



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 29 026 T2** 2004.09.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 816 637 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 29 026.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 304 669.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.06.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.09.2004**

(51) Int Cl.7: **F01D 9/04**

F01D 5/28, F01D 5/14, F01D 5/18,

B21C 23/16, C22C 32/00

(30) Unionspriorität:

670302 27.06.1996 US

(73) Patentinhaber:

United Technologies Corp., Hartford, Conn., US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Watson, Thomas J., Palm Beach Gardens, Florida
33418, US; Nardone, Vincent C., South Windsor,
Connecticut 06074, US; Visoskis, John A., Vernon,
Connecticut 06066, US; Anderson, Stuart A.,
South Windsor, Connecticut 06074-3227, US**

(54) Bezeichnung: **Gasturbinenleitschaufel**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Gasturbinenmaschinen generell und insbesondere Führungsleitschaukeln zur Verwendung in Gasturbinenmaschinen.

[0002] Strömungsprofile, die hinter einem Rotorabschnitt in einer Gasturbinenmaschine angeordnet sind, tragen dazu bei, das von dem Rotorabschnitt verlagerte Gas in eine Richtung zu richten, die gewählt ist, um die von dem Rotorabschnitt geleistete Arbeit zu optimieren. Diese Strömungsprofile, die üblicherweise als "Führungsleitschaukeln" bezeichnet werden, sind radial zwischen einer Nabe und einem äußeren Gehäuse angeordnet und um den Umfang des Rotorabschnitts beabstandet. Historisch wurden Führungsleitschaukeln aus konventionellem Aluminium als massive Strömungsprofile hergestellt. Der massive Querschnitt lieferte der Führungsleitschaukel die erforderliche Steifigkeit zum Aufnehmen der durch das auftreffende Gas verursachten Belastung und die Fähigkeit, einem Fremdkörperaufprall zu widerstehen.

[0003] "Gaswegbelastung" ("gas path loading") ist ein Fachbegriff, der verwendet wird, um die Kräfte zu beschreiben, die durch die auf die Führungsleitschaukeln auftreffende Gasströmung aufgebracht werden. Die Größen und die Frequenzen der Belastungskräfte variieren in Abhängigkeit von der Anwendung und dem von der Maschine erzeugten Schub. Wenn die Frequenzen der Kräfte mit einer oder mehreren Eigenfrequenzen der Führungsleitschaukel (d. h. einer Frequenz einer Biege-Mode der Verformung und/oder einer Frequenz einer Torsions-Mode der Verformung) zusammen fallen, können die Kräfte die Führungsleitschaukel zu einer unerwünschten Schwingungsreaktion anregen.

[0004] Ein signifikanter Nachteil von aus massivem Aluminium hergestellten konventionellen Führungsleitschaukeln ist das kumulierte Gewicht der Führungsleitschaukeln. Gasturbinenkonstruktionen legen einen primären Wert auf das Minimieren des Gewichts der Maschinenbauteile, weil das Erhöhen des Gewichts einer Maschine negativ das Schub-zu-Gewicht-Verhältnis der Maschine beeinträchtigt. Hohle Führungsleitschaukeln aus konventionellem Aluminium umgehen das Gewichtsproblem der massiven Führungsleitschaukeln, es fehlt ihnen jedoch die Steifigkeit und die Ermüdungsfestigkeit, die für Anwendungen mit hohem Schub erforderlich sind. Diese Einschränkung ist insbesondere problematisch bei modernen Gasturbinenmaschinen, wo es der Trend ist, den Gläserdurchmesser der Maschine zu erhöhen, um zusätzlichen Schub zu erzeugen. Das Erhöhen des Schubs einer Maschine erhöht generell die Belastung auf die Führungsleitschaukeln, insbesondere auf die in dem Bläserabschnitt, wo der Gläserdurchmesser erhöht wird. Ein weiteres Problem mit hohlen Führungsleitschaukeln aus konventionellem Aluminium ist, dass einige der wünschenswerteren konventionellen Aluminiumlegierungen nicht zu der

von einer Führungsleitschaukel geforderten auerschnittsgeometrie extrudiert werden können.

[0005] In jüngster Zeit wurden Führungsleitschaukeln aus Polymermatrix-Verbundmaterialien oder "PMC's" (polymer matrix composite materials) hergestellt. PMC's sind attraktiv, weil sie signifikant leichter als konventionelle Aluminiummaterialien sind, die erforderliche Steifigkeit besitzen, und zu einer Vielzahl von komplexen Geometrien geformt werden können. Ein Nachteil von PMC-Führungsleitschaukeln sind die Kosten ihrer Produktion, die signifikant höher sind als die von ähnlichen Führungsleitschaukeln aus konventionellem Aluminiummaterial. Wie das Gewicht sind die Kosten von überragender Bedeutung. Ein weiterer Nachteil von PMC-Führungsleitschaukeln ist deren Haltbarkeit. Konventionelle Aluminium-Führungsleitschaukeln haben einen merklichen Vorteil bei der durchschnittlichen Lebenszyklushaltbarkeit gegenüber PMC-Führungsleitschaukeln. Kürzere Lebenszyklen erfordern nicht nur mehr Wartung, sondern verschärfen auch den Kostenunterschied zwischen den zwei Materialien.

[0006] Kurz gesagt, wird eine Führungsleitschaukel benötigt, die adäquate Steifigkeit und Ermüdungsfestigkeit zum Aufnehmen von in Maschinen mit hohem Schub auftretenden Belastungen besitzt, eine, die eine adäquate Steifigkeit und Ermüdungsfestigkeit zum Aufnehmen von Fremdkörpertreffern besitzt, eine, die leicht ist, eine, die relativ unaufwändig herzustellen ist, und eine, die einfach hergestellt werden kann.

[0007] WO-A-88/07593 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen eines Verbundmaterials, beispielsweise diskontinuierlich verstärktes Aluminium, welches für Turbinenlaufschaufeln verwendet werden kann. US-A-4 678 635 beschreibt ein Strömungsprofil, welches aus zwei extrudierten Hälften hergestellt ist, die miteinander verlötet werden.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Bläseraustrittsführungsleitschaukel bereitgestellt, die einen extrudierten Abschnitt mit einstückiger Querschnittsgeometrie hat, welche eine erste Wand, eine zweite Wand, die der ersten Wand entgegengesetzt ist, eine Vorderkante, eine Hinterkante, die der Vorderkante entgegengesetzt angeordnet ist, und einen Hohlraum, der zwischen der ersten und der zweiten Wand und der Vorderkante und der Hinterkante angeordnet ist, ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist,

wobei sich die einstückige Querschnittsgeometrie zwischen dem ersten und dem zweiten Ende erstreckt; und

wobei das Strömungsprofil aus einem Knüppel diskontinuierlich verstärkten Aluminiums extrudiert ist, der zwischen 15 und 20 Vol.-% Siliciumcarbid als Verstärkungselement aufweist.

[0009] Die vorliegende Erfindung liefert einige signifikante Vorteile gegenüber bestehenden Gläseraustrittsführungsleitschaukeln. Ein Vorteil liegt in der erhöhten Steifigkeit, die bei der vorliegenden Erfindung

möglich ist. Die Steifigkeit eines Körpers ist generell eine Funktion des Materials des Körpers und der Querschnittsgeometrie des Körpers. Die folgende Gleichung kann zum mathematischen Beschreiben der Relation verwendet werden:

$$S = E I f(x, L)$$

wobei "S" die Steifigkeit (lbs/in) repräsentiert, "I" den Elastizitätsmodul für das Material (lbs/in²) repräsentiert, "I" das Flächenträgheitsmoment (in⁴) repräsentiert, und "x" eine Funktion der Position in dem Körper ist, und "L" die Länge des Körpers ist, für einen Körper mit gleichförmigem Querschnitt. Die meisten konventionellen Aluminiumlegierungen haben einen "E"-Wert im Bereich von 9,9 bis 10,3 ($\times 10^6$) lbs/in² (68,2 bis 71,0 MPa). DRA's haben andererseits "E"-Werte im Bereich von 14,0 bis 17,0 ($\times 10^6$) lbs/in² (96,5 bis 117 MPa). Somit besitzt ein Strömungsprofil, welches aus einem DRA-Material gebildet ist, eine größere Steifigkeit als eines, welches aus einer konventionellen Aluminiumlegierung mit dem gleichen Querschnitt gebildet ist.

[0010] PMC's, die zum Herstellen von Strömungsprofilen verwendet werden, besitzen "E"-Werte, die größer als die von konventionellen Aluminiumlegierungen sind, haben jedoch mechanische Eigenschaften, die als eine Funktion der Orientierung variieren. Beispielsweise kann eine PMC-Probe in eine Richtung einen "E"-Wert von 14,0 bis 15,0 ($\times 10^6$) lbs/in² (96,5 bis 103 MPa) haben, was signifikant höher ist als der von konventionellem Aluminium. In einer Quer-Richtung kann der "E"-Wert der Probe bis auf 4 oder 5 ($\times 10^6$) lbs/in² (27,6 bis 34,5 MPa) herunter gehen und so die Anwendungen einschränken, für die PMC's geeignet sind. Die isotropen mechanischen Eigenschaften von DRA vermeiden dieses Problem. [0011] Ein anderer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass ein hoch steifes Strömungsprofil bereitgestellt wird, welches einfach durch Extrusion hergestellt werden kann. Im Fall von hohen Strömungsprofilen separiert sich das extrudierte Material beim Hindurchgehen durch die Formmatrix und verschweißt sich nach der Form wieder zusammen. Nicht alle konventionellen Aluminiumlegierungen sind dieser Art von Formgebung zugänglich, und die, welche es sind, besitzen nicht immer die Steifigkeit oder die Ermüdungsfestigkeit, die für einen Einsatz in Gasturbinenmaschinen mit hohem Schub erforderlich sind. DRA's verbinden sich wieder nach der Extrusions-Formmatrix, sind jedoch viel schwieriger zu extrudieren als konventionelle Aluminiummaterialien. Es ist möglich, komplizierte Geometrien mit DRA's zu extrudieren, was es ermöglicht, ein Strömungsprofil aus DRA herzustellen.

[0012] Ein weiterer von der vorliegenden Erfindung geschaffener Vorteil sind Kosteneinsparungen. PMC-Strömungsprofile, die annähernd die gleiche Steifigkeit wie hohle DRA-Strömungsprofile haben und etwa das gleiche Gewicht besitzen, sind be-

trächtlich teurer als hohle DRA-Strömungsprofile. Außerdem ist der durchschnittliche Lebenszyklus von PMC-Strömungsprofilen deutlich geringer als der von hohlen DRA-Strömungsprofilen, was ein häufigeres Ersetzen erforderlich macht, was den Kostenunterschied verschärft.

[0013] Bestimmte bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun nur beispielhaft mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, für die gilt:

[0014] **Fig. 1** ist ein schematischer Schnitt einer Gasturbinenmaschine;

[0015] **Fig. 2** ist eine auseinander gezogene Ansicht einer Gläseraustritts-Führungsleitschaufel;

[0016] **Fig. 3** ist ein Querschnitt einer Führungsleitschaufel mit zwei Hohlräumen, ähnlich der in **Fig. 2** gezeigten; und

[0017] **Fig. 4** ist ein Querschnitt einer Führungsleitschaufel mit drei Hohlräumen, ähnlich der in **Fig. 2** gezeigten.

[0018] Es wird auf **Fig. 1** Bezug genommen. Eine Gasturbinenmaschine **10** weist einen Bläserabschnitt **12**, einen Niederdruckverdichter **14**, einen Hochdruckverdichter **16**, eine Brennkammer **18**, eine Niederdruckturbine **20** und eine Hochdruckturbine **22** auf. Der Bläserabschnitt **12** und der Niederdruckverdichter **14** sind miteinander verbunden und werden von der Niederdruckturbine **20** angetrieben. Der Hochdruckverdichter **16** wird von der Hochdruckturbine **22** angetrieben. Luft, an der von dem Bläserabschnitt **12** Arbeit verrichtet wurde, wird entweder als "Kerngasströmung" in den Niederdruckverdichter **14** gelangen oder wird als "Bypassluft" in eine Passage **23** außerhalb des Maschinenkerns gelangen. Bypassluft, welche den Bläserabschnitt **12** verlässt, bewegt sich in Richtung auf eine Mehrzahl von Bläseraustritts-Führungsleitschaufeln **24** oder "FEGV's" (fan exit guide vanes), die um den Umfang der Maschine **10** angeordnet sind, und trifft auf diese. Die FEGV's **24** führen die Bypassluft in eine Führungseinrichtung (nicht gezeigt), die um die Außenseite der Maschine **10** angeordnet ist.

[0019] Es wird nun auf die **Fig. 1** und **2** Bezug genommen. Die FEGV's **24** erstrecken sich zwischen einem inneren Bläsergehäuse **26** und einem äußeren Bläsergehäuse **28**. Das innere Gehäuse **26** ist radial zwischen dem Niederdruckverdichter **14** und den FEGV's **24** angeordnet, und das äußere Gehäuse **26** ist radial außerhalb der FEGV's **24** angeordnet. Jedes FEGV **24** weist ein Strömungsprofil **30** und Mittel **32** zum Befestigen des Strömungsprofils **30** zwischen dem inneren und dem äußeren Gehäuse **26**, **28** auf. In dem in **Fig. 2** gezeigten Beispiel weisen die Mittel **32** zum Befestigen eine erste Halterung **34** und eine zweite Halterung **36** auf. Andere Ausführungsformen der Mittel **32** zum Befestigen können alternativ verwendet werden.

[0020] Es wird auf die **Fig. 2** bis **4** Bezug genommen. Das Strömungsprofil **30** weist eine einstückige Querschnittsgeometrie auf, die sich von einem ersten

Ende **40** zu einem zweiten Ende **42** (Fig. 2) erstreckt. Die Querschnittsgeometrie weist eine erste Wand **44**, eine zweite Wand **46**, eine Vorderkante **48**, eine Hinterkante **50** und einen oder mehrere Hohlräume **52** auf. Die zweite Wand **46** ist entgegengesetzt zu der ersten Wand **44** angeordnet, und die Hinterkante **50** ist entgegengesetzt zu der Vorderkante **48** angeordnet. Der oder die Hohlräume **52** ist/sind zwischen der ersten und der zweiten Wand **44**, **46** und der Vorderkante und der Hinterkante **48**, **50** angeordnet. Fig. 2 zeigt einen einzigen Hohlraum **52**. Fig. 3 zeigt einen ersten Hohlraum **52** und einen zweiten Hohlraum **54**, die durch einen Steg **56**, welcher sich zwischen der ersten Wand **44** und der zweiten Wand **46** erstreckt, getrennt sind. Fig. 4 zeigt einen ersten Hohlraum **52**, einen zweiten Hohlraum **54** und einen dritten Hohlraum **58**, die jeweils von einem oder zwei der anderen durch einen oder mehrere Stege **56** getrennt sind, die sich zwischen der ersten Wand **44** und der zweiten Wand **46** erstrecken. Alle Hohlräume **52**, **54**, **58** weisen interne Rundungen **60** auf.

[0021] Das Strömungsprofil **30** ist aus diskontinuierlich verstärktem Aluminium (DRA – discontinuously reinforced aluminum) extrudiert. Vorzugsweise weist das DRA ein Basismaterial einer Aluminiumlegierungsmatrix der 2000, 6000 oder 7000 Serie auf, wie durch die Aluminium Association definiert. In der bevorzugtesten Ausführungsform weist das DRA eine 6000er Serie Aluminiumlegierungsmatrix auf. Das Verstärkungsmittel des DRA ist SiC. Das bevorzugteste Verstärkungselement ist SiC in Teilchenform mit fünf (5) bis zehn (10) microns Größe. Der Volumenprozentatz des Verstärkungsmittel in dem DRA wird davon abhängen, von welcher Serie die Aluminiumlegierungsmatrix ist und welches Verstärkungselement verwendet wird. Verbesserte Extrusionsergebnisse wurden erzielt, indem ein Volumenprozentatzbereich von mindestens **15** und nicht mehr als 20 Vol.-% von SiC in einer 6000er Serie Aluminiumlegierungsmatrix DRA beibehalten wurde. Die besten Extrusionsergebnisse wurden unter Verwendung von 17,5 Vol.-% SiC in einer 6000er Serie Aluminiumlegierungsmatrix DRA erzielt.

[0022] Während des Extrusionsverfahrens der bevorzugten Ausführungsform wird das 6000er Serie-Aluminiumlegierungsmatrix DRA mit 17,5 Vol.-% SiC als Verstärkungselement zu einem Strömungsprofilquerschnitt mit zwei Hohlräumen **52**, **54** (siehe Fig. 3) unter Verwendung einer Auslassöffnungsmatrix mit einem Paar von durch Anhängern abgestützten Formkernen extrudiert. Die Formmatrix besteht aus einem mit Titancarbid verstärktem Stahl, beispielsweise "SK grade Ferrotic", welcher von der Alloy Technology International, Incorporated, aus West Nyack, New York, USA hergestellt wird. Die Formkerne sind in der Mitte der Form angeordnet, und das DRA ist gezwungen, um die Formkerne zu strömen und teilt sich an den Anhängern auf. Hinter den Formkernen verbindet sich das extrudierte Metall, welches durch die Anhänge geteilt wurde, in Me-

tall-Metallverbindungen wieder miteinander. Dieser Schritt wird manchmal als "Schweißen" bezeichnet. Die durch die Formkerne gebildeten Freiräume bleiben und werden die Hohlräume des Strömungsprofils. Die Titancarbidverstärkte Formmatrix erzeugt ein befriedigendes Finish an dem extrudierten Strömungsprofil. Der extrudierte Streifen von DRA wird schließlich auf Länge geschnitten und fertig bearbeitet, wie es für die vorliegende Anwendung erforderlich ist.

[0023] Ein signifikanter Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass ein Strömungsprofil **30**, welches die erforderliche Steifigkeit hat, unaufwändig mit externen Rundungen **62** und internen Rundungen **60** mit minimalem Durchmesser hergestellt werden kann. Minimale externe Rundungen **62** entlang der Vorderkante **48** und der Hinterkante **50** sind aus aerodynamischen Gründen vorteilhaft. Minimale interne Rundungen **60** sind vorteilhaft, weil kleinere interne Rundungen ein größeres Maß an "Hohlheit" bei den meisten Strömungsprofilen **30** und deshalb ein leichteres Strömungsprofil erlauben.

[0024] Somit kann man erkennen, dass zumindest bei den gezeigten Ausführungsformen ein leichtes Strömungsprofil bereitgestellt wird, welches adäquate Steifigkeit und Ermüdungsfestigkeit besitzt, um die in Maschinen mit hohem Schub vorhandenen Belastungen aufzunehmen, welches relativ unaufwändig herzustellen ist, und welches einfach hergestellt werden kann.

[0025] Obwohl die Erfindung mit Bezugnahme auf deren detaillierte Ausführungsformen gezeigt und beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, dass verschiedene Änderungen in deren Form und Detail vorgenommen werden können, ohne von dem Umfang der Ansprüche abzuweichen.

Patentansprüche

1. Bläseraustritts-Führungsleitschaufel, aufweisend einen extrudierten Abschnitt mit einer einstückigen Querschnittsgeometrie, die eine erste Wand (**44**), eine zweite Wand (**46**), die der ersten Wand entgegengesetzt angeordnet ist, eine Vorderkante (**48**), eine Hinterkante (**50**), die der Vorderkante entgegengesetzt angeordnet ist, und einen Hohlraum (**52**), der zwischen der ersten und der zweiten Wand und der Vorderkante und der Hinterkante angeordnet ist, ein erstes Ende (**40**) und ein zweites Ende (**42**) aufweist, wobei sich die einstückige Querschnittsgeometrie zwischen dem ersten und dem zweiten Ende erstreckt; und wobei das Strömungsprofil (**30**) aus einem Knüppel diskontinuierlich verstärkten Aluminiums extrudiert wurde, welches zwischen 15 und 20 Vol.-% Siliciumcarbid als Verstärkungselement aufweist.

2. Bläseraustritts-Führungsleitschaufel nach Anspruch 1, wobei das Siliciumcarbid in Teilchenform ist.

3. Bläseraustritts-Führungsleitschaukel nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Siliciumcarbid in einer Menge von 17,5 Vol.-% vorliegt.

4. Bläseraustritts-Führungsleitschaukel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das diskontinuierlich verstärkte Aluminium eine 6000er Serie Aluminiumlegierungsmatrix aufweist.

5. Bläseraustritts-Führungsleitschaukel nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die einstückige Querschnittsgeometrie ferner aufweist: einen weiteren Hohlraum (**54**, **58**); und einen Steg (**56**), der sich zwischen der ersten und der zweiten Wand (**44**, **46**) erstreckt, wobei der Steg die Hohlräume (**52**, **54**, **58**) trennt.

6. Bläseraustritts-Führungsleitschaukelanordnung, aufweisend:
eine Mehrzahl von Führungsleitschaukeln nach einem der vorangehenden Ansprüche;
ein äußeres Gehäuse (**28**) mit Mitteln (**32**) zum Aufnehmen des ersten Endes (**40**) der Führungsleitschaukel (**30**);
ein inneres Gehäuse (**26**), welches radial innerhalb von dem äußeren Gehäuse und im wesentlichen konzentrisch zu diesem angeordnet ist, mit Mitteln (**36**) zum Aufnehmen des zweiten Endes (**42**) der Führungsleitschaukeln;
wobei sich die Führungsleitschaukeln zwischen dem inneren und dem äußeren Gehäuse erstrecken und umfangsmäßig zwischen dem inneren und dem äußeren Gehäuse verteilt sind.

7. Verfahren zum Herstellen einer Bläseraustritts-Führungsleitschaukel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend:
Bereitstellen eines Knüppels aus diskontinuierlich verstärktem Aluminium;
wobei das diskontinuierlich verstärkte Aluminium zwischen 15 und 20 Vol.-% Siliciumcarbid als Verstärkungselement aufweist;
Extrudieren des Knüppels aus einer Formmatrix, um einen extrudierten Abschnitt mit einer Geometrie in der Form einer Gläseraustritts-Führungsleitschaukel zu erzeugen, der sich in Längsrichtung die Form verlassend erstreckt, wobei der extrudierte Abschnitt eine einstückige Querschnittsgeometrie hat, die eine erste Wand (**44**), eine zweite Wand (**46**), die der ersten Wand entgegengesetzt angeordnet ist, eine Vorderkante (**48**), eine Hinterkante (**50**), die der Vorderkante entgegengesetzt angeordnet ist, und einen Hohlraum (**52**), der zwischen der ersten Wand und der zweiten Wand und der Vorderkante und der Hinterkante angeordnet ist, aufweist, wobei der extrudierte Abschnitt dann auf Länge geschnitten wird, um ein erstes Ende (**40**) und ein zweites Ende (**42**) zu schaffen, wobei sich die einstückige Querschnittsgeometrie zwischen dem ersten und dem zweiten Ende

erstreckt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der extrudierte Abschnitt durch eine Austrittsöffnungs-Formmatrix aus Titancarbid-verstärktem Stahl extrudiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Formmatrix zwei Formkerne aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, wobei der Knüppel eine 6000er Serie Aluminiumlegierung ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei das Siliciumcarbid in Teilchenform in einer Menge von 17,5 Vol.-% vorliegt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

