



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 28 310 A1** 2005.01.13

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 28 310.2**
(22) Anmeldetag: **23.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **13.01.2005**

(51) Int Cl.7: **B23P 15/02**
B23P 6/00

(71) Anmelder:
ALSTOM Technology Ltd, Baden, CH

(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München

(72) Erfinder:
Hähle, Hartmut, 79790 Küssaberg, DE; Nagler, Christoph, Zürich, CH; Schwarz, Ingo, Oberehdingen, CH

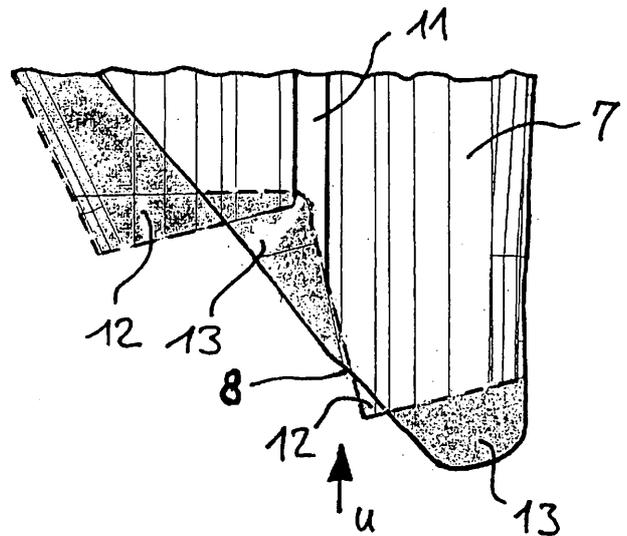
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 36 20 162 C2
DE 35 17 283 C2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Modifizieren der Kopplungsgeometrie bei Deckbandsegmenten von Turbinenlauf-schaufeln**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Modifizieren der Kopplungsgeometrie bei Deckbandsegmenten von Turbinenlauf-schaufeln, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Berechnen einer modifizierten Kopplungsgeometrie; Abtragen von außerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie gelegentlichem Deckbandmaterial und/oder Auftragen von zusätzlichem, nicht innerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie vorhandenem Material; Nachbearbeiten der Abtrags- und/oder Auftragszonen. Hierdurch werden die Nachteile des Standes der Technik vermieden und das Verschleißverhalten im Kopplungsbereich verbessert. Ferner wird die Lebensdauer der Turbinenschaufeln auf wirkungsvolle und kostengünstige Weise verlängert.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Modifizieren der Kopplungsgeometrie bei Deckbandsegmenten von Turbinenlaufschaufeln.

Stand der Technik

[0002] Bei Turbinenstufen ist es bekannt, Turbinenlaufschaufeln mit einem Deckband auszustatten. Dabei ist die Deckband-Kopplung der nebeneinander liegenden Schaufeln oder Schaufelsegmente durch einen definierten Kopplungswinkel gekennzeichnet, der allerdings durch auf die Schaufeln wirkende Fliehkräfte, die Schaufelentwindung, die Deckbandstreckung, Temperatur des Arbeitsmediums, etc. beeinflusst wird. Durch den Kopplungswinkel und die Kopplungsfläche wiederum lassen sich die Spannungskräfte, die beim Abstützen der Schaufeln untereinander im Betrieb wirken, kontrollieren. Derartige Turbinenlaufschaufeln mit Deckbandsegment werden beispielsweise in den deutschen Patentschriften DE 36 20 162 C2 und DE 35 17 283 C2 beschrieben.

[0003] Die Art der Kopplung, d.h. der Kopplungswinkel und die Kopplungsfläche, ist für das Betriebsverhalten der Turbinenlaufschaufeln, und hier insbesondere für das Verschleißverhalten im Bereich der Kopplung, wegen der Übertragung der Kopplungskräfte von wesentlicher Bedeutung. Aufgrund der o.g. Faktoren, die die Deckband-Kopplung beeinflussen, können schon geringe Änderungen am Turbinendesign einzelner Turbinenstufen, beispielsweise durch Umrüsten einer Turbinenstufe oder veränderte Betriebsbedingungen, zu unerwünscht hohem Verschleiß an bestehenden Turbinenstufen führen. Wird aufgrund von Betriebserfahrungen festgestellt, dass der Verschleiß im Kopplungsbereich zweier Turbinen-Deckbandsegmente unzulässig hoch ist, so erfolgt bisher lediglich eine Reparatur der Turbinenschaufel im Kopplungsbereich. Dabei wird der Kopplungsbereich in der Regel mit Chromcarbid beschichtet. Im Extremfall müssen einzelne Schaufeln oder Schaufelgruppen ausgetauscht werden. Ausserdem verkürzen sich in ungünstigen Fällen die Wartungsintervalle, was die Wirtschaftlichkeit der Anlage verringert.

Darstellung der Erfindung

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die obengenannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und ein Verfahren zum Modifizieren des Kopplungswinkels bei Deckbandsegmenten von Turbinenlaufschaufeln zur Verfügung zu stellen, welches das Verschleißverhalten im Kopplungsbereich verbessert und die Lebensdauer der Deckbandsegmente von Turbinenlaufschaufeln auf

wirkungsvolle und kostengünstige Weise verlängert. Die Modifikation soll dabei entweder an bestehenden Turbinenlaufschaufeln durchführbar sein oder aber an Neuteilen, die gegen Turbinenlaufschaufeln austauschbar sind, die das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Modifizieren der Kopplungsgeometrie bei Deckbandsegmenten von Turbinenlaufschaufeln weist dabei folgende Schritte auf: Berechnen einer modifizierten Kopplungsgeometrie. Hier kommen beispielsweise Simulationen zur Anwendung, in denen die veränderten Strömungsbedingungen in einer modernisierten Turbomaschine und deren Auswirkungen auf die betreffende Turbinenstufe analysiert werden können. Abtragen von außerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie gelegenen Deckbandmaterial; und/oder Auftragen von zusätzlichem, nicht innerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie vorhandenem Material; Nachbearbeiten der Abtrags- und/oder Auftragszonen. Eine Nachbearbeitung kann insbesondere nach Materialauftrag notwendig sein, da hierdurch die gewünschte Oberflächengüte erzielbar ist. Auf diese Weise kann beispielsweise der Kopplungswinkel und die Kopplungsfläche oder aber nur der Kopplungswinkel oder nur die Kopplungsfläche variiert werden.

[0007] Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden die Nachteile des Standes der Technik vermieden und das Verschleißverhalten im Kopplungsbereich verbessert. Ferner wird die Lebensdauer der Turbinenschaufeln auf wirkungsvolle und kostengünstige Weise verlängert.

[0008] Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Auftragszonen vorab derart bearbeitet werden, dass ein verbesserter Auftragsquerschnitt zur Verfügung gestellt wird. Dies geschieht beispielsweise durch Materialabtrag an einer Stelle des Deckbandsegments, das einen ausreichend grossen Querschnitt bietet um Auftragsmaterial damit sicher und zuverlässig zu verbinden. Ausserdem können hierdurch auch Winkelquerschnitte definiert werden, die aus herstellungstechnischen Gründen vorteilhaft sind, da das Auftragsmaterial an mehreren Seiten mit dem original Deckbandsegment verbunden ist.

[0009] Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht ferner vor, dass die modifizierte Kopplungsgeometrie eine Änderung des Kopplungswinkels um zumindest $\pm 5^\circ$, vorzugsweise $\pm 15^\circ$ bis $\pm 40^\circ$ vorsieht. Dabei sind die Winkelanga-

ben von der Umfangsrichtung aus gemessen. Es gilt, dass bei zu kleinen übertragenen Kopplungskräften eine Vergrößerung des Kopplungswinkels angestrebt wird. Umgekehrt wird bei zu grossen Übertragungskräften eine Verkleinerung des Kopplungswinkels angestrebt.

[0010] Ferner sieht eine besonders vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens vor, dass die Änderung des Kopplungswinkels $\pm 25^\circ$ beträgt. Dieser Winkel hat sich beispielsweise in Versuchen als vorteilhaft zur Änderung von Kopplungswinkeln von 15° auf 40° erwiesen.

[0011] Noch eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Auftragen von zusätzlichem Material mittels Auftragschweissen erfolgt. Hier hat sich beispielsweise das Auftragschweissen mittels Laser bewährt.

[0012] Noch eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Abtragen von überschüssigem Material mittels Schleifen erfolgt. Sofern grössere Segmente abgetrennt werden sollen, kann hier beispielsweise ein Trennschleifer zur Anwendung kommen.

[0013] Ein weiteres erfindungsgemässes Verfahren zum Modifizieren einer bestehenden Gussform für eine Turbinenlaufschaufel mit Deckbandsegment, für eine geänderte Geometrie des Kopplungswinkels, weist folgende Schritte auf: Berechnen einer modifizierten Kopplungsgeometrie; Abtragen von innerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie gelegenen Gussformmaterial; und/oder Auftragen von zusätzlichem, nicht vorhandenem Gussformmaterial ausserhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie; Nachbearbeiten der Abtrags- und/oder Auftragszonen. Im wesentlichen handelt es sich bei diesen Modifikationen um die umgekehrten Schritte, wie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach Patentanspruch 1, da es sich hier um eine Negativform handelt. Eine derartige Modifikation von bereits bestehenden Gussformen ist hilfreich, wenn Ersatz-Turbinen-schaufeln hergestellt werden sollen, die andernfalls nachträglich modifiziert werden müssten. Hierdurch wird eine kostengünstige Möglichkeit zur weiteren Nutzung bereits bestehender Gussformen vorgestellt, ohne auf die Vorteile der modifizierten Kopplungsgeometrie verzichten zu müssen.

[0014] Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die modifizierte Kopplungsgeometrie eine Änderung des Kopplungswinkels um zumindest $\pm 5^\circ$, vorzugsweise $\pm 15^\circ$ bis $\pm 40^\circ$ aufweist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Änderung des Kopplungswinkels $\pm 25^\circ$ beträgt.

[0015] Dabei kann in vorteilhafter Weise auch hier

das Auftragen von zusätzlichem Material mittels Auftragschweissen und das Abtragen von überschüssigem Material mittels Schleifen erfolgen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Im folgenden ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben. Darin zeigen:

[0017] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbinenlaufschaufel mit Deckbandsegment;

[0018] Fig. 2 eine schematische Detailansicht II des Deckbandsegments aus Fig. 1;

[0019] Fig. 3a, 3b eine schematische Draufsicht auf den Kopplungsbereich des Deckbandsegments von Druck- und Saugseite ohne Modifikation;

[0020] Fig. 4a, 4b eine schematische Draufsicht auf den Kopplungsbereich des Deckbandsegments von Druck- und Saugseite mit Modifikation.

[0021] Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. In der nachfolgenden Beschreibung sind gleiche oder ähnliche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0022] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Gittermodells einer Turbinenlaufschaufel **1** mit einem Deckbandsegment **7**. Die Turbinenlaufschaufel **1** weist an ihrem oberen Ende einen Schaufelkopf **2** und an ihrem unteren Ende einen Schaufelfuss **3** auf, der sich in einem Schaft **4** fortsetzt (nur angedeutet). In der linken Zeichnungsseite ist die Schaufelprofil-Vorderkante **5** und auf der rechten Zeichnungsseite die Schaufelprofil-Hinterkante **6** gezeigt.

[0023] Wie insbesondere in Fig. 2 der Darstellung des Details II aus Fig. 1 entnommen werden kann, verläuft das Deckbandsegment **7** am Schaufelkopf **2** im wesentlichen quer zur zwischen der Schaufelprofil-Vorderkante **5** und der Schaufelprofil-Hinterkante **6** verlaufenden Profilverse und parallel zur Umfangsrichtung U. Das Deckbandsegment **7** erstreckt sich dabei nicht über die gesamte Schaufeltiefe, sondern lediglich auf einen Bereich in der Schaufelmitte. Der Übergang zwischen dem Deckbandsegment **7** und dem Schaufelkopf **2** wird durch Übergangsradien bestimmt. Ferner sind an den Seitenflächen des Deckbandsegments **7** Kontaktflächen **8, 9** vorgesehen, die während des Betriebs an Kontaktflächen benachbarter Deckbandsegmente anliegen.

[0024] Fig. 3a und 3b zeigen eine schematische Draufsicht auf den Kopplungsbereich von Deckbandsegmenten **7** von Druckseite und Saugseite ohne

Modifikation.

[0025] Das in **Fig. 3a** dargestellte druckseitige Ende des Deckbandsegments **7** zeigt etwa mittig angeordnet eine Finne **11**, die als Dichtsteg zwischen der Gehäuseinnenwand des Turbinengehäuses und dem aus den Deckbandsegmenten **7** aufgebauten Turbinendeckband dient. Die Kontaktfläche **8** des Deckbandsegments **7**, die der gegenseitigen Abstützung von benachbarten Turbinenlaufschaufeln dient, weist dabei im vorliegenden Ausführungsbeispiel vor der Modifikation einen Winkel von 15° gemessen von der Umfangsrichtung auf. Ferner ist deutlich der gestufte bzw. Z-förmige Seitenrand des Deckbandsegments ohne Modifikation erkennbar.

[0026] Das in **Fig. 3b** dargestellte saugseitige Ende des Deckbandsegments **7** zeigt ebenfalls eine etwa mittig angeordnet Finne **11**. Die Kontaktfläche **9**, die quasi die lange Verbindungslinie zwischen dem oberen und dem unteren horizontalen Z-Balken bildet, weist auch am saugseitigen Deckbandsegment **7** einen Winkel von 15° , gemessen von der Umfangsrichtung, auf.

[0027] Der im vorliegenden Ausführungsbeispiel errechnete optimale Winkel für die modifizierten druckseitigen und saugseitigen Kontaktflächen beträgt jeweils 40° von der Umfangsrichtung gemessen. Die gewünschte Winkeländerung beträgt somit jeweils 25° . Zur Änderung der Kopplungsgeometrie muss an einigen Stellen Material abgetragen werden und an anderen Stellen Material hinzugefügt werden.

[0028] Zum Auftragen von zusätzlichem Material werden die entsprechenden Deckbandabschnitte so vorbereitet, dass durch vorherigen Materialabtrag ein optimaler Querschnitt zum Auftragen von neuem Deckbandmaterial zur Verfügung gestellt wird. Diese Vorbereitungsflächen sind in **Fig. 3a** und **3b** durch gestrichelte Linien und die Aussenkontur begrenzt und mit Bezugsziffer **10** gekennzeichnet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt dabei der Materialabtrag durch ein Schleifverfahren. Grundsätzlich ist aber jedes andere geeignete Abtragsverfahren möglich.

[0029] **Fig. 4a** und **4b** zeigen eine schematische Draufsicht auf den Kopplungsbereich der Deckbandsegmente **7** von Druck- und Saugseite mit modifizierter Kopplungsgeometrie. Auch hier sind die Finnen **11** dargestellt, die parallel zur durch Pfeil **U** dargestellten Umfangsrichtung verlaufen. Die Kontaktflächen **8**, **9** verlaufen dabei unter einem Winkel von 40° , gemessen von der Umfangsrichtung.

[0030] In den **Fig. 4a** und **4b** sind die Auftragsflächen **13**, in denen zusätzliches Deckbandmaterial aufgetragen wurde, innerhalb der Deckbandkontur gestrichelt dargestellt. Die Abtragsflächen **12**, d.h.

Zonen in denen überschüssiges Deckbandmaterial entfernt wurde, sind ausserhalb der Deckbandkontur mit gestrichelten Linien begrenzt. In **Fig. 4b** ist anschaulich die durch den Materialabtrag und das Materialauftragen hervorgerufene Winkeländerung von 15° auf 40° dargestellt.

[0031] Ferner ist in den **Fig. 4a** und **4b** die Änderung der Kontur von einer ursprünglich Z-förmigen Kontur in einen im wesentlichen diagonal verlaufenden Kopplungsbereich mit abgerundetem Endbereich zu erkennen. Hierdurch werden die Verschleisseigenschaften verbessert und die Lebensdauer des Deckbandsegments erheblich verlängert.

[0032] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Materialabtrag mittels Trennschleifen und der Materialauftrag mittels Auftragschweissen, hier im WIG-Schweissverfahren, erfolgt. Grundsätzlich ist aber jedes geeignete Auftrags- und Abtragsverfahren verwendbar.

Bezugszeichenliste

1	Turbinenlaufschaufel
2	Schaufelkopf
3	Schaufelfuss
4	Schaft
5	Schaufelprofil-Vorderkante
6	Schaufelprofil-Hinterkante
7	Deckbandsegment
8	Kontaktfläche Druckseite
9	Kontaktfläche Saugseite
10	Vorbereitungsfläche
11	Finne
12	Abtragsfläche
13	Auftragsfläche
U	Umfangsrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Modifizieren der Kopplungsgeometrie bei Deckbandsegmenten von Turbinenlaufschaufeln, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Berechnen einer modifizierten Kopplungsgeometrie;
- Abtragen von außerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie gelegenen Deckbandmaterial; und/oder
- Auftragen von zusätzlichem, nicht innerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie vorhandenen Materials;
- Nachbearbeiten der Abtrags- und/oder Auftragszonen.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei die Auftragszonen derart vorbearbeitet werden, dass ein verbesserter Auftragsquerschnitt zur Verfügung gestellt wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die modifizierte Kopplungsgeometrie eine Änderung des Kopplungswinkels von zumindest $\pm 5^\circ$, vorzugsweise $\pm 15^\circ$ bis $\pm 40^\circ$ aufweist.

4. Verfahren nach Patentanspruch 3, wobei die Änderung des Kopplungswinkels $\pm 25^\circ$ beträgt.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Patentansprüche, wobei das Auftragen von zusätzlichem Material mittels Auftragsschweißen erfolgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Patentansprüche, wobei das Abtragen von überschüssigem Material mittels Schleifen erfolgt.

7. Verfahren zum Modifizieren einer bestehenden Gussform für eine Turbinenlaufschaufel mit Deckbandsegment, für eine geänderte Geometrie des Kopplungswinkels, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Berechnen einer modifizierten Kopplungsgeometrie;
- Abtragen von innerhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie gelegenen Gussformmaterial; und/oder
- Auftragen von zusätzlichem, nicht vorhandenem Gussformmaterial ausserhalb der modifizierten Kopplungsgeometrie;
- Nachbearbeiten der Abtrags- und/oder Auftragszonen.

8. Verfahren nach Patentanspruch 7, wobei die modifizierte Kopplungsgeometrie eine Änderung des Kopplungswinkels von zumindest $\pm 5^\circ$, vorzugsweise $\pm 15^\circ$ bis $\pm 40^\circ$ aufweist.

9. Verfahren nach Patentanspruch 8, wobei die Änderung des Kopplungswinkels $\pm 25^\circ$ beträgt.

10. Verfahren nach einem der Patentansprüche 7 bis 9, wobei das Auftragen von zusätzlichem Material mittels Auftragsschweißen erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Patentansprüche 7 bis 10, wobei das Abtragen von überschüssigem Material mittels Schleifen erfolgt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

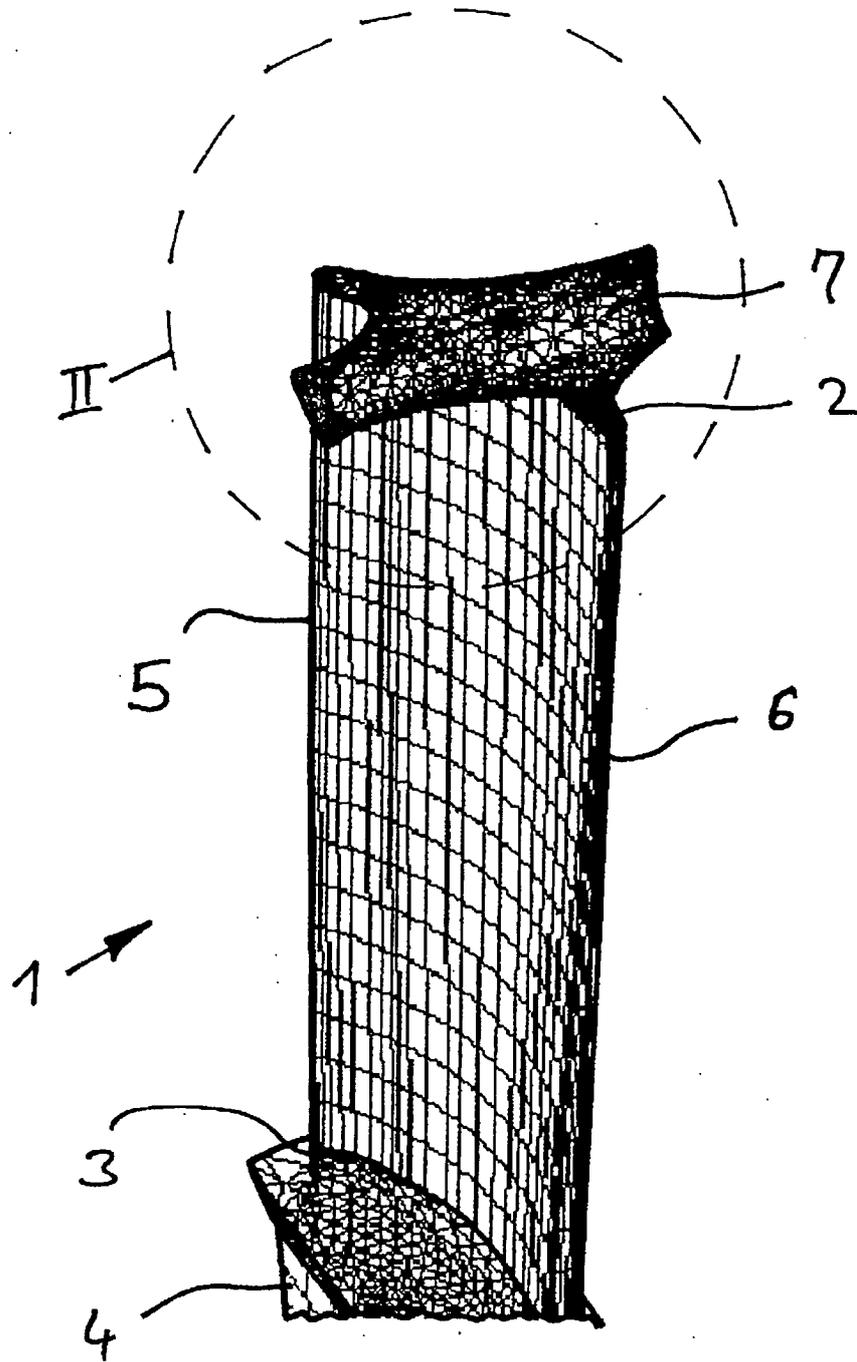


Fig.1

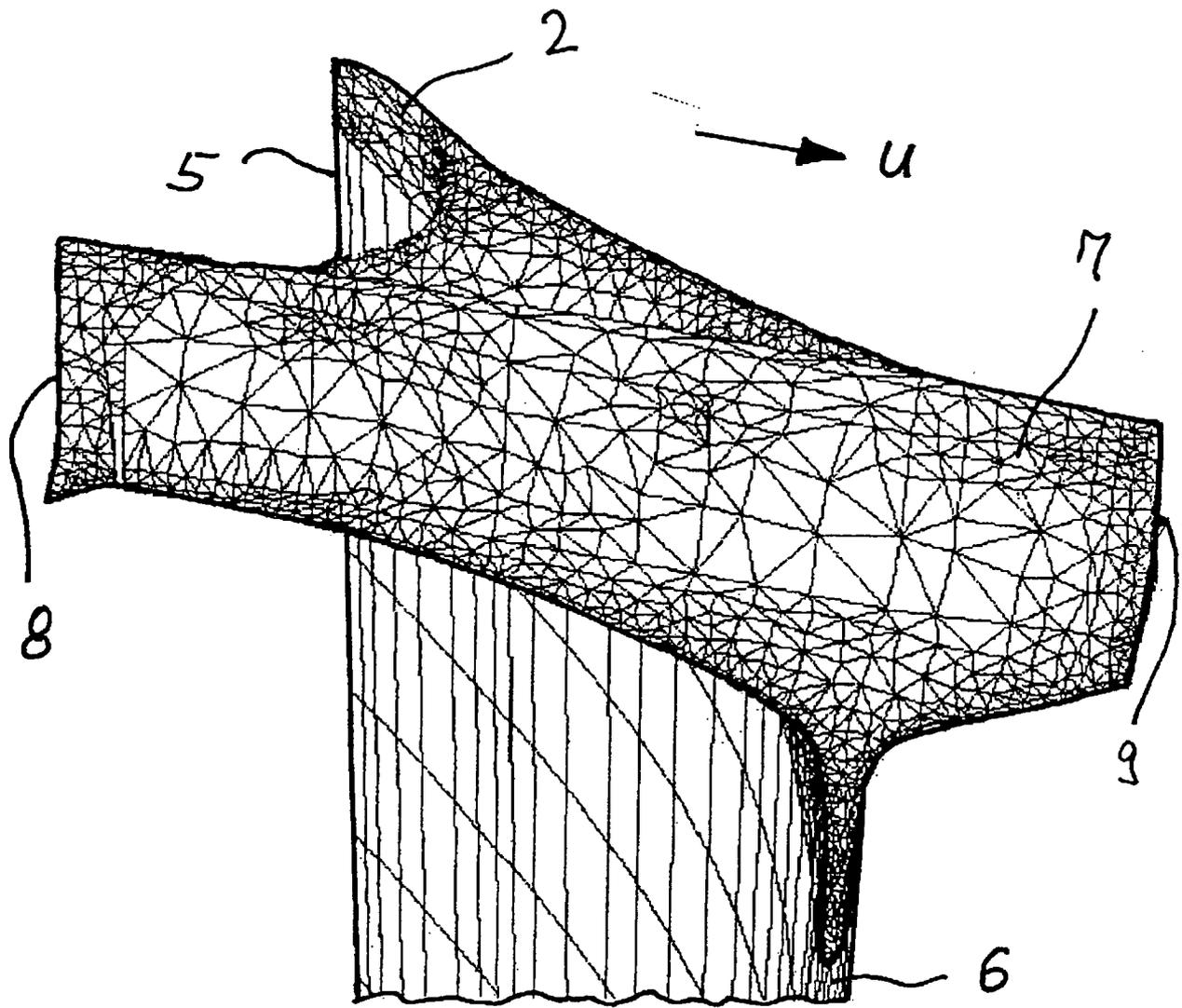


Fig. 2

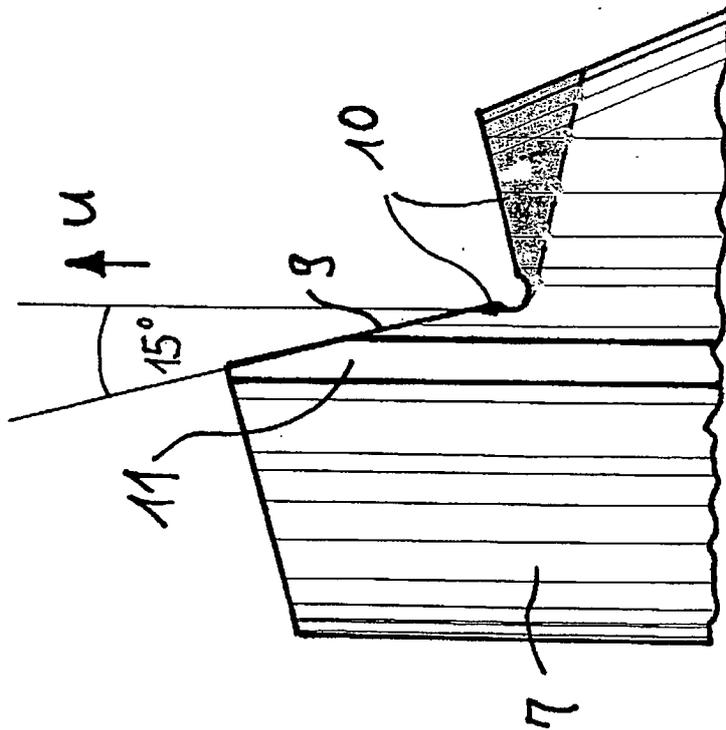
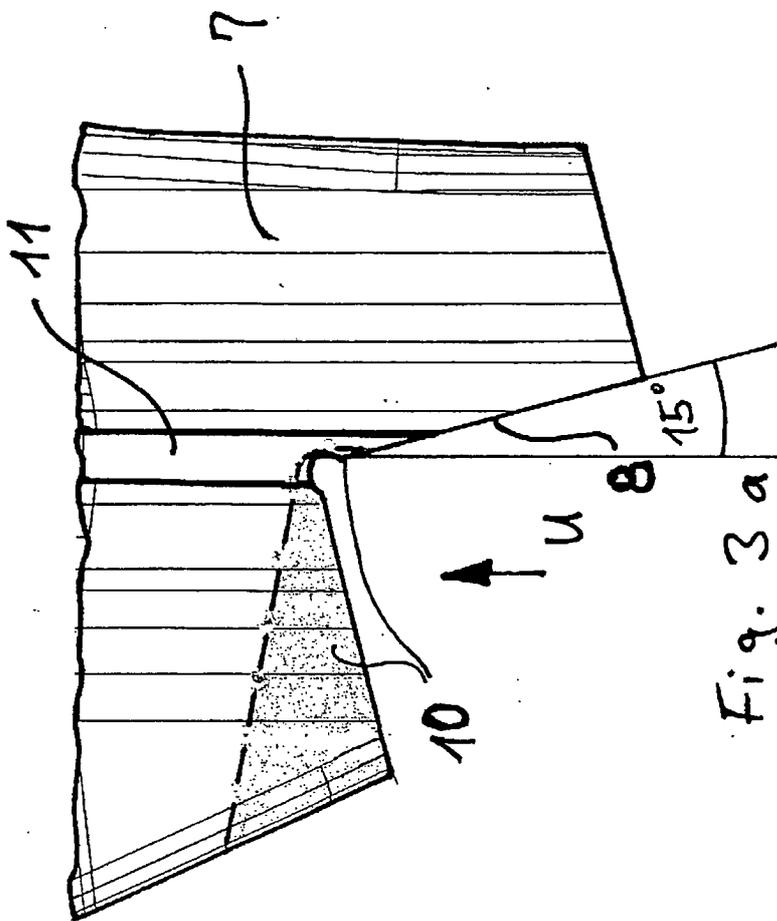


Fig. 3b

