schaufeln mit der Umfangsfläche der vorzugsweise geschmiedeten Scheibe oder durch einen von der Außenumfangsfläche der Scheibe ausgehenden Materialabtrag mittels spangebender und/oder chemischer Verfahren zur Ausformung der Schaufeln aus dem vollen Material. Zum Abschluss erfolgt eine Feinbearbeitung der Schaufeln durch Glättungsverfahren, beispielsweise Vibrationsgleitschleifen, bei dem die Blistk in einem mit einem Schleifmedium gefüllten, vibrierenden Behälter untergebracht ist, in dem die Schaufeln aufgrund einer durch die Vibration bewirkten spiralförmigen Bewegung des Schleifmediums geschliffen bzw. poliert werden und danach eine den aerodynamischen Anforderungen während des Betriebs der Gasturbine im Wesentlichen genügende Rauigkeit (Ra) an den Schaufelflächen aufweisen. Anschließend wird die Blistk Scheibe bei Bedarf einem Ätzverfahren unterzogen. An das Zusammenfügen der einzelnen Blistks zu einer Blistktrommel, beispielsweise in einem Schweißprozess, schließen sich eine Wärmebehandlung der gesamten Blistktrommel sowie Ätzverfahren und ein Verfestigungsverfahren an, in deren Ergebnis die Rauigkeitswerte deutlich verschlechtert sind und die Schaufelflächen erneut geglättet werden müssen.

[0003] Das Glätten der Schaufeln an einer Blistktrommel erfolgt bekanntermaßen mit Hilfe von nach einem vorgegebenen Programm gesteuerten, mit einer Polierlanze ausgerüsteten Robotern. Das Polieren der einzelnen Schaufeln mit Polierlanzen ist zeit- und kostenaufwändig. Zudem ist die Zugänglichkeit zu den Schaufelflächen teilweise eingeschränkt, so dass die erforderliche aerodynamische Effizienz nicht erreicht werden kann.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer geschweißten Blistktrommel so auszubilden, dass die Blistkschaufeln sowohl hinsichtlich der Rauigkeit der Seitenflächen als auch hinsichtlich ihrer Vorder- und Hinterkante sowie der an der Schaufelspitze verlaufenden Kante hohen aerodynami-

schen Anforderungen genügen und der Zeit- und Kostenaufwand zudem gering ist.

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, eine geschweißte und nach dem Schweißen wärmebehandelte Blistktrommel als Ganzes in ein pastöses, fließfähiges Schleifmedium einzutauchen und die Blistkschaufeln durch eine zwischen der Blistktrommel und dem Schleifmedium erzeugte Relativbewegung abschließend an der Druck- und der Saugseite zu schleifen, während die Vorder- und Hinterkante sowie die an der Schaufelspitze verlaufende Kante entweder abgedeckt werden oder durch in dem Schleifmedium angeordnete Leitelemente die Relativbewegung des Schleifmediums in den Kantenbereichen verhindert und das Schleifmedium vorrangig zu den zu schleifenden Oberflächen der Schaufeln geleitet wird. Auf diese Weise können mit geringem zeit- und Kostenaufwand alle Schaufelflächen einer Blistktrommel in einem Arbeitsgang poliert werden, während die Schaufelkanten ihre bereits bei der Herstellung der einzelnen Blistks erzeugte aerodynamisch günstige Form beibehalten.

[0007] Alternativ können die Schaufelkanten bei der Herstellung der einzelnen Blistks aber auch mit einem gewissen Übermaß entsprechend dem bei der Wirkung des Schleifmediums an den Schaufelkanten abgetragenen Material gefertigt werden, so dass die Schaufelkanten zwar mit dem Schleifmedium behandelt werden, aber letztlich doch die aerodynamisch günstigste Form aufweisen.

[0008] Die Relativbewegung zwischen dem Schleifmedium und den Blistkschaufeln wird durch eine vibrierende Bewegung des Behälters erreicht, in dem sich die in diesem gehaltene Blistktrommel und das Schleifmedium befinden. Die Blistk kann sich in dem Schleifmedium aber auch translatorisch oder rotierend bewegen. Denkbar ist auch eine Kombination aus den zuvor erwähnten Bewegungsvarianten, wobei sowohl die Blistktrommel als auch der das Schleifmedium aufnehmende Behälter bewegt werden kann. Die Blistktrommel kann in dem das Schleifmedium aufnehmenden Behälter senkrecht oder waagrecht angeordnet sein. Vor dem Einbringen in das Schleifmedium werden die offenen Stirnseiten der Blistktrommel geschlossen.

[0009] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird als Schleifmedium eine Schleifpaste mit in diese eingebundenen Schleifmittelträgern verwendet, um so den Druckaufbau an den zu schleifenden Schaufelflächen zu erhöhen.

[0010] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung wird die Oberfläche der Blistktrommel nach der Wärmebehandlung zunächst mit einem Ätzmittel behandelt, um eine durch die Wärmebehandlung bedingte Oberflächenrauigkeit zu vermindern. Durch eine sich an die

Ätzbehandlung anschließende Kugelverfestigung der Schaufelflächen wird die Festigkeit der Schaufeln erhöht und die Spannungsrissskorrosionsgefahr verringert. Infolge der Kugelstrahlverfestigung erhöht sich die Rauigkeit der Schaufeloberflächen. Beim anschließenden Polieren der gesamten Blistrommel in dem Schleifmedium wird die Rauigkeit der Schaufeloberflächen jedoch auf einen Wert gesenkt, der höchsten aerodynamischen Anforderungen genügt.

[0011] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend näher erläutert.

[0012] In einem ersten Verfahrensschritt werden zunächst die Ringscheiben mit integral an- oder ausgeformten Schaufeln, sogenannte Blinks, in der jeweils erforderlichen Dimensionierung für die einzelnen Stufen des Kompressors einer Gasturbine hergestellt und anschließend zu einer mehrstufigen Blistrommel verschweißt. Die Rauigkeit der Schaufelflächen liegt zu diesem Zeitpunkt bei einem Rauigkeitswert (R_a) von circa 0,25. Anschließend wird die Blistrommel zur Beseitigung der durch den Schweißvorgang bedingten Spannungen einer Wärmebehandlung unterzogen. In einer darauf folgenden chemischen Behandlung in einem Ätzmedium wird durch Abtragen einer im Ergebnis der Wärmebehandlung gebildeten spröden Oberflächenschicht die Oberflächenrauigkeit auf einen Rauigkeitswert R_a von circa 0,4 erhöht. Im nächsten Verfahrensschritt werden die Schaufeln der Blistrommel in einem speziellen Verfahren, bei dem die Form der Vorder- und Hinterkante der Schaufel sowie der Schaufelspitzenkante nicht beeinträchtigt wird, kugelstrahlverfestigt, um durch Einbringen von Druckeigenspannungen in die beiderseitigen Oberflächenschichten die Festigkeit der Schaufeln zu erhöhen und die Gefahr von Rissbildungen zu minimieren und somit die Lebensdauer der Schaufeln zu erhöhen. Durch das Kugelstrahlverfestigen wird jedoch in die Schaufeloberflächen eine Vielzahl kleinster kalottenförmiger Vertiefungen eingeformt, so dass sich der Rauigkeitswert der Schaufeloberfläche auf einen Rauigkeitswert R_a von circa 0,7 erhöht. An die Kugelstrahlverfestigung schließt sich eine Gleitschleifbehandlung aller Schaufeln der Blistrommel an, in deren Ergebnis die Schaufeloberflächen einen aerodynamisch vorteilhaften Rauigkeitswert von $R_a \leq 0,25$ aufweisen und auch die Form der Schaufelkanten den an diese gestellten aerodynamischen Anforderungen genügt.

[0013] Das zuvor erwähnte Gleitschleifen der Schaufeloberflächen erfolgt in einem mit einem pastösen, fließfähigen Schleifmedium gefüllten, entsprechend der Form und Größe der Blistrommel dimensionierten Schleifmittelbehälter durch eine Relativbewegung zwischen dem Schleifmedium und den Schaufelflächen. Die an den Stirnseite verschlossene Blistrommel taucht vollständig in das Schleifmedium ein. Die Relativbewegung zwischen dem Schleifmedium und den Schaufelflächen kann durch Vibration des Schleifmittelbehälters und der in diesem beispielsweise senkrecht gelagerten Blistrommel bewirkt werden, wobei das Schleifmedium

aufgrund einer Vibration des Schleifmittelbehälters eine torodiale Bewegung ausführt. Es ist aber auch denkbar, dass die Blistrommel in dem Schleifmittel translatorisch bewegt wird oder um ihre Achse gedreht wird. Die Bewegung der Schaufelflächen relativ zum Schleifmedium kann auch durch eine Drehbewegung einer horizontal in dem Schleifmittelbehälter gelagerte Blistrommel erzielt werden. Es ist auch eine Kombination aus den zuvor genannten Blistrommelbewegungen denkbar, das heißt, Vibration und/oder Translation und/oder Rotation.

[0014] Das Schleifmedium besteht aus in eine Schleifpaste eingebetteten Schleifmittelträgern, wobei die Kombination aus kompakten Schleifmittelträgern und eigentlichem Schleifmittel für den notwendigen Druckaufbau an den Schleifflächen und eine optimale Schleifwirkung sorgt.

[0015] Mit Hilfe von in dem Schleifmedium angeordneten Leitelementen kann das Schleifmedium gezielt zu den zu bearbeitenden Schaufelflächen gelenkt werden, um genau dort den gewünschten Schleifeffekt zu erzielen, während die Relativbewegung zwischen den nicht zu behandelnden Schaufelteilen, nämlich den Schaufelkanten, und dem Schleifmedium verhindert wird, um die ursprüngliche Form der Schaufelkanten nicht zu verändern. Alternativ kann ein unerwünschter Materialabtrag an den Schaufelkanten/Schaufelspitzen auch durch deren Abdeckung verhindert werden.

Die Schaufelspitzen der Schaufeln der Blistrommel bleiben dadurch gerade und scharfkantig, während ein vorgegebenes, bevorzugtes ovales Profil der Schaufelvorderkanten erhalten bleibt. In einer Ausführungsvariante kann der Schleifprozess auch ohne Abdeckung der Schaufelkanten oder ohne Unterdrückung der Relativbewegung an den Schaufelkanten durchgeführt werden, wenn bereits bei der Herstellung der einzelnen Blinks in dem betreffenden Bereich, beispielsweise der Schaufelvorderkante, eine bestimmte - überschüssige - Materialmenge, die mit der beim Schleifen abgetragenen Materialmenge identisch ist, "vorgehalten" wird, das heißt, die Schaufeln bei der Herstellung in Kenntnis des beim Schleifen unerwünschten Materialabtrags an den entsprechenden Stellen stärker dimensioniert werden.

[0016] Im Ergebnis des zuvor beispielhaft geschilderten Verfahrens wird eine Blistrommel bereitgestellt, die hinsichtlich der Schaufelkantengeometrie und der Rauigkeit der Schaufeloberflächen höchsten aerodynamischen Anforderungen gerecht wird und die zudem mit vermindertem Zeit- und Kostenaufwand hergestellt werden kann. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel können geschweißte Blistrommeln hergestellt werden, deren Schaufeln eine hohe Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Spannungsrissskorrosion aufweisen, aerodynamisch geformte Vorder- und Hinterkanten sowie eine scharfkantig ausgebildete Schaufelspitzenkante zur Gewährleistung der geforderten Spalthaltung haben und schließlich über Schaufelseitenflächen mit einer aerodynamisch vorteilhaften niedrigen Rauigkeit, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel bei $R_a \leq$

0.25 liegt, verfügen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Blisktrommel, bei dem zwei oder mehrere vorgefertigte Blisks miteinander verschweißt oder anderweitig verbunden werden und die so gebildete Blisktrommel anschließend einer Wärmebehandlung unterworfen wird und die Schaufeloberflächen im letzten Bearbeitungsschritt poliert werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blisktrommel als Ganzes innerhalb eines fließfähigen, pastösen Schleifmediums mittels einer durch Vibration und/oder Translation und/oder Rotation der Blisktrommel oder eines das Schleifmedium aufnehmenden Behälters zwischen der Blisktrommel und dem Schleifmedium erzeugten Relativbewegung poliert wird, wobei die Schleifbewegung des Schleifmediums durch in diesem vorgesehene Leitelemente in Schaufelbereichen mit unerwünschtem Materialabtrag unterdrückt wird oder diese Bereiche abgedeckt werden oder bei der Herstellung der Blisks entsprechend dem beim Schleifen erwarteten Materialabtrag stärker dimensioniert werden. 5 10 15 20 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kanten der Bliskschaufeln vor dem Polieren die endgültige Form und Dimensionierung aufweisen und während des Poliervorgangs in dem Schleifmedium abgedeckt werden. 30
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Schaufelkanten eine bestimmte, über die Fertigform hinausgehende Materialmenge vorgehalten wird, die während des Poliervorgangs oder durch andere Verfahren abgetragen wird. 35
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifbewegung des Schleifmediums durch die Form und Anordnung der Leitelemente zu den Schleifbereichen hin und entlang den Schleifbereichen gesteuert wird, und an anderen, zu schützenden Bereichen verhindert oder reduziert wird. 40 45
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die offenen Stirnseiten der Blisktrommel vor dem Eintauchen in das Schleifmedium verschlossen werden. 50
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifmedium eine Schleifpaste mit in diese zum Druckaufbau an den Schleifflächen eingebetteten Schleifmittelträgern ist. 55
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche der Blisktrommel nach der Wärmebehandlung mit einem Ätzmedium behandelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln der Blisktrommel nach dem Ätzen kugelstrahlverfestigt werden oder anderen Oberflächenverfestigungsverfahren zugeführt werden.



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 15 4985

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 00/29171 A (MOTOREN TURBINEN UNION [DE]; KLEER ARNO [DE]; SCHOELLNER RUDOLF [DE];) 25. Mai 2000 (2000-05-25)	1,2,4-8	INV. B24B31/00 B24B31/116 F01D5/34
A	* das ganze Dokument *	3	
Y	US 4 447 992 A (BERGQUIST EVERETT J [US]) 15. Mai 1984 (1984-05-15) * Zusammenfassung *	1,2,4,5,7	
Y	EP 1 426 141 A (GEN ELECTRIC [US]) 9. Juni 2004 (2004-06-09) * Zusammenfassung *	6	
Y	WO 02/24411 A (SNECMA MOTEURS [FR]; BERTHELET BENOIT JEAN HENRI [FR]; GUELDRY GERARD) 28. März 2002 (2002-03-28) * Zusammenfassung *	8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24B F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Juni 2009	
		Prüfer Eschbach, Dominique	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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 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			

2

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 09 15 4985

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.

10-06-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
WO 0029171	A	25-05-2000	CA	2353694 A1	25-05-2000
			EP	1128933 A1	05-09-2001
			ES	2178495 T3	16-12-2002
			JP	2002529263 T	10-09-2002
			US	6764384 B1	20-07-2004

US 4447992	A	15-05-1984	KEINE		

EP 1426141	A	09-06-2004	CN	1509840 A	07-07-2004
			JP	2004183658 A	02-07-2004
			US	2004106359 A1	03-06-2004

WO 0224411	A	28-03-2002	AT	409101 T	15-10-2008
			CA	2392138 A1	28-03-2002
			CN	1392822 A	22-01-2003
			EP	1203637 A1	08-05-2002
			ES	2309044 T3	16-12-2008
			FR	2814099 A1	22-03-2002
			JP	4202126 B2	24-12-2008
			JP	2004508963 T	25-03-2004
			NO	20022368 A	11-07-2002
			PL	354253 A1	29-12-2003
			RU	2222419 C1	27-01-2004
			US	2003115922 A1	26-06-2003

EPO FORM P0461

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