



(11) **EP 2 093 021 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.06.2011 Patentblatt 2011/26

(51) Int Cl.:
B24C 1/10 ^(2006.01) **B24C 3/02** ^(2006.01)
B24C 3/22 ^(2006.01) **B24C 5/04** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09150739.2**

(22) Anmeldetag: **16.01.2009**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Kugelstrahlverfestigen von Bliskschaufeln**

Method and apparatus for controlled shot-peening of blisk blades

Produit de plaque d'alliage d'aluminium doté de faibles niveaux de contrainte résiduelle et son procédé de fabrication

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB TR

(30) Priorität: **25.02.2008 DE 102008010847**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.08.2009 Patentblatt 2009/35

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

(72) Erfinder: **Hennig, Wolfgang**
56337 Simmern (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 927 773 EP-A- 1 741 796
WO-A-02/10332 WO-A-2005/065885
GB-A- 615 462 US-A- 2 439 032

EP 2 093 021 B1

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 ein Verfahren zum Kugelstrahlverfestigen von Bliskschaufeln mit einem auf die Schaufeloberflächen mit Hilfe von Druckluft oder Wasser geschleuderten Kugelstrahlgut.

[0002] Bei der Kugelstrahlverfestigung der Oberfläche von Werkstücken wird ein kugeliges Strahlmittel mit Hilfe von Druckluft mit hoher Geschwindigkeit gegen die zu behandelnde Werkstückoberfläche geschleudert. In der durch das Kugelstrahlen durch eine Vielzahl von Kalotten verformten Werkstoffoberfläche werden Druckeigen-
spannungen induziert, so dass die Gefahr der Rissbildung verringert und die Dauerfestigkeit erhöht wird. Damit verbunden sind eine Gewichtsreduzierung eine Kaltverfestigung und eine Lebensdauererhöhung. Das Kugelstrahlverfestigen wird bekanntermaßen seit langem bei Triebwerkskomponenten und hier auch zur Behandlung der Schaufeln von Blisks angewendet.

[0003] 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 integral ausgebildeten Beschaukelung ausgeführt. Derartige Bauteile werden als Blisks bezeichnet, wobei der Begriff Blisk eine Kurzform des englischsprachigen Ausdrucks "blade integrated disk" ist. Die Herstellung von Blisks erfolgt bekanntermaßen durch Verschweißen, insbesondere Reibschweißen, separat gefertigter Schaufeln mit der Umfangsringfläche der vorzugsweise geschmiedeten Scheibe oder durch einen von der Außenringfläche der Scheibe ausgehenden Materialabtrag mittels spangebender oder chemischer Verfahren. Nach dem Ausformen und der Feinbearbeitung der Schaufeln und nach der Wärmebehandlung der Blisk bzw. einer aus mehreren miteinander verschweißten Blisks gebildeten Blisktrommel können die Bliskschaufeloberflächen durch Kugelstrahlen behandelt werden, um deren Festigkeit und Lebensdauer durch das Einbringen von Druckeigen-
spannungen in die Oberflächenschicht zu erhöhen.

[0004] Das Bestrahlen der in geringem Abstand angeordneten und zudem gewölbten und verdrehten Bliskschaufeln erfolgt mit einem von außen in die Schaufelzwischenräume eingetragenen Kugelstrahl. Die Wirkung des Strahlmittelstrahls auf die Schaufeloberflächen ist jedoch begrenzt, da das Strahlmittel wegen der gegenseitigen Überdeckung bzw. Abschirmung und der somit ungenügenden Zugänglichkeit der Schaufelflächen, die in verstärktem Umfang bei Blisktrommeln zu verzeichnen ist, die betreffenden Oberflächenbereiche zum einen nur in unzureichendem Umfang und zum anderen in einem ungünstigen Winkel und daher nur mit unzureichender kinetischer Energie erreicht. Die Oberflächenverfestigung der Schaufeln ist daher unzureichend und ungleichmäßig. Zudem können die Schaufeln wegen der ungleichmäßigen Belastung auf der Druckseite und auf

der Saugseite verformt werden. Durch höhere Strahlgeschwindigkeiten und größere Kugeln kann dieser Nachteil nicht oder nur teilweise behoben werden, zumal bei höherem Strahl-
druck und mit größeren Kugeln durch die unterschiedlichen Strahlparameter die Gefahr der Schaufelverformung noch erhöht wird und Bereiche mit sehr kleinen Radien nicht bearbeitet oder filigrane Schaufelkanten beschädigt werden können.

[0005] Bei einem anderen bekannten Verfahren zur Kugelstrahlverfestigung von Bliskschaufeln sind die einzelnen Schaufeln in hermetisch verschlossenen Kammern, in denen sich ein durch Ultraschall in Bewegung versetztes Kugelstrahlmedium befindet, angeordnet. Dieses Verfahren ist insbesondere wegen des hohen Aufwandes zur Ummantelung der Schaufeln nachteilig. Dokument WO 2005-065825 zeigt ein Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Kugelstrahlverfestigen der Schaufeln von Blisks oder Blisktrommeln anzugeben, das mit geringem Aufwand und ohne Beeinträchtigung der Schaufelform eine gleichmäßige und hohe Oberflächenverfestigung der Schaufeln gewährleistet.

[0007] 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.

[0008] Der Kern der Erfindung liegt in der separaten Bearbeitung jeder einzelnen Bliskschaufel mit gleichzeitig und unmittelbar gegenüberliegend sowie mit identischer Strahlintensität und im Wesentlichen senkrecht auf die Saugseite und auf die Druckseite auftreffenden Kugelstrahlen, die in nebeneinander verlaufenden Bearbeitungsbahnen über die beiden Seitenflächen der betreffenden Bliskschaufel geführt werden. Die auf beiden Schaufelseiten identische Strahlintensität wird dadurch erreicht, dass der Abstand zwischen der Strahlaustrittsebene und der bestrahlten Oberfläche auf beiden Schaufelseiten im Wesentlichen gleich ist. Mit einer derartigen Kugelstrahlbehandlung wird eine in allen Teilen jeder einzelnen Schaufel einer Blisk oder Blisktrommel gleichmäßige und intensive Oberflächenverfestigung erreicht, und zwar ohne die Bliskschaufeln und insbesondere deren filigrane Kanten bei der Kugelstrahlbehandlung zu verformen. Die Festigkeit der Bliskschaufeln wird erhöht, so dass Steigerungen der Dauerfestigkeit und Eliminierung von Zugspannungen an der Bauteiloberfläche möglich sind. Die Gefahr der Rissbildung wird minimiert, so dass letztlich die Lebensdauer erhöht wird. Aufgrund der in allen Oberflächenbereichen gleichmäßigen, hohen Strahlintensität können Strahlkugeln mit geringem Durchmesser eingesetzt werden, so dass auch kleine Radien im Übergangsbereich zum Annulus erfasst und kugelstrahlverfestigt werden.

[0009] In Ausgestaltung der Erfindung haben die Kugelstrahlen (Kugelstrahldüsen) eine rechteckige Querschnittsform und werden in Längsrichtung der Blisk-

schaufeln in nebeneinander liegenden, vorzugsweise einander überlappenden Bearbeitungsbahnen über die beiden Schaufflächen geführt. Durch das Überlappen der Bearbeitungsbahnen wird eine im Randbereich des Kugelstrahls geringere Strahlintensität und Kugelstrahlüberdeckung kompensiert.

[0010] Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst eine an einer Bewegungseinheit gehaltene Doppelstrahldüseneinheit mit zwei im Abstand angeordneten und entsprechend der jeweiligen Schauffelausführung im Abstand einstellbaren langgestreckten Strahlgutdüsen, die in gleicher Höhe seitlich angeordnete und zueinander weisende Düsenöffnungen gleicher Form und Größe aufweisen. Mit Hilfe der Bewegungseinheit kann die Doppelstrahldüseneinheit mit den während der Bearbeitung an beiden Schauffelseiten angeordneten Strahlgutdüsen in Längsrichtung und in Querrichtung der einzelnen Bliskschaufeln in verfahren werden und außerdem um eine X-Achse und eine Y-Achse verschwenkt werden, so dass die Kugelstrahlen die Schauffeloberflächen vollständig erfassen und auch der gewölbten und verdrehten Form der Bliskschaufeln in gleichbleibendem Abstand folgen können und alle Schauffelbereiche mit im Wesentlichen gleicher Strahlintensität behandelt werden.

[0011] Die Strahlgutdüsen und die Düsenöffnungen haben einen rechteckigen Querschnitt bzw. einen rechteckigen Gutaustrittsquerschnitt, so dass die Schauffeloberflächen entlang breiter, ebener Bearbeitungsbahnen gleichmäßig kugelstrahlverfestigt werden können.

[0012] Gemäß einem wichtigen Merkmal werden die Düsenöffnungen am freien stirnseitigen Ende der Strahlgutdüsen durch eine im stumpfen Winkel zur Strömungsrichtung angeordnete ebene Prallplatte begrenzt. An dieser Prallplatte werden die Strahlkugeln nach außen in Richtung der Schauffeloberfläche in einem Winkel abgelenkt, der gleich oder teilweise größer als 90° ist, so dass die Schauffeloberflächen überwiegend senkrecht von den Strahlkugeln getroffen werden, aber auch der Übergangsbereich der Bliskschaufel zum Annulus von dem Kugelstrahl erfasst wird. Die Länge der Strahlgutdüsen ist so gewählt, dass das aus den Düsenöffnungen austretende Strahlgut auch den Übergangsbereich erfasst.

[0013] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Vorrichtung zum Kugelstrahlverfestigen der Schaufeln einer Blisktrommel für den Verdichter eines Flugtriebwerks;

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Vorrichtung zur Kugelstrahlverfestigung der Bliskschaufeln einer Blisktrommel;

Fig. 3 einen senkrechten Schnitt durch eine Strahlgutdüse; inkl. Strahlgutführungsstück

Fig. 4 einen waagerechten Schnitt durch die Strahlgutdüse nach Fig. 3; und

Fig. 5 eine detaillierte Ansicht der Strahlgutdüse gemäß Fig. 3 im Bereich der Düsenöffnung.

[0014] Eine in den Figuren 1 oder 2 dargestellte Vorrichtung zur Kugelstrahlverfestigung von Bliskschaufeln 1 einer aus mehreren miteinander verschweißten Blisks 2 bestehenden Blisktrommel 3 umfasst eine Bewegungseinheit 4, mit der eine an einer Düsenhalterung 5 angebrachte Doppelstrahldüseneinheit 6 entsprechend den Pfeilen A und B in senkrechter Richtung und in waagerechter Richtung (siehe Fig. 1) bewegt werden kann und gemäß dem Pfeil X um eine waagerechte Achse sowie gemäß dem Pfeil Y um eine senkrechte Achse verschwenkt (siehe Fig. 2) werden kann.

[0015] Die Doppelstrahldüseneinheit 6 umfasst zwei jeweils als flacher, rechteckiger und langgestreckter Hohlkörper ausgebildete Strahlgutdüsen 7, die mit ihren breiten Seiten im Abstand und im Wesentlichen parallel einander gegenüberliegend angeordnet sind. Der Abstand zwischen den beiden Strahlgutdüsen 7 ist einstellbar und wird in Abhängigkeit von der Schauffeldicke -form und -abstand so eingestellt, dass die Strahlgutaustragsdüsen 7 die zu bearbeitenden Bliskschaufeln 1 oder diesen benachbarte Bliskschaufeln während des Kugelstrahlverfestigens nicht kontaktieren. Die Länge der Strahlgutdüsen 7 ist größer als die maximale Höhe der zu bearbeitenden Bliskschaufeln 1. Die beiden Strahlgutdüsen 7 weisen am vorderen freien Ende jeweils eine seitlich angeordnete, im Wesentlichen über deren gesamte Breite b reichende - rechteckige - Düsenöffnung 8 auf. Das geschlossene stirnseitige Ende der Düsenöffnung 8 bzw. der Strahlgutdüse 7 ist von einer schrägen, etwa unter einem Winkel von 45° verlaufenden Prallplatte 9 gebildet, an der der über die Strahlgutdüse 7 zugeführte Strahlgutstrom bzw. die Strahlgutkugeln 10 etwa um 90° oder größer umgelenkt und somit etwa senkrecht zur Längserstreckung der Strahlgutdüsen 7 bzw. zur Strömungsrichtung in den Strahlgutdüsen 7 über die Düsenöffnung 8 ausgetragen werden. Die Düsenöffnungen 8 der beiden Strahlgutaustragsdüsen 7 sind aufeinander zu gerichtet und einander genau gegenüberliegend angeordnet.

[0016] An dem der Prallplatte 9 gegenüberliegenden Ende ist die jeweilige Strahlgutaustragsdüse 7 mit einem Strahlgutführungsstück 11 verbunden, das seinerseits an eine Strahlgutzuführenleitung 12 mit im Wesentlichen kreisförmigem Querschnitt angeschlossen ist. Der Innenquerschnitt des Strahlgutführungsstück 11 ist so ausgebildet, dass der über die Strahlgutzuführenleitung 12 mit Hilfe von Druckluft oder Wasser zugeführte Strahlmedium kreisförmige Querschnitt des Strahlgutstroms allmählich, das heißt ohne Energieverluste und Verwirbelung des Strahlgutstroms sowie gleichzeitiger Erhöhung der Geschwindigkeit der Verfestigungskugeln, in einen dem rechteckigen Innenquerschnitt der Strahl-

gutaustragsdüsen 7 entsprechenden Querschnitt übergeführt wird.

[0017] Zum Kugelstrahlverfestigen der Bliskschaufeln 1 einer aus mehreren miteinander verschweißten Blisks 2 gebildeten und wärmebehandelten Blisktrommel 3 wird die Doppelstrahldüseneinheit 6 mit Hilfe der Bewegungseinheit 5 in mehreren - einander überlappenden Bahnen - in Längsrichtung der jeweils einzeln zu bearbeitenden Bliskschaufel 1 verfahren. Das Überlappen der Bearbeitungsbahnen ist erforderlich, da die an den Rändern der Düsenöffnung 8 austretende Strahlgutmenge etwas geringer ist als in der Mitte. Die Bliskschaufel 1 befindet sich während der Bearbeitung mittig zwischen den beiden im Abstand entsprechend dem Querschnittsprofil der jeweiligen Bliskschaufel eingestellten Strahlgutdüsen 7, so dass auf der Saugseite und der Druckseite der Bliskschaufel 1 jeweils die einander gegenüberliegenden Oberflächenbereiche mit einem aufgrund der mittigen Anordnung auf beiden Seiten gleich starken Kugelstrahl beaufschlagt werden und somit keine Verformung der Bliskschaufeln 1 durch einseitige oder in der Stärke unterschiedliche Einwirkung des Kugelstrahls zu verzeichnen ist. Beim Verfahren der Doppelstrahldüseneinheit 6 entlang der Bearbeitungsbahnen wird die Doppelstrahldüseneinheit 6 entsprechend den Pfeilen X und/oder Y so verschwenkt, dass die Strahlgutaustrittsebene der einander gegenüberliegenden Düsenöffnungen 8 der verdrehten Schaufelform folgt und im Wesentlichen parallel und in gleichem Abstand zur Schaufeloberfläche ausgerichtet ist.

[0018] Die Kugeln treffen im Wesentlichen senkrecht und somit unter maximaler Ausnutzung ihrer Schlagenergie auf die zu bearbeitenden Oberflächen. Dadurch können die Strahlgutkugeln einen vergleichsweise geringen Durchmesser aufweisen, so dass auch Bereiche mit kleinen Radien, zum Beispiel im Übergangsbereich zwischen den seitlichen Schaufelflächen und dem Annulus, mit dem Strahlungsmedium bearbeitet und kugelstrahlverfestigt werden können. Aufgrund der Einzelbearbeitung der Bliskschaufeln, bei der Strahlgutkugeln mit geringem Durchmesser im Wesentlichen senkrecht und mit gleicher Stärke nur auf die Seitenflächen auftreffen, wird insbesondere auch eine Verformung der filigran ausgebildeten, besonders leicht verformbaren Schaufelkanten verhindert. Mit dem zuvor beschriebenen Verfahren wird jede einzelne Bliskschaufel auf der Druckseite und der Saugseite mit der gleichen Strahlintensität bearbeitet und vollflächig kugelstrahlverfestigt. Die dabei in der Oberflächenschicht beidseitig gleichmäßig induzierten Druckeigenspannungen bewirken eine Erhöhung der Festigkeit und eine Verringerung der Rissbildungsgefahr, so dass die Lebensdauer der Bliskschaufeln erhöht wird. Andererseits kann aufgrund der Festigkeitserhöhung Material gespart und das Gewicht verringert werden.

Bezugszeichenliste

[0019]

1	Bliskschaufel
2	Blisk
3	Blisktrommel
4	Bewegungseinheit
5	Düsenhalterung
6	Doppelstrahldüseneinheit
7	Strahlgutdüse
8	Düsenöffnung
9	Prallplatte
10	Strahlgutkugeln
11	Strahlgutführungsstück
12	Strahlgutzuführungsleitung

15 Patentansprüche

1. Verfahren zum Verfestigen der Oberfläche von integral an einen Rotor angeformten Bliskschaufeln mit einem auf die Schaufeloberflächen aufgetragenen Druckmedium, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Bliskschaufel einzeln mit Hilfe von aus einer entlang der beiden Schaufeloberflächen verfahrbaren und verschwenkbaren Doppelstrahldüseneinheit austretenden, mittels Druckluft erzeugten Kugelstrahlen entlang von nebeneinander verlaufenden Bearbeitungsbahnen gleichzeitig an der Druck- und an der Saugseite der Bliskschaufel an unmittelbar gegenüberliegenden Flächenabschnitten mit im Wesentlichen senkrecht auf die Bearbeitungsfläche auftreffenden Kugelstrahlen von im Wesentlichen identischer Strahlintensität bearbeitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Doppelstrahldüseneinheit austretenden und auf die beiden Schaufelflächen auftreffenden Kugelstrahlen jeweils eine rechteckige Querschnittsform haben, wobei ein zunächst runder Strahlgutstrom in der Doppelstrahldüseneinheit beschleunigt und umgeformt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die auf der jeweiligen Schaufelseite aufeinander folgenden Bearbeitungsbahnen zum Ausgleich der im Randbereich geringeren Strahlintensität des Kugelstrahls überlappen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzielung der beidseitig identischen Strahlintensität der Abstand zwischen der Strahlgutaustrittsebene an der Doppelstrahldüseneinheit und der Bearbeitungsfläche auf beiden Schaufelseiten im Wesentlichen gleich gehalten wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugeln des beiden Kugelstrahlen im Wesentlichen senkrecht aus der Doppelstrahldüseneinheit ausgeht und im Wesentli-

chen in einem rechten Winkel auf die zu bearbeitenden Schaufeloberflächen geschleudert werden.

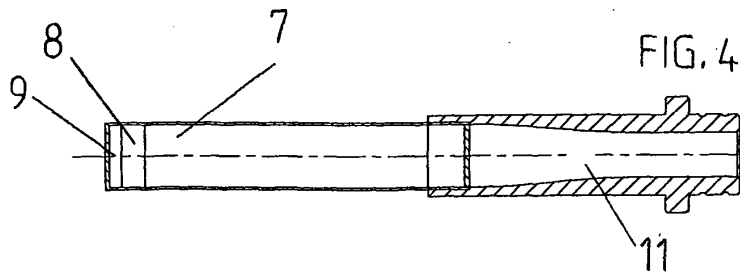
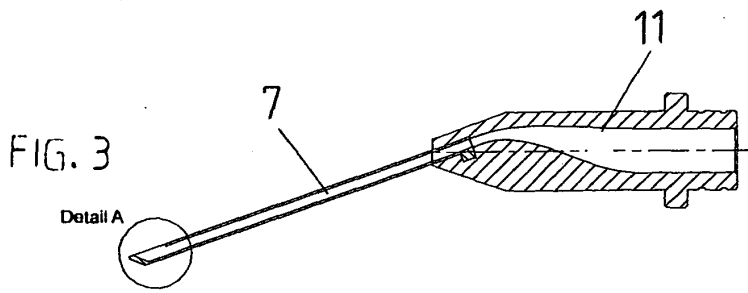
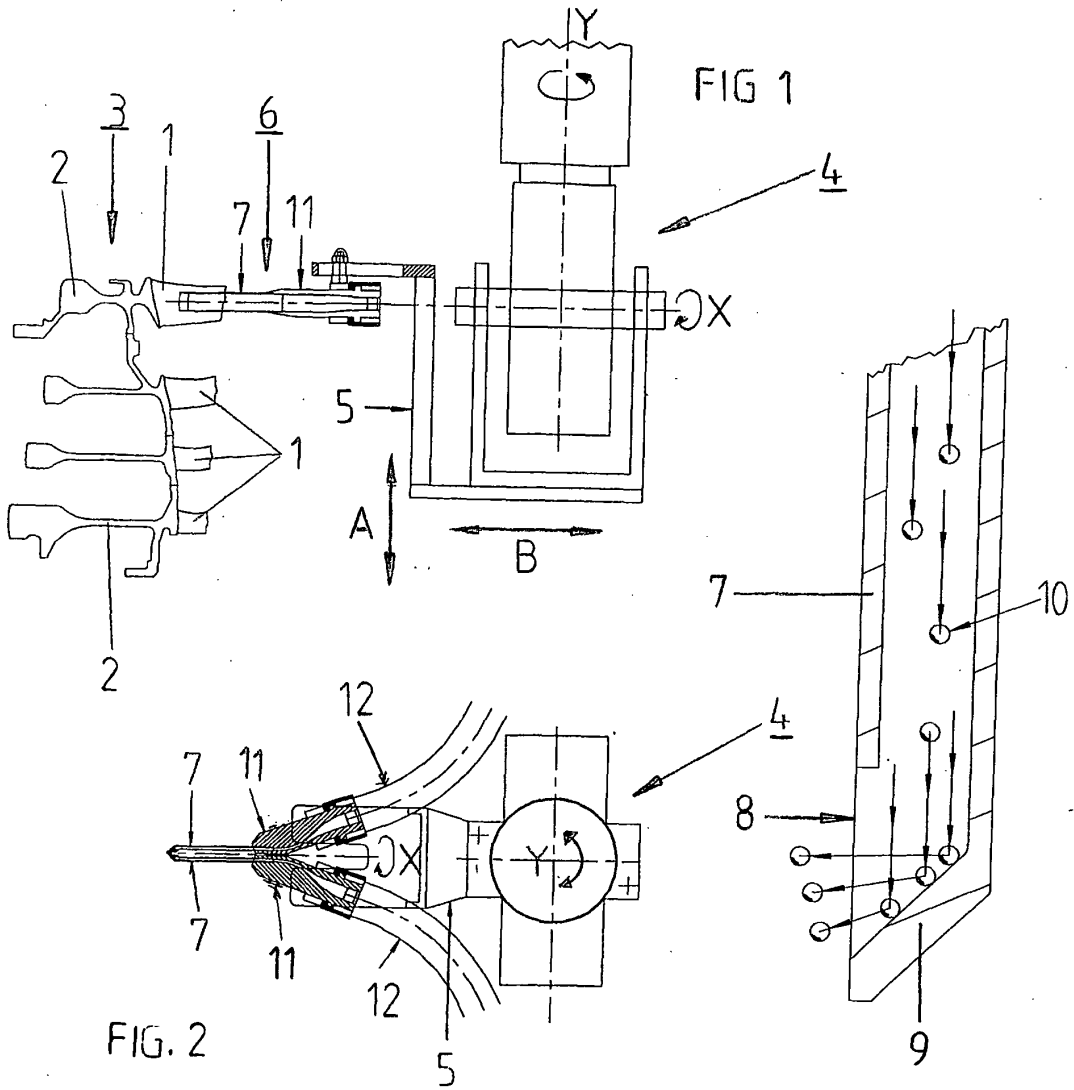
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Kugeln in den Kugelstrahlen so gewählt wird, dass auch kleine Kehlradien mit dem Strahlgut beaufschlagt und kugelfestigt werden.

Claims

1. Method for strengthening the surface of BLISK blades integrally formed onto a rotor by means of a pressure medium applied to the blade surfaces, **characterized in that** each BLISK blade is separately processed along side-by-side processing paths, simultaneously on the pressure and on the suction side of the BLISK blade, on immediately opposite surface portions using shot streams which essentially vertically strike the processing surface and essentially feature identical peening intensity, with the shot streams being produced by compressed air and exiting from a dual-nozzle unit, which is moveable and swivellable along the two blade surfaces.
2. Method in accordance with Claim 1, **characterized in that** the shot streams exiting from the dual-nozzle unit and impinging on the two blade surfaces each feature a rectangular cross-section, with an initially circular shot stream being accelerated and transformed in the dual-nozzle unit.
3. Method in accordance with Claim 1, **characterized in that** the successive processing paths overlap on the respective blade side to compensate for the lower peening intensity of the shot stream in the edge areas.
4. Method in accordance with Claim 1, **characterized in that** the distance between the shot exit plane on the dual-nozzle unit and the processing surface is essentially equal on both blade sides in order to achieve identical peening intensity on both sides.
5. Method in accordance with Claim 1, **characterized in that** the spherical shot of the two shot streams exit from the dual-nozzle unit essentially vertically and hit the blade surfaces to be processed at an essentially right angle.
6. Method in accordance with Claim 1, **characterized in that** the shot size in the shot streams is selected such that even very small gorge radii are reached by the shot-peening medium and strengthened by shot-peening.

Revendications

1. Procédé pour consolider la surface d'aubes BLISK intégralement façonnées sur un rotor, consistant à appliquer un fluide de compression sur les surfaces d'aube, **caractérisé en ce qu'**à l'aide de jets de billes générés par de l'air comprimé et issus d'une unité à double buse de projection, mobile et pivotante le long des deux surfaces d'aube, chaque aube BLISK est individuellement traitée, simultanément des côtés refoulement et aspiration de l'aube BLISK le long de lignes de traitement juxtaposées sur des sections de surface directement opposées, avec des jets de billes d'intensités quasiment identiques percutant les surfaces à traiter sous un angle droit pour l'essentiel.
2. Procédé selon la revendication n° 1, **caractérisé en ce que** les jets de billes sortant de l'unité à double buse de projection et percutant les deux surfaces d'aube ont chacun une section transversale de forme rectangulaire, sachant qu'un flux de grenaille tout d'abord cylindrique est accéléré et transformé dans l'unité à double buse de projection.
3. Procédé selon la revendication n° 1, **caractérisé en ce que** les lignes de traitement consécutives sur les côtés d'aube respectifs se chevauchent afin de compenser la plus faible intensité des jets de billes dans les zones marginales.
4. Procédé selon la revendication n° 1, **caractérisé en ce que** pour atteindre l'intensité de jet identique des deux côtés, la distance entre le plan de sortie de la grenaille sur l'unité à double buse de projection et les surfaces à traiter sur les deux côtés d'aube est maintenue constante pour l'essentiel.
5. Procédé selon la revendication n° 1, **caractérisé en ce que** les billes des deux jets de billes sont expulsées pour l'essentiel perpendiculairement de l'unité à double buse de projection et sont projetées sur les surfaces d'aube à traiter selon un angle droit pour l'essentiel.
6. Procédé selon la revendication n° 1, **caractérisé en ce que** la taille des billes dans les jets de billes est choisie de manière telle que de faibles rayons de gorge sont également alimentés en grenaille et consolidés par grenailage.



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

- WO 2005065825 A [0005]