



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2018 002 819.4
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP2018/020779
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2018/221596
(86) PCT-Anmeldetag: 30.05.2018
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 06.12.2018
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 13.02.2020
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29.09.2022

(51) Int Cl.: F01D 5/28 (2006.01)
F01D 5/30 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2017-108379 31.05.2017 JP
(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP
(74) Vertreter:
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,
Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:
Okabe, Ryoji, Tokyo, JP; Shindo, Kentaro, Tokyo, JP; Kamiya, Masami, Tokyo, JP; Nonaka, Yoshinori, Tokyo, JP

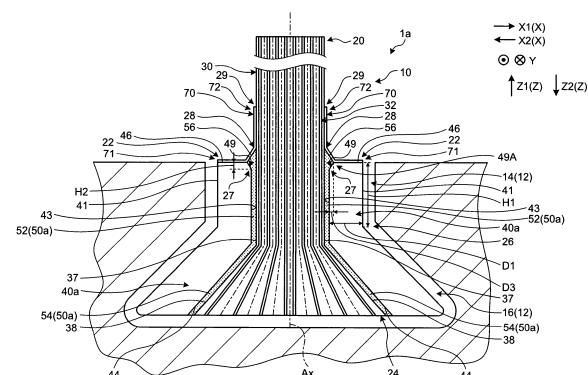
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	3 132 841	A
US	4 655 687	A
JP	5 331 368	B2

(54) Bezeichnung: **Verbundwerkstoff-Schaufel und Verfahren zur Herstellung einer Verbundwerkstoff-Schaufel**

(57) Hauptanspruch: Eine Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) mit:
einem Strömungsprofil (10), das sich in einer Längsrichtung (Z) erstreckt, und
einem Schaufelfuß (12), der einen geraden Bereich (14), der ein Bereich von einem Schaufelendteil (22), das eine Verbindungsstelle mit dem Strömungsprofil (10) ist, zu einem Neigungsanfangsteil (26), das eine Stelle zwischen dem Schaufelendteil (22) und dem Basisende (24) ist, ist und ein Lagerungsbereich (16), der ein Bereich von dem Neigungsanfangsteil (26) zu dem Basisende (24) ist, umfasst, wobei
ein Schichtstoff (30), der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten (32), in denen Verstärkungsfasern (36) mit Harz (34) imprägniert sind, ausgebildet ist, über das Strömungsprofil (10) und den Schaufelfuß (12) vorgesehen ist, wobei
ein Metallkörper (40a) an dem Schaufelfuß (12) vorgesehen ist,
eine Klebeschicht (50a) zwischen dem Metallkörper (40a) und dem Schichtstoff (30) vorgesehen ist, um den Metallkörper (40a) und den Schichtstoff (30) zu verbinden,
der Schichtstoff (30) sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem Strömungsprofil (10) erstreckt, sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem geraden Bereich (14) erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von einer Mittelachse (Ax) entlang der Längsrichtung (Z) des Strömungsprofils (10) zu dem Basisende (24) des Schau-

felfusses (12) in dem Lagerungsbereich (16) geneigt ist, der Metallkörper (40a) an einer Oberfläche (37) und einer anderen Oberfläche (38) des ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Verbundwerkstoff-Schaufel und ein Verfahren zur Herstellung der Verbundwerkstoff-Schaufel.

[0002] Eine Turbinenschaufel einer Gasturbine umfasst ein Strömungsprofil zum Empfangen von Gas und einen Schaufelfuß (Schwalbenschwanzteil), der an dem Anschlussende des Strömungsprofils vorgesehen ist. Der Schaufelfuß ist in eine Nut eingepasst, die in einer Turbinenscheibe vorgesehen ist.

[0003] Die Struktur des Schaufelfußes ist so, dass die Turbinenschaufel sich nicht von der Nut in der Turbinenscheibe löst, selbst wenn eine Zentrifugalkraft auf die Turbinenschaufel aufgebracht wird, da die Dicke des Schaufelfußes größer ist als die des Strömungsprofils.

[0004] In den letzten Jahren wird ab und an ein Verbundwerkstoff-Material als ein Material für die Turbinenschaufel der Gasturbine wie oben beschrieben verwendet. Das Verbundwerkstoff-Material wird durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten ausgebildet, die durch Imprägnierung von Verstärkungsfasern mit Harz erhalten werden. Wenn das Verbundwerkstoff-Material für die Turbinenschaufel verwendet wird, wird ab und an eine Verbundwerkstoff-Schicht (Verstärkungsfasern) über das Strömungsprofil und den Schaufelfuß ausgedehnt. Außerdem offenbart JP 5 331 368 B2 eine Technik eines Ausbildens einer Turbinenschaufel durch Verbinden der Verbundwerkstoffschichten und einem metallbasierten Material.

[0005] Wenn eine Gasturbine betrieben wird, wird eine Zentrifugalkraft auf die Turbinenschaufel aufgebracht. In einem Teil, an dem der Schaufelfuß mit der Nut in der Turbinenscheibe in Kontakt kommt, wird der Schaufelfuß gegen die Innenoberfläche der Nut aufgrund der Zentrifugalkraft gedrückt. Somit kann, wenn die Verbundwerkstoff-Schicht für den Schaufelfuß verwendet wird, der Harzteil der Verbundwerkstoff-Schicht aufgrund der Druckkraft gegen die Innenoberfläche der Nut abgenutzt werden. Außerdem kann, da die Verstärkungsfasern der Verbundwerkstoff-Schicht ab und an härter als die Turbinenscheibe sind, die Nut der Turbinenscheibe abgenutzt werden. Somit ist es wünschenswert, wenn das Verbundwerkstoff-Material für die Turbinenschaufel verwendet wird, einen Abrieb des Schaufelfußes der Turbinenschaufel und der Turbinenscheibe zu verhindern.

[0006] Aus der US 3 132 841 A ist eine laminierte Kunststoff-Fluidleitschaufel mit Flügelquerschnitt bekannt, die einen Fuß aufweist, wobei sich die Schaufel in Spannweitenrichtung der Schaufel von

einem Befestigungsschlitz aus erstreckt, wobei sich der Schlitz in Sehnenrichtung der Schaufel an deren Fuß erstreckt. Der Fuß der Schaufel weist einen vergrößerten Abschnitt, der sich in Sehnenrichtung der Schaufel erstreckt und sich zum Boden des Schlitzes hin erweitert und Laminierungen aufweist, die sich von jeder Oberfläche der Schaufel aus erweitern, sowie ein allgemein prismatisches Abstandselement auf, das zwischen den sich erweiternden Laminierungen in dem Fuß angeordnet und damit verbunden ist, um die Laminierung in einer erweiterten Beziehung zu halten. Der Fuß ist in dem Schlitz montiert und wird gegen eine Bewegung in Richtung des Körpers durch Eingriff mit dem Körper am Boden des Schlitzes zurückgehalten.

[0007] Aus der US 4 655 687 A ist eine Rotoranordnung für ein Gasturbinentriebwerk bekannt, die plattformlose Schaufeln aufweist und bei der eine Innwand eines Druckluftringes aus separaten Ringelementen besteht, die die Zwischenräume zwischen Paaren benachbarter Schaufeln überbrücken. Die Ringelemente sind mit vorstehenden Füßen versehen, die durch schmale Hälse von eingeformten Nuten in einer Richtung radial nach innen einer Rotorscheibe angebracht sind. Keile werden zwischen die Füße und die Wände der Nuten geschoben, um zu verhindern, dass die Füße und damit die Ringelemente in entgegengesetzter Richtung entfernt werden.

[0008] Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um die oben erwähnten Probleme zu lösen und eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbundwerkstoff-Schaufel und ein Verfahren zur Herstellung der Verbundwerkstoff-Schaufel vorzusehen, die den Abrieb eines Schaufelfußes einer Turbinenschaufel und einer Turbinenscheibe verhindern kann, wenn das Verbundwerkstoff-Material für die Turbinenschaufel verwendet wird.

[0009] Um die oben beschriebenen Probleme zu lösen und die Aufgabe zu erfüllen umfasst eine Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß der vorliegenden Erfindung die Merkmale des Patentanspruches 1 umfassend unter anderem ein Strömungsprofil, das sich in einer Längsrichtung erstreckt, und einen Schaufelfuß, der einen geraden Bereich, der einen Bereich von einem Schaufelendteil, das eine Verbindungsstelle mit dem Strömungsprofil ist, zu einem Neigungsanfangsteil, das eine Stelle zwischen dem Schaufelendteil und dem Basisende ist, ist und ein Lagerungsbereich, der ein Bereich von dem Neigungsanfangsteil zu dem Basisende ist. Ein Schichtstoff, der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten ausgebildet ist, in denen Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, ist über dem Strömungsprofil und dem Schaufelfuß vorgesehen. Ein Metallkörper ist an dem Schaufelfuß vorgesehen. Der Schichtstoff erstreckt sich entlang der Längsrich-

tung in dem Strömungsprofil, erstreckt sich entlang der Längsrichtung in dem geraden Bereich und erstreckt sich so, dass es in einer Richtung weg von einer Mittelachse entlang der Längsrichtung des Strömungsprofil zu dem Basisende des Schaufelfußes in dem Lagerungsbereich geneigt ist. Der Metallkörper ist an einer Oberfläche und einer anderen Oberfläche des Schichtstoffs in dem Schaufelfuß vorgesehen, erstreckt sich entlang der Längsrichtung in den geraden Bereich und erstreckt sich so, dass er in einer Richtung weg von einer Mittelachse zu dem Basisende in den Lagerungsbereich geneigt ist.

[0010] In dem Metallkörper ist ein Winkel einer Oberfläche an einer gegenüberliegenden Seite des Schichtstoffs in dem Lagerungsbereich bezüglich der Längsrichtung größer als ein Winkel einer Oberfläche an der Seite des Schichtstoffs in dem Lagerungsbereich bezüglich der Längsrichtung.

[0011] Die Verbundwerkstoff-Schaufel weist eine Klebeschicht auf, die zwischen dem Metallkörper und dem Schichtstoff vorgesehen ist, um den Metallkörper und den Schichtstoff zu verbinden.

[0012] Es ist bevorzugt, dass die Klebeschicht eine weiche Klebeschicht, die an der Seite des Schaufelendteils an dem geraden Bereich vorgesehen ist, und eine Klebeschicht mit hoher Festigkeit, die an dem Lagerungsbereich vorgesehen ist, aufweist, und die Klebeschicht mit hoher Festigkeit eine höhere Bruchfestigkeit und ein höheres Elastizitätsmodul als die weiche Klebeschicht aufweist.

[0013] An einer Oberfläche an der Seite der Klebeschicht an dem geraden Bereich weist der Metallkörper ein Aussparungsteil auf, das über ein Aussparungsanfangsteil und dem Schaufelendteil vorgesehen ist, wobei das Aussparungsanfangsteil sich zwischen dem Neigungsanfangsteil und dem Schaufelendteil befindet, wobei das Aussparungsteil eine Tiefe hat, die sich von dem Aussparungsanfangsteil zu dem Schaufelendteil erhöht.

[0014] Es ist bevorzugt, dass die Klebeschicht an einer Oberfläche des Schichtstoffs in dem Strömungsprofil über das Schaufelendteil und ein Klebeendteil, das sich zwischen einem Außenendteil des Strömungsprofils und einer gegenüberliegenden Seite zu dem Schaufelendteil und dem Schaufelendteil befindet, vorgesehen ist, und die Klebeschicht eine Dicke hat, die sich von dem Aussparungsanfangsteil zu dem Schaufelendteil in dem Schaufelfuß erhöht, und eine Dicke, die sich von dem Schaufelendteil zu dem Klebeendteil in dem Strömungsprofil verringert, aufweist.

[0015] Es ist bevorzugt, dass die Verbundwerkstoff-Schaufel ferner mit einem Deckschichtteil, das ein

blattartiges Element ist, das von einer Endoberfläche des Metallkörpers in dem Schaufelendteil zu einer Oberfläche des Schichtstoffs an der Seite des Außenendteils bezüglich dem Klebeendteil über eine Oberfläche der Klebeschicht von dem Schaufelendteil zu dem Klebeendteil abdeckt.

[0016] Es ist bevorzugt, dass an der Oberfläche an der Seite gegenüber des Schichtstoffs in dem geraden Bereich der Metallkörper ein dünnes Teil aufweist, das zu einer Tiefe an einer Stelle zwischen der Oberfläche an der gegenüberliegenden Seite zu dem Schichtstoff zu der Oberfläche an der Seite des Schichtstoffs ausgedünnt ist.

[0017] Es ist bevorzugt, dass das dünne Teil eine Nut ist, die über einem ausgedünnten Anfangsteil und dem Schaufelendteil vorgesehen ist, wobei das ausgedünnte Anfangsteil zwischen dem Neigungsanfangsteil und dem Schaufelendteil ist, das ausgedünnte Teil eine Tiefe hat, die sich von dem ausgedünnten Anfangsteil zu dem Schaufelendteil erhöht.

[0018] Es ist bevorzugt, dass der Schaufelfuß an einer Turbinenscheibe angebracht ist, die eine gerade Nut, die sich entlang der Längsrichtung erstreckt, und eine Lagerungsnut, die mit einem Endteil der geraden Nut verbunden ist, aufweist, und die sich in einer Richtung weg von einer Mittelachse der geraden Nut ausbreitet, wenn die Lagerungsnut von einem Endteil der geraden Nut getrennt ist, der gerade Bereich an der geraden Nut angeordnet ist, und der Lagerungsbereich in der Lagerungsnut angeordnet ist.

[0019] Um die oben beschriebenen Probleme zu lösen und die Aufgabe zu erfüllen bringt die Erfindung auch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 8 zur Herstellung einer Verbundwerkstoff-Schaufel, die ein Strömungsprofil, das sich in einer Längsrichtung erstreckt, und einen Schaufelfuß, der einen geraden Bereich, der einen Bereich von einem Schaufelendteil ist, das eine Verbindungsstelle mit dem Strömungsprofil zu einem Neigungsanfangsteil ist, das eine Stelle zwischen dem Schaufelendteil und einem Basisende ist, und ein Lagerungsteil, das ein Bereich von dem Neigungsanfangsteil und dem Basisende ist, aufweist, in Vorschlag. Das Verfahren umfasst unter anderem: einen Ausbildungs-Schritt eines Schichtstoffs zum Ausbilden eines Schichtstoffs, der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten ausgebildet ist, in denen Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, und über dem Strömungsprofil und dem Schaufelfuß vorgesehen wird, einen Ausbildungs-Schritt eines Metallkörpers zum Ausbilden eines Metallkörpers, der an dem Schaufelfuß vorgesehen wird. Der Ausbildungs-Schritt des Schichtstoffs umfasst das Ausbilden des Schichtstoffs so, dass sich der Schichtstoff entlang der Längsrichtung in dem Strö-

mungsprofil erstreckt, sich entlang der Längsrichtung in dem geraden Bereich erstreckt und sich so erstreckt, dass es in einer Richtung weg von einer Mittelachse entlang der Längsrichtung des Strömungsprofils zu dem Basisende des Schaufelfußes in dem Lagerungsbereich geneigt ist. Der Ausbildungs-Schritt des Metallkörpers umfasst das Ausbilden des Metallkörpers so, dass der Metallkörper an einer Oberfläche und einer anderen Oberfläche des Schichtstoffs in dem Laufschaufelfuß vorgesehen ist, sich entlang der Längsrichtung in dem geraden Bereich erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von der Mittelachse zu dem Basisende in dem Lagerungsbereich geneigt ist.

[0020] Wenn ein Verbundwerkstoff-Material für eine Turbinenschaufel verwendet wird, kann die vorliegende Offenbarung eine Abreibung eines Schaufelfußes der Turbinenschaufel und einer Turbinenscheibe verhindern. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung, die eine Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß einem ersten Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung darstellt.

Fig. 2 ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung der Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem ersten Beispiel darstellt.

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren einer Herstellung des Verbundwerkstoff-Flügels gemäß dem vorliegenden Beispiel darstellt.

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung, die ein weiteres Beispiel der Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem ersten Beispiel darstellt.

Fig. 5 ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß einem zweiten Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung darstellt.

Fig. 6 ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß einem dritten Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung darstellt.

Fig. 7 ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel eines dünnen Teils darstellt.

Fig. 8 ist eine Darstellung, die eine Belastungsverteilung gemäß einem Beispiel darstellt.

[0021] Nachstehend werden Beispiele zur Erläuterung von Merkmalen der vorliegenden Erfindung im Detail mit Bezug zu den beigefügten Zeichnungen beschrieben werden. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Beispiele beschränkt und in

dem Fall, in dem es eine Vielzahl von Beispielen gibt, umfasst die vorliegende Erfindung auch Ausführungsformen, die durch Kombinieren der jeweiligen Beispiele ausgestaltet sind.

[0022] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung, die eine Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß einem ersten Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung darstellt. Eine Verbundwerkstoff-Schaufel 1 gemäß dem ersten Beispiel ist eine Turbinenschaufel einer Gasturbine. Beispielsweise wird die Gasturbine, die die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 verwendet, für ein Flugtriebwerk verwendet. Jedoch kann die Gasturbine ebenso für jeden Zweck wie beispielsweise eine Gasturbine zur Erzeugung von Strom verwendet werden.

[0023] Wie in **Fig. 1** dargestellt erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 von einem Außenendteil 20 zu einem Basisende 24. Das Basisende 24 der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ist an einer Turbinenscheibe 2 angebracht. Nachstehend werden Richtungen X, Y und Z beschrieben werden. Nachstehend ist die Richtung Z die Erstreckungsrichtung der Verbundwerkstoff-Schaufel 1, mit anderen Worten die Richtung entlang dem Basisende 24 zu dem Außenendteil 20. Die Richtung Z ist die Längsrichtung der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 und korrespondiert zu der Radialrichtung (Abstrahlrichtung) der Turbinenscheibe 2. Außerdem ist die Richtung Y die Richtung orthogonal zu der Richtung Z, welche die Richtung entlang der Dickenrichtung der Turbinenscheibe 2 ist. Außerdem ist die Richtung X die Richtung orthogonal zu der Richtung Y und der Richtung Z, welche die Richtung entlang der Umfangsrichtung der Turbinenscheibe 2 ist.

[0024] Die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 umfasst ein Strömungsprofil 10 und einen Schaufelfuß 12 (Schwabenschwanzteil). Das Strömungsprofil 10 ist eine Schaufel zum Empfangen von Gas, das durch die Gasturbine strömt. Der Schaufelfuß 12 ist an dem Abschlussende des Strömungsprofils 10 vorgesehen. Mit anderen Worten erstreckt sich das Strömungsprofil 10 von dem Schaufelfuß 12 in die Längsrichtung (Richtung Z). In dem Schaufelfuß 12 ist die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 an der Turbinenscheibe 2 angebracht. Die Turbinenscheibe 2 umfasst eine Vielzahl von Nuten 100 entlang der Umfangsrichtung. Wenn der Schaufelfuß 12 in jede der Nuten 100 eingebaut ist, ist die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 an der Turbinenscheibe 2 angebracht und befestigt.

[0025] Nachstehend wird die Struktur der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 detaillierter beschrieben werden. **Fig. 2** ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung der Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem ersten Beispiel ist. **Fig. 2** ist eine Schnittansicht der Verbundwerkstoff-Schaufel 1.

fel 1, die von der Richtung Y (Richtung orthogonal zu der Längsrichtung), und die Schnittoberfläche, von der die Oberfläche orthogonal zu der Richtung Y ist, betrachtet. Wie in **Fig. 2** dargestellt erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 zu einer Richtung Z1, von dem Basisende 24 zu dem Außenendteil 20. Die Richtung Z1 ist eine von den Richtungen in der Richtung Z, welches die Richtung von dem Basisende 24 zu dem Außenendteil 20 ist. Eine Richtung Z2 ist die Richtung gegenüber der Richtung Z1 (Richtung von dem Außenendteil 20 zu dem Basisende 24), welche die andere Richtung der Richtung Z ist. Außerdem wird eine der Richtungen in der Richtung X als Richtung X1 bezeichnet und die andere Richtung der Richtung X, mit anderen Worten wird die Richtung gegenüber der Richtung X1 als eine Richtung X2 bezeichnet.

[0026] Wie in **Fig. 2** dargestellt ist bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ein Bereich von dem Außenendteil 20 zu einem Schaufelendteil 22 das Strömungsprofil 10 und ein Bereich von dem Schaufelendteil 22 zu dem Basisende 24 ist der Schaufelfuß 12. Das Schaufelendteil 22 ist das Basisende des Strömungsprofils 10, welches ein Teil (Verbindungsteil) von der Grenze zwischen dem Strömungsprofil 10 und dem Schaufelfuß 12 ist. Das Schaufelendteil 22 befindet sich zwischen dem Außenendteil 20 und dem Basisende 24 in der Richtung Z. Das Außenendteil 20 ist ein Endteil an der Seite gegenüber dem Schaufelendteil 22 des Strömungsprofils 10. Außerdem ist das Basisende 24 ein Endteil an der Seite gegenüber dem Strömungsprofil 10 (Schaufelendteil 22) des Schaufelfusses 12. Bei dem Strömungsprofil 10 erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Bei dem Schaufelfuß 12 erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 in einer Richtung, die in beiden Richtungen von der Richtung Z zu der Richtung X geneigt ist, und trennt sich (steht vor) zu beiden Seiten in der Richtung X.

[0027] Insbesondere umfasst bei dem Schaufelfuß 12 die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 einen geraden Bereich 14 und einen Lagerungsbereich 16. Der gerade Bereich 14 ist ein Bereich von dem Schaufelendteil 22 zu einem Neigungsanfangsteil 26 in dem Schaufelfuß 12. Außerdem ist der Lagerungsbereich 16 ein Bereich von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24 in dem Schaufelfuß 12. Das Neigungsanfangsteil 26 befindet sich zwischen dem Schaufelendteil 22 und dem Basisende 24 in der Richtung Z. In dem geraden Bereich 14 erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). In dem Lagerungsbereich 16 erstreckt sich die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 in einer Richtung, die in beiden Richtungen von der Richtung Z zu der Richtung X geneigt ist, und trennt sich (steht vor) zu beiden Seiten in der Richtung X, zu der Richtung Z2. Auf diese Weise steht bei

der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 der Lagerungsbereich 16 zu beiden Seiten in der Richtung X im Vergleich zu dem geraden Bereich 14 vor. Mit anderen Worten trennt sich bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 eine Oberfläche (Oberfläche 42A) des Lagerungsbereichs 16 an der Seite der Richtung X1 zu der Seite der Richtung XI, zu der Richtung Z2. Außerdem teilt sich bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 eine Oberfläche (Oberfläche 42B) des Lagerungsbereichs 16 an der Seite der Richtung X2 zu der Seite der Richtung X2, zu der Richtung Z2.

[0028] Außerdem umfasst wie in **Fig. 2** dargestellt die Nut 100 der Turbinenscheibe 2 eine gerade Nut 102 und eine Lagerungsnut 104. Die gerade Nut 102 ist eine Nut, die sich entlang der Richtung Z erstreckt. Mit anderen Worten erstreckt sich die gerade Nut 102 in der Ausstrahlungsrichtung von dem Außenumfang der Turbinenscheibe 2 zu dem Mittelpunkt. Die Lagerungsnut 104 ist eine Nut, die mit einem Endteil 102A der geraden Nut 102 verbunden ist. Das Endteil 102A lässt ein Endteil der geraden Nut 102 an der Seite der Richtung Z2, welches ein Teil an der am weitesten innliegenden Seite der geraden Nut 102 in der Ausstrahlungsrichtung ist. Die Lagerungsnut 104 ist eine Nut, die zu beiden Seiten in der Richtung X ausbreitet, wenn die Lagerungsnut 104 getrennt von dem Endteil 102A ist. Mit anderen Worten erstreckt sich die Lagerungsnut 104 und breitet sich in eine Richtung weg von einer Mittellachse Ax der geraden Nut 102, zu der Richtung Z2 aus. Mit anderen Worten breitet sich eine Endoberfläche 104A an der Seite der Richtung X1 der geraden Nut 102 zu der Richtung XI, zu der Richtung Z2 aus. Außerdem breitet sich eine Endoberfläche 104B an der Seite der Richtung X2 der geraden Nut 102 zu der Richtung X2, zu der Richtung Z2 aus. Auf diese Weise ist die Nut 100 in einer Form korrespondierend zu dem geraden Bereich 14 und dem Lagerungsbereich 16 der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ausgebildet. Es wird darauf hingewiesen, dass die Turbinenscheibe 2 aus Metall beispielsweise einer hitzebeständigen Legierung beispielsweise wie ferritischer Stahl und Nickel (Ni) basierend auf einer geschmiedeten Legierung hergestellt wird.

[0029] Wie in **Fig. 2** dargestellt ist der Schaufelfuß 12 der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 in die Nut 100 der Turbinenscheibe 2 eingepasst. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ist der gerade Bereich 14 in der geraden Nut 102 angeordnet und der Lagerungsbereich 16 ist in der Lagerungsnut 104 angeordnet. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 kommt die Oberfläche (Oberfläche 41) des geraden Bereichs 14 in Kontakt mit der Innenoberfläche der geraden Nut 102 und die Oberfläche (Oberfläche 42) des Lagerungsbereichs 16 kommt mit der Innenoberfläche der Lagerungsnut 104 in Kontakt. Mit anderen Worten ist bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 das Strömungsprofil 10 (Bereich von dem Außenendteil 20

zu dem Schaufelendteil 22) nicht in die Nut 100 angeordnet, sondern liegt von der Nut 100 frei, und der Schaufelfuß 12 (Bereich des Schaufelendteils 22 zu dem Basisende 24) ist in der Nut 100 angeordnet. Wie in **Fig. 2** kommt der Zweckmäßigkeit halber die Oberfläche der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 nicht mit der Innenoberfläche der Nut 100 in Kontakt. Jedoch kommt die Oberfläche der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 in der Realität mit der Innenoberfläche der Nut 100 wie oben beschrieben in Kontakt.

[0030] Außerdem umfasst die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 in dem Schichtstoff 30, einen Metallkörper 40 und eine Klebeschicht 50. Zunächst wird der Schichtstoff 30 beschrieben werden.

[0031] Ausgestaltung des Schichtstoffs Der Schichtstoff 30 ist ein Schichtstoff, der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten 32 erhalten wird.

[0032] Jede von der Verbundwerkstoff-Schicht 32 ist eine Verbundwerkstoff-Schicht, die eine Vielzahl von Verstärkungsfasern 36 und ein Harz 34 umfasst. Außerdem ist die Verbundwerkstoff-Schicht 32 eine Verbundwerkstoff-Schicht, die durch Imprägnieren der Verstärkungsfasern 36 mit dem Harz 34 erhalten wird. Das Verbundwerkstoff-Material in dem vorliegenden Beispiel ist ein Kohlefaser verstärkter Kunststoff (CFRP), in dem Kohlefasern als die Verstärkungsfasern 36 verwendet werden. Jedoch sind die Verstärkungsfasern 36 nicht auf die Kohlefasern beschränkt und können auch andere Kunststofffasern, Glasfasern oder Metallfasern sein. Außerdem ist beispielsweise das Harz 34 ein wärmeaus härrendes Harz oder ein thermoplastisches Harz. Das wärmeaus härrende Harz ist beispielsweise Epoxidharz. Das thermoplastische Harz ist beispielsweise Polyetheretherketone (PEEK), Polyetherketonketone (PEKK), Polyphenylensulfid (PPS) und dergleichen. Jedoch ist das Harz 34 nicht darauf beschränkt und das andere Harz kann ebenso verwendet werden. Bei dem Schichtstoff 30 des vorliegenden Beispiels sind acht Verbundwerkstoff-Schichten 32 aufgeschichtet. Jedoch kann jede Pluralzahl von aufzulegenden Schichten gewählt werden.

[0033] Bei den Verbundwerkstoff-Schichten 32 sind die Verstärkungsfasern 36 entlang der Richtung Y vorgesehen. Das Harz 34 ist um die Verstärkungsfasern 36 aufgetragen. Ein Teil des Harzes 34 bei der Verbundwerkstoff-Schicht 32 ist integral mit einer anderen Verbundwerkstoff-Schicht 32 ausgebildet, wenn die angrenzenden (aufschichten) Verbundwerkstoff-Schichten 32 und das Harz 34 aneinanderkleben. Eine einzelne Verbundwerkstoff-Schicht 32 in dem Schichtstoff 30 umfasst die Verstärkungsfasern 36 und das umgebende Harz 34. Der Schichtstoff 30 wird durch Aufschichten der Schichten, die Verstärkungsfasern 36 und das umgebende Harz 34 umfassen, enthalten.

[0034] Wie in **Fig. 2** dargestellt ist der Schichtstoff 30, über das Strömungsprofil 10 und den Schaufelfuß 12 vorgesehen. Bei dem Strömungsprofil 10 erstrecken sich mit anderen Worten im Bereich des Außenende teils 20 zu dem Schaufelendteil 22 die aufgeschichteten Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Außerdem sind bei dem Strömungsprofil 10 eine Vielzahl der Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung X aufgeschichtet.

[0035] Mit anderen Worten erstrecken sich bei dem Strömungsprofil 10 die Verstärkungsfasern 36 in den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Außerdem sind bei dem Strömungsprofil 10 die Verstärkungsfasern 36 der Verbundwerkstoff-Schichten 32, die sich entlang der Richtung Y erstrecken, entlang der Richtung X aufgeschichtet. Bei dem vorliegenden Beispiel erstrecken sich die Verstärkungsfasern 36 entlang der Richtung Z in dem Strömungsprofil 10. Jedoch ist dies nicht darauf beschränkt und die Verstärkungsfasern 36 können sich ebenso so erstrecken, dass sie von der Richtung Z zu der Richtung Y geneigt sind. Mit anderen Worten können sich bei dem Strömungsprofil 10 die Verstärkungsfasern 36 zu der Seite der Richtung Z2, entlang einer Ebene parallel zu der Richtung Z erstrecken. Außerdem kann die Verbundwerkstoff-Schicht 32 ebenso andere Verstärkungsfasern umfassen, die sich in einer Richtung verschieden von der von den Verstärkungsfasern 36 erstrecken. Beispielsweise können die anderen Verstärkungsfasern ebenso in die Verstärkungsfaser 36 gewoben werden.

[0036] Außerdem erstrecken sich in dem Schaufelfuß 12 die aufgeschichteten Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 so, dass sie in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2 geneigt sind. Die Mittelachse Ax ist die Mittelachse des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung Z in dem Strömungsprofil 10 und dem Schaufelfuß 12. Mit anderen Worten breitet sich in dem Schaufelfuß 12 der Schichtstoff 30 zu beiden Seiten (Richtung X1 und X2) in der Richtung X, zu der Richtung Z2 aus. Folglich steht bei dem Schichtstoff 30 der Schaufelfuß 12 in den Richtungen (beide Seiten in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax im Vergleich zu dem Strömungsprofil 10 vor.

[0037] Insbesondere erstrecken sich bei dem geraden Bereich 14 des Schaufelfusses 12, mit anderen Worten in dem Bereich von dem Schaufelendteil 22 zu dem Neigungsangfangsteil 26, die aufgeschichteten Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Außerdem sind bei dem geraden Bereich 14 die Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30

entlang der Richtung X aufgeschichtet. Bei dem Schichtstoff 30 erstreckt sich eine Oberfläche 37A an der Seite der Richtung X1 in dem geraden Bereich 14 und eine Oberfläche 37B an der Seite der Richtung X2 in dem geraden Bereich 14 entlang der Richtung Z. Nachstehend werden, wenn die Oberflächen 37A und 37B nicht differenziert werden, die Oberflächen 37A und 37B als eine Oberfläche 37 bezeichnet.

[0038] Mit anderen Worten erstrecken sich in dem geraden Bereich 14 die Verstärkungsfasern 36 in den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Jedoch können in dem geraden Bereich 14 die Verstärkungsfasern 36 sich zu der Seite der Richtung Z2, entlang einer Ebene parallel zu der Richtung Z erstrecken.

[0039] Außerdem erstrecken sich bei dem Lagerungsbereich 16 des Laufschaufelfußes 12, mit anderen Worten in dem Bereich des Neigungsanfangsteils 26 zu dem Basisende 24, die aufgeschichteten Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 so, dass sie sich in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2 neigen. Die Mittelachse Ax ist die Mittelachse des Schichtstoffs 30 in dem geraden Bereich 14. Mit anderen Worten breitet sich in dem Lagerungsbereich 16 der Schichtstoff 30 zu beiden Seiten (Richtung X1 und X2) in der Richtung X, zu der Richtung Z2 aus. Folglich stehen bei dem Schichtstoff 30 der Lagerungsbereich 16 in der Richtung weg von der Mittelachse Ax im Vergleich zu dem geraden Bereich 14 vor.

[0040] Insbesondere neigen sich in dem Lagerungsbereich 16 die Verbundwerkstoff-Schichten 32 an der Seite der Richtung X1 im Vergleich zu der Mittelachse Ax des Schichtstoffs 30 zu der Richtung X1, zu der Richtung Z2. Bei dem Schichtstoff 30 erstreckt sich eine Oberfläche 38A an der Seite der Richtung X1 des Lagerungsbereichs 16 entlang der ersten Neigungsrichtung A zu dem Basisende 24. Die erste Neigungsrichtung A ist eine Richtung, die zu der Seite der Richtung X1 geneigt ist, mit einem vorbestimmten Winkel bezüglich der Richtung Z2.

[0041] Außerdem neigen sich bei dem Lagerungsbereich 16 die Verbundwerkstoff-Schichten 32 an der Seite der Richtung X2 im Vergleich zu der Mittelachse Ax des Schichtstoffs 30 zu der Richtung X2, zu der Richtung Z2. Bei dem Schichtstoff 30 erstreckt sich eine Oberfläche 38B an der Seite der Richtung X2 des Lagerungsbereichs 16 entlang einer zweiten Neigungsrichtung B, zu dem Basisende 24. Die zweite Neigungsrichtung B ist eine Richtung, die zu der Seite gegenüber der ersten Neigungsrichtung A ist, bezüglich der Richtung Z2. Die zweite Neigungsrichtung B ist ebenso eine Richtung, die zu der Seite der Richtung X2 geneigt ist, mit einem vorbestimmt-

ten Winkel bezüglich der Richtung Z2. Nachstehend wird, wenn die Oberflächen 38A und 38B nicht differenziert werden, die Oberflächen 38A und 38B als eine Oberfläche 38 bezeichnet. In diesem Fall erstreckt sich in dem Schichtstoff 30 die Oberfläche 38 in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2. Mit anderen Worten breitet sich die Oberfläche 38 zu beiden Seiten in der Richtung X (Richtung X1 und X2), zu der Richtung Z2 aus.

[0042] Außerdem erstrecken sich in dem Lagerungsbereich 16 die Verstärkungsfasern 36 in jeder von den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 so, dass sie in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2 geneigt sind. Mit anderen Worten neigen sich in den Lagerungsbereich 16 die Verstärkungsfaser 36 an der Seite der Richtung X1 im Vergleich zu der Mittelachse Ax des Schichtstoffs 30 zu der Richtung X1, zu der Richtung Z2. Noch dazu neigen sich bei dem Lagerungsbereich 16 die Verstärkungsfasern 36 an der Seite der Richtung X2 im Vergleich zu der Mittelachse Ax des Schichtstoffs 30 zu der Richtung X2, zu der Richtung Z2.

[0043] Bei dem Schichtstoff 30, der auf diese Weise ausgestaltet ist, erstrecken sich die Verbundwerkstoff-Schichten 32 kontinuierlich von dem Außenendteil 20 zu dem Basisende 24, über das Schaufelendteil 22 und das Neigungsanfangsteil 26. Mit anderen Worten erstrecken sich die Verbundwerkstoff-Schichten 32 (Verstärkungsfasern 36) entlang der Richtung Z, von dem Außenendteil 20 zu dem Schaufelendteil 22, und von dem Schaufelendteil 22 zu dem Neigungsanfangsteil 26. Danach neigen sich die Verbundwerkstoff-Schichten 32 (Verstärkungsfasern 36) zu beiden Seiten (Richtungen weg von der Mittelachse Ax) in der Richtung X an dem Neigungsanfangsteil 26, und erstrecken sich zu dem Basisende 24.

Ausgestaltung der Klebeschicht

[0044] Als nächstes wird die Klebeschicht 50 beschrieben werden. Die Klebeschicht 50 ist eine Klebeschicht und ist an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 vorgesehen. Die Klebeschicht 50 ist zwischen dem Metallkörper 40 und dem Schichtstoff 30 vorgesehen, und verbindet den Metallkörper 40 und den Schichtstoff 30. Der Metallkörper 40 und der Schichtstoff 30 sind integral mit der Klebeschicht 50 befestigt. Insbesondere umfasst die Klebeschicht 50 eine Klebeschicht 50A und eine Klebeschicht 50B. Die Klebeschicht 50A ist an der Oberfläche an der Seite der Richtung X1 des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten über der Oberfläche 37A und der Oberfläche 38A vorgesehen, und klebt mit der Oberfläche (Oberflächen 37A und 38A) an der Seite der Richtung X1 des Schichtstoffs 30. Die Klebeschicht 50B ist an der Oberfläche an der Seite der Richtung X2

des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten über die Oberfläche 37B und die Oberfläche 38B, vorgesehen und klebt an der Oberfläche (Oberflächen 37B und 38B) an der Seite der Richtung X2 des Schichtstoffs 30. Nachstehend sind, wenn die Klebeschichten 50A und 50B nicht differenziert werden, die Klebeschicht 50A und 50B als die Klebeschicht 50 bezeichnet.

[0045] Beispielsweise umfasst ein Klebemittel der Klebeschicht 50 ein Epoxidharzklebemittel, ein Acrylklebemittel und dergleichen. Jedoch kann jedes Klebemittel ausgewählt werden, solange das Klebemittel den Schichtstoff 30 und den Metallkörper 40 verbinden kann.

Ausgestaltung des Metallkörpers

[0046] Als nächstes wird der Metallkörper 40 beschrieben werden. Der Metallkörper 40 ist ein Metallelement, das in dem Schaufelfuß 12 vorgesehen ist. Es ist bevorzugt, dass die Härte des Metallkörpers 40 größer ist als die des Harzes 34 des Schichtstoffs 30. Außerdem ist es bevorzugt, dass das Material des Metallkörpers 40 das gleiche ist wie das der Turbinenscheibe 2. Beispielsweise ist es bevorzugt, dass der Metallkörper 40 eine hitzeresistente Legierung wie beispielsweise ferritischer Stahl und Ni-basierende geschmiedete Legierung ist. Jedoch kann jedes Metallmaterial für den Metallkörper 40 ausgewählt werden.

[0047] Bei dem Schaufelfuß 12 erstreckt sich der Metallkörper 40 so, dass er in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2 geneigt ist. Mit anderen Worten breitet sich bei dem Schaufelfuß 12 der Metallkörper 40 zu beiden Seiten (Richtungen X1 und X2) in der Richtung X zu der Richtung Z2 aus. Folglich steht bei dem Metallkörper 40 der Schaufelfuß 12 in den Richtungen (beide Seiten in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax im Vergleich zu dem Strömungsprofil 10 vor.

[0048] Insbesondere ist in dem geraden Bereich 14 der Metallkörper 40 an der Oberfläche 37 des Schichtstoffs 30 vorgesehen und erstreckt sich entlang der Richtung Z (Längsrichtung). Außerdem ist bei dem Lagerungsbereich 16 der Metallkörper 40 an der Oberfläche 38 des Schichtstoffs 30 vorgesehen, und erstreckt sich so, dass er in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu der Richtung Z2, von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24 geneigt ist. Mit anderen Worten breitet sich bei dem Lagerungsbereich 16 der Metallkörper 40 zu beiden Seiten in die Richtung X, zu der Richtung Z2 aus.

[0049] Insbesondere ist der Metallkörper 40 an der Oberfläche (eine Oberfläche) an der Seite der Richtung X1 des Schichtstoffs 30 in dem Schaufelfuß 12 vorgesehen und eine der Oberflächen (andere Ober-

fläche) an der Seite der Richtung X2 des Schichtstoffs 30 in dem Schaufelfuß 12, über der Klebeschicht 50 vorgesehen. Mit anderen Worten umfasst der Metallkörper 40 einen Metallkörper 40A an der Seite der Richtung X1 und ein Metallkörper 40B an der Seite der Richtung X2. Jedoch werden, wenn die Metallkörper 40A und 40B nicht differenziert werden, die Metallkörper 40A und 40B als der Metallkörper 40 bezeichnet.

[0050] In dem geraden Bereich 14 erstreckt sich der Metallkörper 40A entlang der Richtung Z (Längsrichtung). In dem geraden Bereich 14 ist der Metallkörper 40A an der Oberfläche 37A des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten an der Seite der Richtung X1 der Oberfläche 37A über die Klebeschicht 50A vorgesehen. Der Metallkörper 40A umfasst eine Oberfläche 41A und eine Oberfläche 43A. Die Oberfläche 41A ist die Oberfläche an der Seite der Richtung X1 in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40A, welches die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50A (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 43A ist die Oberfläche (Oberfläche an der Seite gegenüber der Oberfläche 41A) an der Seite der Richtung X2 in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40A, welches die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50A (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 43A des Metallkörpers 40A klebt an der Klebeschicht 50A und erstreckt sich entlang der Richtung Z. Die Oberfläche 41A des Metallkörpers 40A erstreckt sich entlang der Richtung Z.

[0051] Außerdem erstreckt sich bei dem Lagerungsbereich 16 der Metallkörper 40A so, dass er in der Richtung X1 zu der Richtung Z2 geneigt ist. Bei dem Lagerungsbereich 16 ist der Metallkörper 40A an der Oberfläche 38A des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten an der Seite der Richtung X1 der Oberfläche 38A über die Klebeschicht 50A vorgesehen. Der Metallkörper 40A umfasst die Oberfläche 42A und eine Oberfläche 44A. Die Oberfläche 42A ist die Oberfläche an der Seite der Richtung X1 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40A, welche die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50A (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 44A ist die Oberfläche (Oberfläche an der Seite gegenüber der Oberfläche 42A) an der Seite der Richtung X2 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40A, welches die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50A (Schichtstoff 30) ist.

[0052] Die Oberfläche 44A des Metallkörpers 40A klebt mit der Klebeschicht 50 und erstreckt sich entlang der ersten Neigungsrichtung A. Die Oberfläche 42A des Metallkörpers 40A erstreckt sich entlang einer dritten Neigungsrichtung C. Die dritte Neigungsrichtung C ist eine Richtung, die zu der Seite der Richtung X1 geneigt ist, mit einem vorbestimmten Winkel bezüglich der Richtung Z2.

[0053] Bei dem geraden Bereich 14 erstreckt sich der Metallkörper 40B entlang der Richtung Z (Längsrichtung). In dem geraden Bereich 14 ist der Metallkörper 40B an der Oberfläche 37B des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten an der Seite der Richtung X2 der Oberfläche 37B, über die Klebeschicht 50B vorgesehen. Der Metallkörper 40B umfasst eine Oberfläche 41B und eine Oberfläche 43B. Die Oberfläche 41B ist die Oberfläche an der Seite der Richtung X2 in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40B, welches die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50B (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 43B ist die Oberfläche (Oberfläche an der Seite gegenüber der Oberfläche 41B) an der Seite der Richtung X1 in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40B, welches die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50B (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 43B des Metallkörpers 40B klebt mit der Klebeschicht 50B und erstreckt sich entlang der Richtung Z. Die Oberfläche 41B des Metallkörpers 40B erstreckt sich entlang der Richtung Z.

[0054] Außerdem erstreckt sich in dem Lagerungsbereich 16 der Metallkörper 40B so, dass er in der Richtung X2 zu der Richtung Z2 geneigt ist. In dem Lagerungsbereich 16 ist der Metallkörper 40B an der Oberfläche 38B des Schichtstoffs 30, mit anderen Worten an der Seite der Richtung X2 der Oberfläche 38B, über die Klebeschicht 50B vorgesehen. Der Metallkörper 40B umfasst die Oberfläche 42B und eine Oberfläche 44B. Die Oberfläche 42B ist die Oberfläche an der Seite der Richtung X2 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40B, welches die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50B (Schichtstoff 30) ist. Die Oberfläche 44B ist die Oberfläche (Oberfläche an der Seite gegenüber der Oberfläche 42B) an der Seite der Richtung X1 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40B, welches die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50B (Schichtstoff 30) ist.

[0055] Die Oberfläche 44B des Metallkörpers 40B klebt mit der Klebeschicht 50 entlang der zweiten Neigungsrichtung B. Die Oberfläche 42B des Metallkörpers 40B erstreckt sich entlang einer vierten Neigungsrichtung D. Die vierte Neigungsrichtung D ist eine Richtung, die zu einer Seite gegenüber der dritten Neigungsrichtung C bezüglich der Richtung Z2 geneigt ist, welches die Richtung ist, die zu der Seite der Richtung X2 geneigt ist, mit einem vorbestimmten Winkel bezüglich der Richtung Z2.

[0056] Nachstehend werden, wenn die Oberflächen 41A und 41B nicht differenziert werden, die Oberflächen 41A und 41B als die Oberfläche 41 bezeichnet, und wenn die Oberflächen 43A und 43B nicht differenziert werden, die Oberflächen 43A und 43B als eine Oberfläche 43 bezeichnet. Die Oberfläche 41 ist die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50 (Schichtstoff 30) in dem geraden Bereich

14 des Metallkörpers 40. Die Oberfläche 43 ist die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50 (Schichtstoff 30) in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40. In diesem Fall kann in dem geraden Bereich 14 der Metallkörper 40 an der Oberfläche 37 des Schichtstoffs 30 angebracht sein, wenn die Oberfläche 43 mit der Klebeschicht 50 klebt. Außerdem erstreckt sich die Oberfläche 41 des Metallkörpers 40 entlang der Richtung Z (Längsrichtung). In dem geraden Bereich 14 ist der Metallkörper 40 an der Oberfläche 37 des Schichtstoffs 30 vorgesehen und erstreckt sich entlang der Richtung Z (Längsrichtung).

[0057] Nachstehend werden, wenn die Oberflächen 42A und 42B nicht differenziert werden, die Oberflächen 42A und 42B als die Oberfläche 42 bezeichnet, und, wenn die Oberflächen 44A und 44B nicht differenziert werden, die Oberflächen 44A und 44B als eine Oberfläche 44 bezeichnet. Die Oberfläche 42 ist die Oberfläche an der Seite gegenüber der Klebeschicht 50 (Schichtstoff 30) in dem Lagerungsteil 16 des Metallkörpers 40. Die Oberfläche 44 ist die Oberfläche an der Seite der Klebeschicht 50 (Schichtstoff 30) in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40. In diesem Fall kann in dem Lagerungsbereich 16 der Metallkörper 40 an der Oberfläche 38 des Schichtstoffs 30 angebracht werden, wenn die Oberfläche 44 an der Klebeschicht 50 klebt. Außerdem erstreckt sich die Oberfläche 42 des Metallkörpers 40 so, dass sie sich in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu dem Basisende 24 (Richtung Z2) geneigt ist. Folglich steht der Lagerungsbereich 16 in dem Metallkörper 40 in die Richtungen (beide Seiten in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax im Vergleich zu dem geraden Bereich 14 vor.

[0058] Der Metallkörper 40, der auf diese Weise ausgestaltet ist, erstreckt sich kontinuierlich von dem Schaufelendteil 22 zu dem Basisende 24, über das Neigungsanfangsteil 26. Mit anderen Worten erstreckt sich der Metallkörper entlang der Richtung Z, von dem Schaufelendteil 22 zu dem Neigungsanfangsteil 26. Danach neigt sich der Metallkörper 40 zu beiden Seiten (Richtungen weg von der Mittelachse Ax) in der Richtung X an dem Neigungsanfangsteil 26, und erstreckt sich zu dem Basisende 24.

[0059] Auf diese Weise ist bei dem Schaufelfuß 12 der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 der Metallkörper 40 an den Oberflächen an beiden Seiten des Schichtstoffs 30, über die Klebeschicht 50 angebracht (befestigt). Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 steht der Schaufelfuß 12 in die Richtungen (beide Seiten in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax im Vergleich zu dem Strömungsprofil 10 vor.

[0060] Bei diesem Beispiel ist ein Winkel 91 ein Winkel der Oberfläche 44 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40 bezüglich der Richtung Z

(Längsrichtung). Mit anderen Worten ist der Winkel 91 der Winkel zwischen der Oberfläche 44 des Bereichs von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24, und die Richtung Z des Segments von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24. Der Winkel 91 kann ebenso ein Winkel zwischen der ersten Neigungsrichtung A (zweite Neigungsrichtung B) und der Richtung Z sein. Ein Winkel 92 ist ein Winkel der Oberfläche 42 in dem Lagerungsbereich 16 des Metallkörpers 40 bezüglich der Richtung Z (Längsrichtung). Mit anderen Worten ist der Winkel 92 der Winkel zwischen der Oberfläche 42 des Bereichs von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24, und die Richtung Z des Segments von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24. Außerdem ist der Winkel 92 ein Winkel zwischen der dritten Neigungsrichtung C (vierten Neigungsrichtung D) und der Richtung Z.

[0061] In diesem Fall ist der Winkel 91 ein spitzer Winkel und beträgt bevorzugt 34 Grad oder mehr und 44 Grad oder weniger. Außerdem ist der Winkel 92 ein stumpfer Winkel, und beträgt bevorzugt 42 Grad oder mehr und 52 Grad oder weniger. Es ist ebenfalls bevorzugt, dass der Winkel 92 größer ist als der Winkel 01. Jedoch sind die Winkel 91 und 92 nicht darauf beschränkt und können auch andere Winkel sein.

[0062] Außerdem ist die Dicke D1 die Dicke, mit anderen Worten die Länge entlang der Richtung X des Metallkörpers 40 in dem geraden Bereich 14. Mit anderen Worten ist die Dicke D1 die Länge zwischen Oberfläche 41 und der Oberfläche 43 in der Richtung X. Außerdem ist die Dicke D2 die Dicke, mit anderen Worten die Länge in der Richtung orthogonal zu der dritten Neigungsrichtung C (vierte Neigungsrichtung D) des Metallkörpers 40 in dem Lagerungsbereich 16. Mit anderen Worten ist die Dicke D2 die Länge zwischen der Oberfläche 42 und der Oberfläche 44 in der Richtung orthogonal zu der dritten Neigungsrichtung C. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Dicke D2 größer ist als die Dicke D1.

Verfahren zur Herstellung der Verbundwerkstoff-Schaufel

[0063] Die Struktur des Verbundwerkstoff-Flügels 1 ist wie oben beschrieben. Als nächstes wird ein Verfahren zur Herstellung des Verbundwerkstoff-Flügels 1 beschrieben werden. **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Herstellung des Verbundwerkstoff-Flügels gemäß dem vorliegenden Beispiel darstellt. Wie in **Fig. 3** dargestellt werden, um die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 herzustellen, ein Ausbildungs-Schritt eines Schichtstoffs ausgeführt werden (Schritt S10). Bei dem Ausbildungs-Schritt des Schichtstoffs wird der Schichtstoff 30 ausgebildet. Bei dem Ausbildungs-Schritt des Schichtstoffs wird der Schichtstoff 30 so ausgebildet, dass der

Schichtstoff 30 sich entlang der Richtung Z (Längsrichtung in dem Strömungsprofil 10) erstreckt. Danach wird bei dem Ausbildungs-Schritt des Schichtstoffs der Schichtstoff 30 so ausgebildet, dass der Schichtstoff 30 sich so erstreckt, dass er in den Richtungen (beide Seiten in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax zu dem Basisende 24, in dem Schaufelfuß 12 geneigt ist.

[0064] Als nächstes wird ein Ausbildungs-Schritt eines Metallkörpers ausgeführt werden (Schritt S12). An dem Ausbildungsschritt des Metallkörpers wird der Metallkörper 40 ausgebildet. An dem Ausbildungs-Schritt des Metallkörpers wird der Metallkörper 40 so ausgebildet, dass der Metallkörper 40 an einer Oberfläche und der anderen Oberfläche des Schichtstoffs 30 in dem Schaufelfuß 12 vorgesehen ist. Danach wird bei dem Ausbildungs-Schritt des Metallkörpers der Metallkörper 40 so ausgebildet, dass der Metallkörper 40 sich so erstreckt, dass er in die Richtungen (beide Richtungen in der Richtung X) weg von der Mittelachse Ax zu dem Basisende 24 geneigt ist. Es sei darauf hingewiesen, dass der Schritt S12 simultan mit dem Schritt S10 ausgeführt werden kann, oder vor dem Schritt S10 ausgeführt werden kann.

[0065] Als nächstes wird ein Verbindungsschritt ausgeführt werden (Schritt S14). An dem Verbindungsschritt klebt der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 aneinander durch Aufbringen der Klebeschicht 50 vor einer Verfestigung, an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 oder an der Oberfläche des Metallkörpers 40. Danach sind der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 zusammen durch Verfestigen der Klebeschicht 50 verbunden. Folglich sind der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 integral ausgebildet und die Herstellung der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ist abgeschlossen. Bei dem Verbindungsschritt gibt es keine Notwendigkeit, die Klebeschicht 50 anzuwenden, solange der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 zusammen verbunden werden können (nicht nach der Erfindung).

[0066] Wie oben beschrieben umfasst die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 gemäß dem vorliegenden Beispiel das Strömungsprofil 10 und den Schaufelfuß 12, der sich in der Längsrichtung (Richtung Z) erstreckt. Der Schaufelfuß 12 umfasst den geraden Bereich 14 des Bereichs von dem Schaufelendteil 22 zu dem Neigungsanfangsteil 26 und den Lagerungsbereich 16 des Bereichs von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Basisende 24. Das Schaufelendteil 22 ist eine Verbindungsstelle des Strömungsprofils 10 und des Schaufelfußes 12. Das Basisende 24 ist das Endteil an der Seite gegenüber dem Schaufelendteil 22 (Strömungsprofil 10) des Schaufelfußes 12. Das Neigungsanfangsteil 26 befindet sich zwischen dem Schaufelendteil 22 und dem Basisende 24. Die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 umfasst den

Schichtstoff 30 und den Metallkörper 40. Der Schichtstoff 30 ist durch Aufschichten der Verbundwerkstoff-Schichten 32 ausgebildet, die durch Imprägnieren der Verstärkungsfasern 36 mit dem Harz 34 erhalten werden, und ist über dem Strömungsprofil 10 an dem Schaufelfuß 12 vorgesehen. Der Schichtstoff 30 erstreckt sich entlang der Richtung Z in dem Strömungsprofil 10, erstreckt sich entlang der Richtung Z in dem geraden Bereich 14 und erstreckt sich so, dass er in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu dem Basisende 24, in dem Lagerungsbereich 16 geneigt ist. Der Metallkörper 40 ist in dem Schaufelfuß 12 vorgesehen und ist an eine Oberfläche und der anderen Oberfläche des Schichtstoffs 30 in dem Schaufelfuß 12 vorgesehen. Der Metallkörper erstreckt sich entlang der Richtung Z in dem geraden Bereich 14 und erstreckt sich so, dass er in der Richtung weg von der Mittelachse Ax zu dem Basisende 24, in dem Lagerungsbereich 60 geneigt ist.

[0067] Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 ist der Schaufelfuß 12 in die Nut 100 der Turbinenscheibe 2 eingepasst. Mit der Rotation der Turbinenscheibe 2 wird zu der Seite der Richtung Z1 an der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 eine Zentrifugalkraft aufgebracht. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 wird mit dieser Zentrifugalkraft die Oberfläche des Schaufelfußes 12 gegen die Innenoberfläche der Nut 100 gedrückt. Bei diesem Beispiel wird, wenn die am weitesten oben liegende Oberfläche des Schaufelfußes 12 der Schichtstoff 30 ist, die Oberfläche des Schichtstoffs 30 gegen die Innenoberfläche der Nut 100 gedrückt. In diesem Fall wird das Harz 34 des Schichtstoffs 30 gegen die Innenoberfläche der Nut 100 gedrückt, und kann abgenutzt werden. Außerdem wird die Innenoberfläche der Nut 100 gegen die Verstärkungsfasern 36 des Schichtstoffs 30 gedrückt und kann abgenutzt werden. Jedoch ist bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 gemäß dem vorliegenden Beispiel in dem Schaufelfuß 12 der Metallkörper an beiden Oberflächen des Schichtstoffs 30 vorgesehen. Somit wird, wenn eine Zentrifugalkraft an der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 aufgebracht wird, die Oberfläche des Metallkörpers 40 gegen die Innenoberfläche der Nut 100 gedrückt und in diesem Fall kann Abrieb verhindert werden, da Stücke aus Metall miteinander in Kontakt kommen. Auf diese Weise kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 gemäß dem vorliegenden Beispiel den Abrieb des Schaufelfußes 12 an der Turbinenscheibe 2 verhindern.

[0068] Außerdem wird bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1, wenn eine Zentrifugalkraft zu der Richtung Z1 aufgebracht wird, eine Kraft zum Abschälen der Verbundwerkstoff-Schichten 32 auf den Schichtstoff 30 in dem Schaufelfuß 12 aufgebracht. Jedoch ist bei dem vorliegenden Beispiel der Metallkörper 40 an beiden Oberflächen des Schichtstoffs 30 in einem

Schaufelfuß 12 angebracht. Bei dem Metallkörper 40 ist, wenn eine Zentrifugalkraft aufgebracht wird, eine Kraft zum Andrücken der Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 zueinander aufgebracht. Somit kann, wenn die Zentrifugalkraft zu der Richtung Z1 aufgebracht wird, die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 die Verbundwerkstoff-Schichten 32 am Abschälen hindern. Außerdem kann, da die Dicke des Schichtstoffs 30 so viel wie der Metallkörper 40 reduziert werden kann, die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 einfach hergestellt werden. Außerdem kann, da bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 beispielsweise nach Ausbilden des Metallkörpers 40 so, dass die gleiche Form wie die der anderen metallischen Turbinenschaufel haben, die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 mit der anderen Turbinenschaufel ersetzt werden.

[0069] Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 wird aufgrund der Zentrifugalkraft in der Richtung Z1 der Lagerungsbereich 16 des Schaufelfußes 12 gegen die Lagerungsnut 104 in der Turbinenscheibe 2 gedrückt. Da der Metallkörper 40 in dem Lagerungsbereich 16 vorgesehen ist, kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 die Abreibung des Schaufelfußes 12 und der Turbinenscheibe 2 geeignet verhindern. Außerdem tritt bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 aufgrund der Zentrifugalkraft in der Richtung Z1 eine Zugbelastung und eine Schubbelastung an den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 auf. Wenn diese Belastungen sich erhöhen kann der Schichtstoff 30 beschädigt werden. Jedoch ist bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 der Metallkörper 40 ebenso an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 in dem geraden Bereich 14 vorgesehen. Da der Metallkörper 40 in dem geraden Bereich 14 integral mit dem Schichtstoff 30 durch Ankleben dazu integriert ist, kann der Metallkörper 40 die Belastung, die auf den Schichtstoff 30 aufgebracht ist, durch Empfangen eines Teils der Belastung, die auf den Schichtstoff 30 aufgebracht wird, reduzieren. Somit kann durch Vorsehen des Metallkörpers 40 die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 den Schichtstoff 30 am beschädigt werden verhindern.

[0070] Außerdem ist bei dem Metallkörper 40 der Winkel 92 bezüglich der Richtung Z (Längsrichtung) der Oberfläche 42 in dem Lagerungsbereich 16 größer als der Winkel 91 bezüglich der Richtung Z der Oberfläche 44 in dem Lagerungsbereich 16. Da der Neigungswinkel 91 an der Innenseite in dem Metallkörper 40 kleiner gemacht ist als der Neigungswinkel 92 an der Außenseite aufgrund der Keilwirkung, kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 den Metallkörper 40 am Ablösen verursacht durch die Zentrifugalkraft in der Richtung Z2 gehindert werden. Auf der anderen Seite wird, wenn der Neigungswinkel 91 an der Innenseite des Metallkörpers 40 größer gemacht wird als das der Neigungswinkel 92 an der Außenseite, eine Druckkraft in der Richtung X an dem Kle-

bemittel zwischen der Oberfläche 37 der Verbundwerkstoff-Schaufel und dem Metallkörper 40 erzeugt. Folglich kann das Klebemittel am Abschälen effektiv gehindert werden. In diesem Fall wird der Metallkörper 40 am Ablösen durch das Krümmungsteil des Neigungsanfangsteils 26 gehindert.

[0071] Außerdem umfasst die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 die Klebeschicht 50. Die Klebeschicht 50 ist zwischen dem Metallkörper 40 und dem Schichtstoff 30 vorgesehen und verbindet den Metallkörper 40 und den Schichtstoff 30. Da der Metallkörper 40 und der Schichtstoff 30 zusammen durch die Klebeschicht 50 geeignet verbunden sind, kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 den Abrieb des Metallkörpers 40 und des Schichtstoffs 30 geeignet verhindern werden.

[0072] Noch dazu wird der Schaufelfuß 12 an der Turbinenscheibe 2 angebracht. Die Turbinenscheibe 2 umfasst die gerade Nut 102 und die Lagerungsnut 104. Die gerade Nut 102 erstreckt sich entlang der Längsrichtung (Richtung Z). Die Lagerungsnut 104 ist mit dem Endteil 102A der geraden Nut 102 verbunden und breitet sich in der Richtung weg von der Mittelachse der geraden Nut 102 aus, wenn die Lagerungsnut 104 sich von dem Endteil 102A trennt. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 wird der gerade Bereich 14 in der geraden Nut 102 angeordnet und der Lagerungsbereich 16 wird in der Lagerungsnut 104 angeordnet. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 kommt, wenn eine Zentrifugalkraft aufgebracht wird, die Innenoberfläche der Lagerungsnut 104 und die Oberfläche des Metallkörpers 40 miteinander in Kontakt. Somit kann, wenn die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 an der Turbinenscheibe 2 auf diese Weise angebracht ist, die Verbundwerkstoff-Schaufel 1 den Abrieb des Schaufelfußes 12 und der Turbinenscheibe 2 geeignet verhindern.

[0073] **Fig. 4** ist eine schematische Darstellung, die ein anderes Beispiel der Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem ersten Beispiel darstellt. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 sind der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 durch die Klebeschicht 50 zusammen verbunden. Jedoch ist das Verbindungsverfahren nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann wie in **Fig. 4** dargestellt der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 mit einem Bolzen 64, zusätzlich zu der Klebeschicht 50 zusammen verbunden werden. In diesem Fall ist, wie in **Fig. 4** dargestellt, in dem geraden Bereich 14 eine Öffnung 62 in dem Metallkörper 40 geöffnet. Danach ist in dem geraden Bereich 14 eine Öffnung 63, die mit der Öffnung 62 in Verbindung steht, in dem Schichtstoff 30 geöffnet. Danach sind bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 durch Verschrauben des Bolzens 64 von den Öffnungen 62 und 63 zusammen verbunden. In diesem Fall sind eine Kraft (Kraft in einer Druckrichtung) in der

Richtung, zu der der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 nahe zueinander gebracht wird, aufgebracht werden. In diesem Beispiel in **Fig. 4** wird der Bolzen 64 zum Verbinden des Schichtstoffs 30 und des Metallkörpers 40 zusätzlich zu der Klebeschicht 50 verwendet. Jedoch kann beispielsweise die Klebeschicht 50 nicht vorgesehen sein und der Schichtstoff 30 und der Metallkörper 40 können zusammen nur durch den Bolzen 64 verbunden werden.

[0074] Als nächstes wird ein zweites Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung beschrieben werden. Bei einer Verbundwerkstoff-Schaufel 1a gemäß dem zweiten Beispiel sind die Strukturen eines Metallkörpers 40a und einer Klebeschicht 50a von denen in dem ersten Beispiel verschieden. Bei dem zweiten Beispiel wird eine Beschreibung der Teile weggelassen, die aus dem ersten Beispiel bekannt sind.

[0075] **Fig. 5** ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem zweiten Beispiel darstellt. Wie in **Fig. 5** dargestellt umfasst die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a den Schichtstoff 30, den Metallkörper 40a, die Klebeschicht 50a und ein Deckschichtteil 70.

[0076] Der Metallkörper 40a umfasst ein Aussparungsteil 49. Das Aussparungsteil 49 ist eine Aussparung (Nut), die an der Oberfläche 43 des Metallkörpers 40a in dem geraden Bereich 14 vorgesehen ist. Das Aussparungsteil 49 ist an der Oberfläche 43 über einem Aussparungsanfangsteil 27 und dem Schaufelendteil 22 vorgesehen. Das Aussparungsanfangsteil 27 ist ein Teil, das zwischen dem Schaufelendteil 22 und dem Neigungsanfangsteil 26 vorgesehen ist. Bei dem Aussparungsteil 49 beginnt die Aussparung an dem Aussparungsanfangsteil 27 und die Tiefe des Aussparungsteils 49 entlang der Richtung X in Richtung des Schaufelendteils 22 wird tiefer. Das untere Teil des Schaufelendteils 22 des Aussparungsteils 49 in der Richtung X wird als ein unteres Teil 49A bezeichnet. Das untere Teil 49A befindet sich zwischen der Oberfläche 43 und der Oberfläche 41 und das Aussparungsteil 49 durchdringt die Oberfläche 41 nicht. Die Form des Aussparungsteils 49 ist so, dass die Nut, die von dem Aussparungsanfangsteil 27 zu dem Schaufelendteil 22 vorgesehen ist, sich über beide Enden entlang der Richtung Y des Metallkörpers 40a erstreckt.

[0077] In diesem Beispiel ist die Länge H1 die Länge des geraden Bereichs 14 in dem Metallkörper 40a entlang der Richtung Z, mit anderen Worten die Länge des Metallkörpers 40a von dem Schaufelendteil 22 zu dem Neigungsanfangsteil 26 entlang der Richtung Z. Die Länge H2 ist die Länge des Aussparungsteils 49 entlang der Richtung Z, mit anderen Worten die Länge von dem Aussparungsanfangsteil

27 zu dem Schaufelendteil 22 entlang der Richtung Z. Die Länge D3 ist die Länge (Tiefe) des Aussparungssteils 49 entlang der Richtung X, mit anderen Worten die Länge (Tiefe) von der Oberfläche 43 zu dem unteren Teil 49A entlang der Richtung X.

[0078] In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Länge H2 10% oder mehr und 60% oder weniger als die Länge H1 ist. Außerdem ist es bevorzugt, dass die Länge D3 10% oder mehr und 50% oder weniger als die Dicke D1 ist. Außerdem ist es bevorzugt, dass die Länge H2 5mm oder mehr und 30mm oder weniger ist. Noch dazu ist es bevorzugt, dass die Länge D3 1mm oder mehr und 5mm oder weniger ist. Außerdem sind die Längen der Längen H2 und D3 nicht darauf beschränkt und jede Länge kann für diese gewählt werden.

[0079] Die Klebeschicht 50a ist über dem Schaufelfuß 12 und dem Strömungsprofil 10 vorgesehen. Insbesondere ist ähnlich zu dem ersten Beispiel in dem Schaufelfuß 12 die Klebeschicht 50a über dem Basisende 24 und dem Schaufelendteil 22 vorgesehen. In dem Strömungsprofil 10 ist die Klebeschicht 50a über dem Schaufelendteil 22 und einem Klebeendteil 28 vorgesehen. Mit anderen Worten ist die Klebeschicht 50a von dem Basisende 24 zu dem Klebeendteil 28, über das Schaufelendteil 22 vorgesehen. Das Klebeendteil 28 ist ein Teil, das zwischen dem Außenendteil 20 und dem Schaufelendteil 22 in dem Strömungsprofil 10 vorgesehen ist.

[0080] In dem geraden Bereich 14, mit anderen Worten von dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Schaufelendteil 22, ist die Klebeschicht 50a zwischen der Oberfläche 43 und dem Metallkörper 40a und der Oberfläche 37 des Schichtstoffs 30 vorgesehen. Das Aussparungsteil 49 ist an der Oberfläche 43 vorgesehen. Somit ist in dem Teil, in dem das Aussparungsteil 49 vorgesehen ist, die Dicke (Länge entlang der Richtung X) der Klebeschicht 50a von dem Aussparungsanfangsteil 27 zu dem Schaufelendteil 22 erhöht. Die Klebeschicht 50a ist an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 in dem Strömungsprofil 10 vorgesehen. In dem Strömungsprofil 10 ist die Dicke (Länge entlang der Richtung X) der Klebeschicht 50a von dem Schaufelendteil 22 zu dem Klebeendteil 28 reduziert. In dem Strömungsprofil 10 ist der Metallkörper 40a nicht vorgesehen. Folglich ist in dem Strömungsprofil 10 die Klebeschicht 50a von dem Metallkörper 40a freigelegt, aber durch das Deckschichtteil 70 abgedeckt, welches unten beschrieben wird.

[0081] Die Klebeschicht 50a umfasst ebenso eine weiche Klebeschicht 52 und eine Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54. Die weiche Klebeschicht 52 ist eine Klebeschicht, die über dem geraden Bereich 14 und dem Strömungsprofil 10 vorgesehen ist. Mit anderen Worten ist die weiche Klebeschicht 52 von

dem Neigungsanfangsteil 26 zu dem Klebeendteil 28, über das Schaufelendteil 22 vorgesehen. Somit wird bei dem vorliegenden Beispiel die Dicke der weichen Klebeschicht 52 von dem Aussparungsanfangsteil 27 zu dem Schaufelendteil 22 erhöht. Die Dicke der weichen Klebeschicht 52 wird von dem Schaufelendteil 22 zu dem Klebeendteil 28 reduziert. Außerdem wird die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 eine Klebeschicht, die in dem Lagerungsbereich 16 vorgesehen ist. Die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 wird zwischen der Oberfläche 44 des Metallkörpers 40a und der Oberfläche 38 des Schichtstoffs 30, über den Neigungsanfangsteil 26 und das Basisende 24 vorgesehen. Die weiche Klebeschicht 52 kann nicht an dem gesamten Bereich des geraden Bereichs 14 vorgesehen werden. Die weiche Klebeschicht 52 kann nur an einem Teil nahe dem Schaufelendteil 22 und mit hoher Steifigkeitsschwankung vorgesehen werden, und die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 kann an dem anderen Teil vorgesehen werden. Mit anderen Worten kann die weiche Klebeschicht 52 von zumindest einem Teil des geraden Bereichs 14, insbesondere an der Seite des Schaufelteils 22 in der Richtung Z vorgesehen werden. Das andere Teil des geraden Bereichs 14 kann die weiche Klebeschicht 52 oder die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 sein.

[0082] Die weiche Klebeschicht 52 ist eine Schicht, die aus einem Acrylklebemittel ausgebildet ist und ein niedrigeres Elastizitätsmodul (ist elastisch verformbar) als die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 hat. Außerdem ist die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 eine Schicht, die aus einem Epoxidharzklebemittel ausgebildet ist und hat eine höhere Bruchfestigkeit und ein höheres Elastizitätsmodul als das der weichen Klebeschicht 52. Außerdem ist die weiche Klebeschicht 52 nicht auf die Acrylklebeschicht beschränkt solange das Elastizitätsmodul der weichen Klebeschicht 52 niedriger ist als das der Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54. Auf ähnliche Weise ist die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 nicht auf das Epoxidharzklebemittel beschränkt, solange die Bruchfestigkeit und das Elastizitätsmodul der Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 höher ist als das der weichen Klebeschicht 52.

[0083] Das Deckschichtteil 70 ist ein blattartiges Element und bevorzugt ein blattartiges Element der Verbundwerkstoff-Schicht 32. Das Deckschichtteil 70 deckt ab und ist mit einer Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a, einer Oberfläche 56 der Klebeschicht 50a in dem Strömungsprofil 10, und einer Oberfläche des Schichtstoffs 30 von dem Klebeendteil 28 zu einem Deckschichtendteil 29 verbunden. Die Endoberfläche 46 ist eine Endoberfläche des Metallkörpers 40a an der Seite der Richtung Z1 in dem Schaufelendteil 22. Das Deckschichtendteil 29 ist ein Teil, das zwischen dem Außenendteil 20 und

dem Klebeendteil 28 in dem Strömungsprofil 10 vorgesehen ist.

[0084] Insbesondere ist in dem Deckschichtteil 70 ein Endteil 71 an der Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a vorgesehen und das andere Endteil 72 ist an der Oberfläche des Deckschichtendteils 29 in dem Schichtstoff 30 vorgesehen. Mit anderen Worten ist das Deckschichtteil 70 darüber vorgesehen und deckt die Oberfläche von dem Klebeendteil 28 und das Deckschichtendteil 29 des Schichtstoffs 30, über die Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a an der Oberfläche 56 der Klebeschicht 50a ab. Bei diesem Beispiel ist die Länge des Deckschichtteils 70 entlang der Richtung Z der Fläche, die die Oberfläche des Schichtstoffs 30 (Länge entlang der Richtung Z von dem Klebeendteil 28 zu dem Deckschichtendteil 29) abdeckt, länger als die Länge die Fläche, die die Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a entlang der Richtung X (Länge entlang der Richtung X von einem Endteil 71 zu dem unteren Teil 49A des Aussparungsteils 49) abdeckt, länger.

[0085] Wie oben beschrieben ist bei dem zweiten Beispiel das Aussparungsteil 49 an dem Metallkörper 40a vorgesehen. An der Oberfläche 43 des Metallkörpers 40a in dem geraden Bereich 14 ist das Aussparungsteil 49 über dem Aussparungsanfangsteil 27 und dem Schaufelendteil 22 vorgesehen. Die Tiefe des Aussparungsteils 49 ist von dem Aussparungsanfangsteil 27 zu dem Schaufelendteil 22 erhöht. In der Verbundwerkstoffschaufel 1a gemäß dem zweiten Beispiel kann durch Vorsehen des Aussparungsteils 49 die lokale Belastung in dem Endteil des Kontaktteils zwischen dem Metallkörper 40a und dem Schichtstoff 30 reduziert werden, verursacht wenn der Metallkörper 40a und der Schichtstoff 30 miteinander in Kontakt gebracht werden. Folglich kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a die Belastungskonzentration des Schichtstoffs 30 an dem Endteil des Kontaktteils abgebaut werden. Somit kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a den Schichtstoff 30 am Beschädigt werden hindern.

[0086] Außerdem ist die Klebeschicht 50a an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 in dem Strömungsprofil 10, über dem Schaufelendteil 22 und dem Klebeendteil 28 vorgesehen. Die Dicke der Klebeschicht 50a ist von dem Aussparungsanfangsteil 27 in dem Schaufelfuß 12 zu dem Schaufelendteil 22 erhöht und die Dicke der Klebeschicht 50a ist von dem Schaufelendteil 22 zu dem Klebeendteil 28 in dem Strömungsprofil 10 reduziert. Da die Dicke der Klebeschicht 50a auf diese Weise geneigt ist, kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a gemäß dem zweiten Beispiel die Diskontinuität einer Steifigkeit zwischen dem Strömungsprofil 10 und dem Schaufelfuß 12 abbauen und den Schichtstoff 30 am Beschädigt werden hindern.

[0087] Außerdem umfasst die Klebeschicht 50a die weiche Klebeschicht 52, die an der Seite des Schaufelendteils 22 des geraden Bereichs 14 vorgesehen ist, und die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54, die in dem Lagerungsbereich 16 vorgesehen ist. Das Elastizitätsmodul der weichen Klebeschicht 52 ist niedriger als das der Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 und die Bruchfestigkeit und das Elastizitätsmodul der Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 sind höher als diese der weichen Klebeschicht 52. Bei dem Schichtstoff 30 tritt eine hohe lokale Belastung an dem geraden Bereich 14 an der Seite des Schaufelendteils 22, mit anderen Worten um die Endoberfläche des Kontaktteils mit dem Metallkörper 40 auf. Jedoch kann durch Vorsehen der weichen Klebeschicht 52 mit einer hohen Elastizität an der Seite des Schaufelendteils 22 in dem geraden Bereich 14 die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a gemäß dem zweiten Beispiel die lokale Belastung abbauen. Noch dazu wird bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1a ein hoher Oberflächendruck auf den Lagerungsbereich 16 aufgebracht. Wenn die Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 mit hoher Bruchfestigkeit und hohem Elastizitätsmodul in dem Lagerungsbereich 16 vorgesehen ist, kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a die Festigkeit des Lagerungsbereichs 16 am Reduzieren hindern. Auf diese Weise kann durch Vorsehen der weichen Klebeschicht 52 und der Klebeschicht mit hoher Festigkeit 54 die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a die Festigkeit des Lagerungsbereichs 16 am Reduzieren hindern, während die lokale Belastung in dem geraden Bereich 14 abgebaut wird.

[0088] Noch dazu umfasst die Verbundwerkstoff-Schaufel 1a das Deckschichtteil 70. Das Deckschichtteil 70 ist ein blattartiges Element. Das Deckschichtteil 70 deckt von einer Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a, an der Oberfläche des Schichtstoffs 30 an einer Seite, die näher an dem Außenende 20 als dem Endteil 28 ist, über die Oberfläche der Klebeschicht 50a von dem Schaufelendteil 22 zu dem Klebeendteil 28 ab. Das Deckschichtteil 70 deckt kontinuierlich ab und verbindet die Endoberfläche 46 des Metallkörpers 40a, die Oberfläche der Klebeschicht 50a und die Oberfläche des Schichtstoffs 30. Folglich kann das Deckschichtteil 70 die Belastung zum Abschälen der Klebeschicht 50a, verursacht durch die Kraft, die von der Richtung X aufgebracht wird, abbauen.

[0089] Als nächstes wird ein drittes Beispiel zur Erläuterung von Merkmalen der Erfindung beschrieben werden. Bei dem dritten Beispiel ist die Struktur eines Metallkörpers 40b verschieden von der in dem ersten Beispiel. Bei dem dritten Beispiel wird eine Beschreibung der Teile weggelassen, die aus dem ersten Beispiel bekannt sind.

[0090] Fig. 6 ist eine schematische Darstellung, die eine detaillierte Ausgestaltung einer Verbundwerkstoff-Schaufel gemäß dem dritten Beispiel darstellt. Wie in Fig. 6 dargestellt umfasst eine Verbundwerkstoff-Schaufel 1b den Metallkörper 40b. In dem Metallkörper 40b ist ein dünnes Teil 80, das an der Oberfläche 41 in dem geraden Bereich 14 vorgesehen ist. Bei dem vorliegenden Beispiel ist das dünne Teil 80 eine Nut, die an der Oberfläche 41 vorgesehen ist. Das dünne Teil 80 ist an der Oberfläche 41 über ein ausgedünntes Anfangsteil 82 und das Schaufelendteil 22 vorgesehen. Das ausgedünnte Anfangsteil 82 ist ein Teil, das zwischen dem Schaufelendteil 22 und dem Neigungsanfangsteil 26 vorgesehen ist. Die Ausdünnung (Aussparung) des ausgedünnten Teils 80 beginnt von dem ausgedünnten Anfangsteil 82 und die Tiefe des dünnen Teils 80 entlang der Richtung X wird in Richtung des Schaufelendteils 22 erhöht. Ein unteres Teil 84 ist ein unteres Teil in der Richtung X in dem Schaufelendteil 22 des dünnen Teils 80. Das untere Teil 84 befindet sich zwischen der Oberfläche 43 und der Oberfläche 41. Mit anderen Worten ist in der Oberfläche 41 das dünne Teil 80 ein zu der Tiefe (unteres Teil 84) zwischen der Oberfläche 43 und der Oberfläche 41 ausgedünnt, und das dünne Teil 80 durchdringt nicht die Oberfläche 43. Bei dem vorliegenden Beispiel ist das dünne Teil 80 in einer Nutform ausgebildet, die über dem ausgedünnten Anfangsteil 82 und dem Schaufelendteil 22 vorgesehen ist. Jedoch kann jede Form ausgewählt werden. Bei dem geraden Bereich 14 kann das dünne Teil 80 eine Öffnung sein, die über der Oberfläche 41 und dem unteren Teil 84 vorgesehen ist, und es wird bevorzugt, dass das dünne Teil 80 die Oberfläche 43 nicht durchdringt.

[0091] Bei diesem Beispiel ist die Länge H3 die Länge des dünnen Teils 80 entlang der Richtung Z, mit anderen Worten die Länge von dem Schaufelendteil 22 zu dem ausgedünnten Anfangsteil 82 entlang der Richtung Z. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Länge H3 25% oder mehr und 80% oder weniger als die Länge H1 ist. Durch Einstellen der Länge H3 innerhalb dieses Bereichs kann das ausgedünnte Anfangsteil 82 in einem Teil vorgesehen werden, an dem die Belastung zwischen den Verbundwerkstoff-Schichten 32 in dem Schichtstoff 30 von der Druckrichtung zu der Zugrichtung umgeschaltet wird, und das dünne Teil 80 in einer Fläche vorsehen, in der die Belastung in der Zugrichtung auftritt. Folglich kann die lokale Belastung weiter geeignet abgebaut werden.

[0092] Fig. 7 ist eine schematische Darstellung, die ein Beispiel des dünnen Teils darstellt. Wie in Fig. 7 dargestellt kann eine Vielzahl der dünnen Teile 80 entlang der Richtung Y mit einem Wandteil 86 dazwischen vorgesehen sein. Jedoch ist die Form des dünnen Teils so, dass die Nut, die von dem ausgedünnten Anfangsteil 82 zu dem Schaufelendteil 22

vorgesehen ist, sich über beide Enden entlang der Richtung Y des Metallkörpers 40b erstreckt.

[0093] Wie oben beschrieben umfasst bei dem Verbundwerkstoff-Flügel 1b gemäß dem dritten Beispiel der Metallkörper 40b das dünne Teil 80. Das dünne Teil 80 ist eine Öffnung (Nut), die zu der Tiefe zwischen der Oberfläche 41 und der Oberfläche 43, an der Oberfläche 41 in dem geraden Bereich 14 des Metallkörpers 40b ausgedünnt ist. Bei dem geraden Bereich 14 taucht eine hohe lokale Belastung um die Endoberfläche des Kontaktteils zwischen dem Schichtstoff 30 und dem Metallkörper 40 auf. Jedoch ist bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1b die Oberfläche 41 an der Seite gegenüber des Schichtstoffs 30 des Metallkörpers 40b ausgedünnt. Folglich kann die Verbundwerkstoff-Schaufel 1b die Steifigkeit des Metallkörpers 40 in dem geraden Bereich 14 reduzieren und die lokale Belastung um die Endoberfläche des Kontaktteils herum mit dem Metallkörper 40b abbauen.

[0094] Noch dazu ist das dünne Teil 80 die Nut, die über das ausgedünnte Anfangsteil 82 und das Schaufelendteil 22 vorgesehen ist, und die Tiefe des dünnen Teils 80 ist von dem ausgedünnten Anfangsteil 82 zu dem Schaufelendteil 22 erhöht. Bei der Verbundwerkstoff-Schaufel 1b ist die ausgedünnte Tiefe der Oberfläche 41 an der Seite gegenüber dem Schichtstoff 30 des Metallkörpers 40b zu dem Schaufelendteil 22 erhöht. Folglich kann diese Verbundwerkstoff-Schaufel 1b die lokale Belastung um die Endoberfläche des Kontaktteils mit dem Metallkörper 40b geeignet abbauen.

Beispiel

[0095] Als nächstes wird ein Beispiel beschrieben werden. Fig. 8 ist eine Darstellung, die eine Belastungsverteilung gemäß dem Beispiel darstellt. Das Beispiel verwendet ein Modell der Verbundwerkstoff-Schaufel 1 gemäß dem ersten Beispiel, um die Belastungsverteilung zu analysieren, während die Zentrifugalkraft in der Richtung Z1 aufgebracht wird, und der Schaufelfuß 12 ist in der Nut 100 der Turbinenscheibe 2 festgelegt. Wie in Fig. 8 dargestellt wird bei dem Modell der Verbundwerkstoff-Schaufel 1, wenn eine Zentrifugalkraft F in einer Fläche Ar1 aufgebracht wird, die Belastung zwischen den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 in der Zugrichtung aufgebracht. Danach wird in einer Fläche Ar2 die Belastung zwischen den Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 in der Druckrichtung aufgebracht. Die Fläche Ar1 ist eine Fläche von dem Schaufelendteil 22 zu einem Teil um die Mitte des geraden Bereichs 14 herum. Die Fläche Ar2 ist eine Fläche über dem Teil um die Mitte des geraden Bereichs 14 herum und dem Lagerungsbereich 16. Mit anderen Worten ist es bei dem Beispiel klar, dass die Belastung zwischen den

Verbundwerkstoff-Schichten 32 des Schichtstoffs 30 von der Druckrichtung zu der Zugrichtung um die Mitte des geraden Bereichs 14 herum umgeschaltet ist. Somit ist es durch Einstellen der Länge H3, die in dem dritten Beispiel 25% oder mehr und 80% oder weniger als die Länge H1 offenbart ist, klar, dass das dünne Teil 80 in der Fläche, in der die Belastung in der Zugrichtung auftritt, geeignet vorgesehen wird.

[0096] Die Beispiele zur Erläuterung von Merkmalen der vorliegenden Erfindung wurden oben beschrieben. Jedoch ist es nicht beabsichtigt die Ausführungsformen durch das, was in den Beispielen beschrieben wurde, zu begrenzen. Die oben beschriebenen Bauteile umfassen Bauteile, die durch einen Fachmann einfach angenommen werden können, Bauteile, die im Wesentlichen die gleichen sind, und Bauteile, die in das hineinfallen, was als ein Umfang von Äquivalenten bezeichnet wird. Außerdem können die oben beschriebenen Bauteile entsprechend miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

1	Verbundwerkstoff-Schaufel
2	Turbinenscheibe
10	Strömungsprofil
12	Schaufelfuß
14	gerader Bereich
16	Lagerungsbereich
20	Außenendteil
22	Schaufelendteil
24	Basisende
30	Schichtstoff
32	Verbundwerkstoff-Schicht
34	Harz
36	Verstärkungsfasern
40,40A,40B	Metallkörper
50,50A,50B	Klebeschicht
Ax	Mittelachse

Patentansprüche

1. Eine Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) mit: einem Strömungsprofil (10), das sich in einer Längsrichtung (Z) erstreckt, und einem Schaufelfuß (12), der einen geraden Bereich (14), der ein Bereich von einem Schaufelendteil (22), das eine Verbindungsstelle mit dem Strömungsprofil (10) ist, zu einem Neigungsanfangsteil (26), das eine Stelle zwischen dem Schaufelendteil (22) und dem Basisende (24) ist, ist und ein Lagerungsbereich (16), der ein Bereich von dem Nei-

gungsanfangsteil (26) zu dem Basisende (24) ist, umfasst, wobei ein Schichtstoff (30), der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten (32), in denen Verstärkungsfasern (36) mit Harz (34) imprägniert sind, ausgebildet ist, über das Strömungsprofil (10) und den Schaufelfuß (12) vorgesehen ist, wobei ein Metallkörper (40a) an dem Schaufelfuß (12) vorgesehen ist, eine Klebeschicht (50a) zwischen dem Metallkörper (40a) und dem Schichtstoff (30) vorgesehen ist, um den Metallkörper (40a) und den Schichtstoff (30) zu verbinden, der Schichtstoff (30) sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem Strömungsprofil (10) erstreckt, sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem geraden Bereich (14) erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von einer Mittelachse (Ax) entlang der Längsrichtung (Z) des Strömungsprofils (10) zu dem Basisende (24) des Schaufelfußes (12) in dem Lagerungsbereich (16) geneigt ist, der Metallkörper (40a) an einer Oberfläche (37) und einer anderen Oberfläche (38) des Schichtstoffs (30) in dem Schaufelfuß (12) vorgesehen ist, sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem geraden Bereich (14) erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von der Mittelachse (Ax) zu dem Basisende (24) in dem Lagerungsbereich (16) geneigt ist, in dem Metallkörper (40a) ein Winkel (θ_2) einer Oberfläche (42) an einer gegenüberliegenden Seite des Schichtstoffs (30) in dem Lagerungsbereich (16) bezüglich der Längsrichtung (Z) größer als ein Winkel (θ_1) einer Oberfläche (44) an der Seite des Schichtstoffs (30) in dem Lagerungsbereich (16) bezüglich der Längsrichtung (Z) ist, und an einer Oberfläche (43) an der Seite der Klebeschicht (50a) an dem geraden Bereich (14) der Metallkörper (40a) ein Aussparungsteil (49) aufweist, das über einem Aussparungsanfangsteil (27) und dem Schaufelendteil (22) vorgesehen ist, wobei das Aussparungsanfangsteil (27) sich zwischen dem Neigungsanfangsteil (26) und dem Schaufelendteil (22) befindet, wobei das Aussparungsteil (49) eine Tiefe (D3) hat, die sich von dem Aussparungsanfangsteil (27) zu dem Schaufelendteil (22) erhöht.

2. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) gemäß Anspruch 1, wobei die Klebeschicht (50a) eine weiche Klebeschicht (52), die an der Seite des Schaufelendteils (22) an dem geraden Bereich (14) vorgesehen ist, und eine Klebeschicht mit hoher Festigkeit (54), die an dem Lagerungsbereich (16) vorgesehen ist, aufweist, und die Klebeschicht mit hoher Festigkeit (54) eine höhere Bruchfestigkeit und ein höheres Elastizitätsmodul als die weiche Klebeschicht (52) aufweist.

3. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Klebeschicht (50a) an einer Oberfläche des Schichtstoffs (30) in dem Strömungsprofil (10) über das Schaufelendteil (22) und ein Klebeendteil (28), das sich zwischen einem Außenendteil (20) des Strömungsprofils (10) und einer gegenüberliegenden Seite zu dem Schaufelendteil (22) und dem Schaufelendteil (22) befindet, vorgesehen ist, und die Klebeschicht (50a) eine Dicke hat, die sich von dem Aussparungsanfangsteil (27) zu dem Schaufelendteil (22) in dem Schaufelfuß (23) erhöht, und eine Dicke, die sich von dem Schaufelendteil (22) zu dem Klebeendteil (28) in dem Strömungsprofil (10) verringert, aufweist.

4. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) gemäß Anspruch 3, ferner mit einem Deckschichtteil (70), das ein blattartiges Element ist, das von einer Endoberfläche (46) des Metallkörpers (40a) in dem Schaufelendteil (22) zu einer Oberfläche des Schichtstoffs (30) an der Seite des Außenendteils (20) bezüglich dem Klebeendteil (28) über einer Oberfläche (56) der Klebeschicht (50a) von dem Schaufelendteil (22) zu dem Klebeendteil (28) abdeckend gestaltet ist.

5. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei an der Oberfläche an der Seite gegenüber des Schichtstoffs (30) in dem geraden Bereich (14) der Metallkörper (40b) ein dünnes Teil (80) aufweist, das zu einer Tiefe an einer Stelle zwischen der Oberfläche (41) an der gegenüberliegenden Seite zu dem Schichtstoff (30) zu der Oberfläche (43) an der Seite des Schichtstoffs (30) ausgedünnt ist.

6. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1b) gemäß Anspruch 5, wobei das dünne Teil (80) eine Nut ist, die über ein ausgedünntes Anfangsteil (82) und dem Schaufelendteil (22) vorgesehen ist, wobei das ausgedünnte Anfangsteil (82) zwischen dem Neigungsanfangsteil (26) und dem Schaufelendteil (22) ist, das ausgedünnte Anfangsteil (82) eine Tiefe hat, die sich von dem ausgedünnten Anfangsteil (82) zu dem Schaufelendteil (22) erhöht.

7. Die Verbundwerkstoff-Schaufel (1a) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Schaufelfuß (12) an einer Turbinenscheibe (2) angebracht ist, die eine gerade Nut (102), die sich entlang der Längsrichtung (Z) erstreckt, und eine Lagerungsnut (104), die mit einem Endteil (102A) der geraden Nut (102) verbunden ist, aufweist, und die sich in einer Richtung weg von einer Mittelachse (Ax) der geraden Nut (102) ausbreitet, wenn die Lagerungsnut (104) von dem Endteil (102A) der geraden Nut (102) getrennt ist, der gerade Bereich (14) an der geraden Nut (102) angeordnet ist, und

der Lagerungsbereich (16) in der Lagerungsnut (104) angeordnet ist.

8. Ein Verfahren zur Herstellung einer Verbundwerkstoff-Schaufel (1a), die ein Strömungsprofil (10), das sich in einer Längsrichtung (Z) erstreckt, und einen Schaufelfuß (12), der einen geraden Bereich (14), der ein Bereich von einem Schaufelendteil (22) ist, das eine Verbindungsstelle mit dem Strömungsprofil (10) zu einem Neigungsanfangsteil (26) ist, das eine Stelle zwischen dem Schaufelendteil (22) und einem Basisende (24) ist, und einem Lagerungsbereich (16), der ein Bereich von dem Neigungsanfangsteil (26) und dem Basisende (24) ist, aufweist, wobei das Verfahren aufweist:

ein Ausbildungs-Schritt eines Schichtstoffs (S10) zum Ausbilden eines Schichtstoffs (30), der durch Aufschichten von Verbundwerkstoff-Schichten (32) ausgebildet ist, in denen Verstärkungsfasern (36) mit Harz (34) imprägniert sind, und über dem Strömungsprofil (10) und dem Schaufelfuß (12) vorgesehen wird,

ein Ausbildungs-Schritt eines Metallkörpers (S12) zum Ausbilden eines Metallkörpers (40a), der an dem Schaufelfuß (12) vorgesehen wird, einen Verbindungsschritt (S14) des Anklebens des Schichtstoffs (30) und des Metallkörpers (40a) aneinander durch Aufbringen einer Klebeschicht (50a) vor einer Verfestigung,

wobei der Ausbildungs-Schritt des Schichtstoffs (S10) das Ausbilden des Schichtstoffs (30) so aufweist, dass sich der Schichtstoff (30) entlang der Längsrichtung (Z) in dem Strömungsprofil (10) erstreckt, sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem geraden Bereich (14) erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von einer Mittelachse (Ax) entlang der Längsrichtung (Z) des Strömungsprofils (10) zu dem Basisende (24) des Schaufelfußes (12) in dem Lagerungsbereich (16) geneigt ist, und

der Ausbildungs-Schritt des Metallkörpers (S12) das Ausbilden des Metallkörpers (40a) so aufweist, dass der Metallkörper (40a) an einer Oberfläche (37) und einer anderen Oberfläche (38) des Schichtstoffs (30) in dem Laufschaufelfuß (12) vorgesehen ist, sich entlang der Längsrichtung (Z) in dem geraden Bereich (14) erstreckt und sich so erstreckt, dass er in einer Richtung weg von der Mittelachse (Ax) zu dem Basisende (24) in dem Lagerungsbereich (16) geneigt ist, und so, dass ein Winkel (θ2) einer Oberfläche (42) des Metallkörpers (40a) an einer gegenüberliegenden Seite des Schichtstoffs (30) in dem Lagerungsbereich (16) bezüglich der Längsrichtung (Z) größer als ein Winkel (θ1) einer Oberfläche (44) an der Seite des Schichtstoffs (30) in dem Lagerungsbereich (16) bezüglich der Längsrichtung (Z) ist, und so, dass an einer Oberfläche (43) an der Seite der Klebeschicht (50a) an dem geraden Bereich (14) der Metallkörper (40a) ein Ausspa-

rungsteil (49) aufweist, das über einem Aussparungsanfangsteil (27) und dem Schaufelendteil (22) vorgesehen ist, wobei das Aussparungsanfangsteil (27) sich zwischen dem Neigungsanfangsteil (26) und dem Schaufelendteil (22) befindet, wobei das Aussparungsteil (49) eine Tiefe (D3) hat, die sich von dem Aussparungsanfangsteil (27) zu dem Schaufelendteil (22) erhöht.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

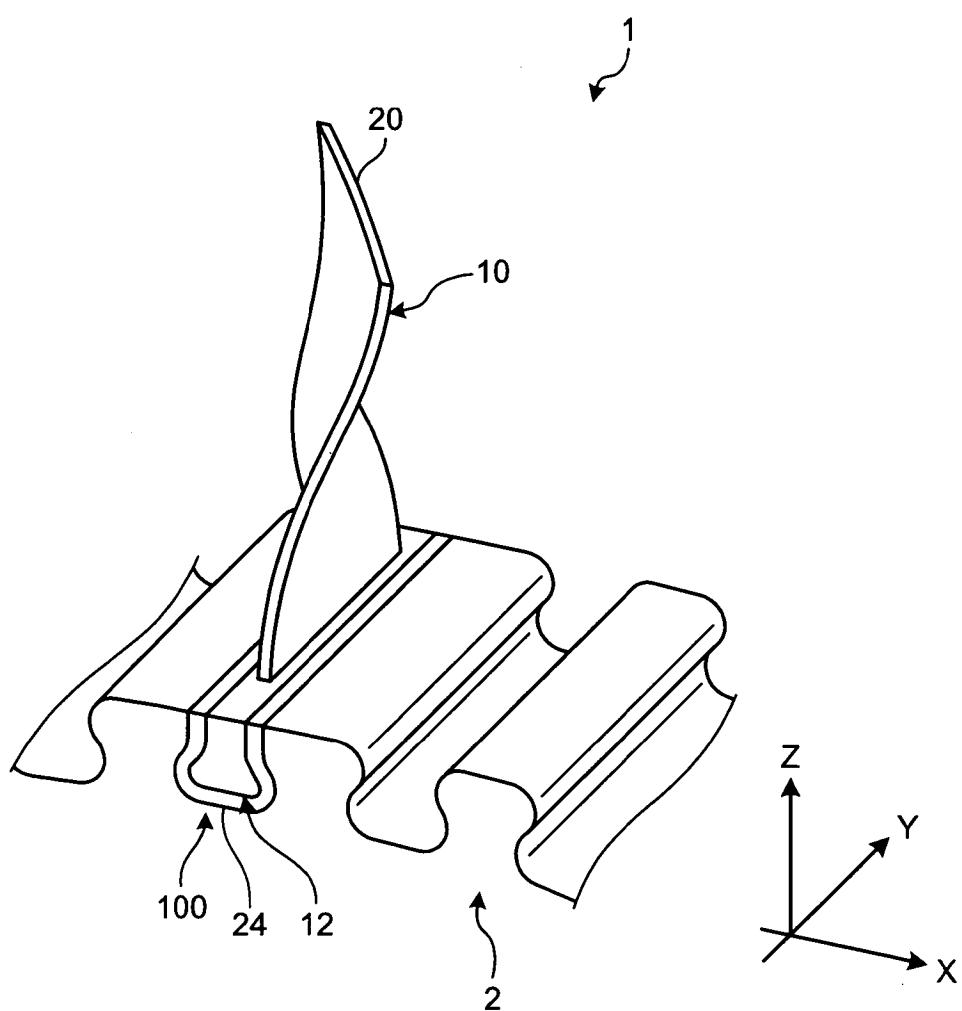


FIG.2

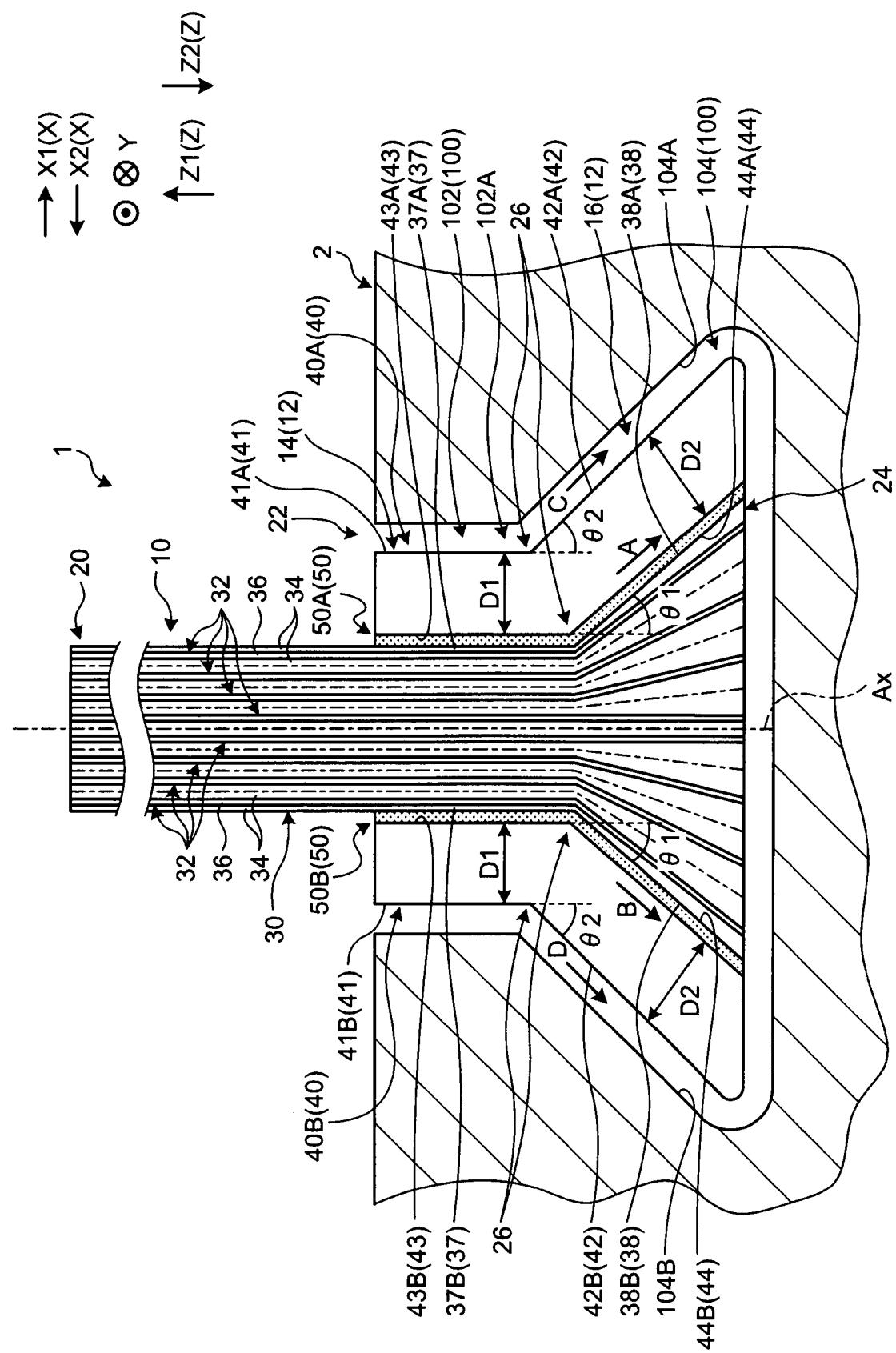


FIG.3

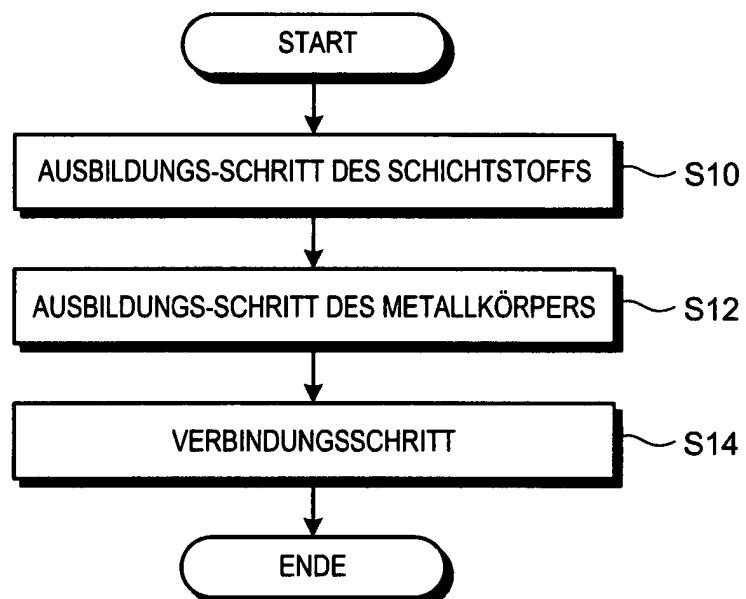


FIG.4

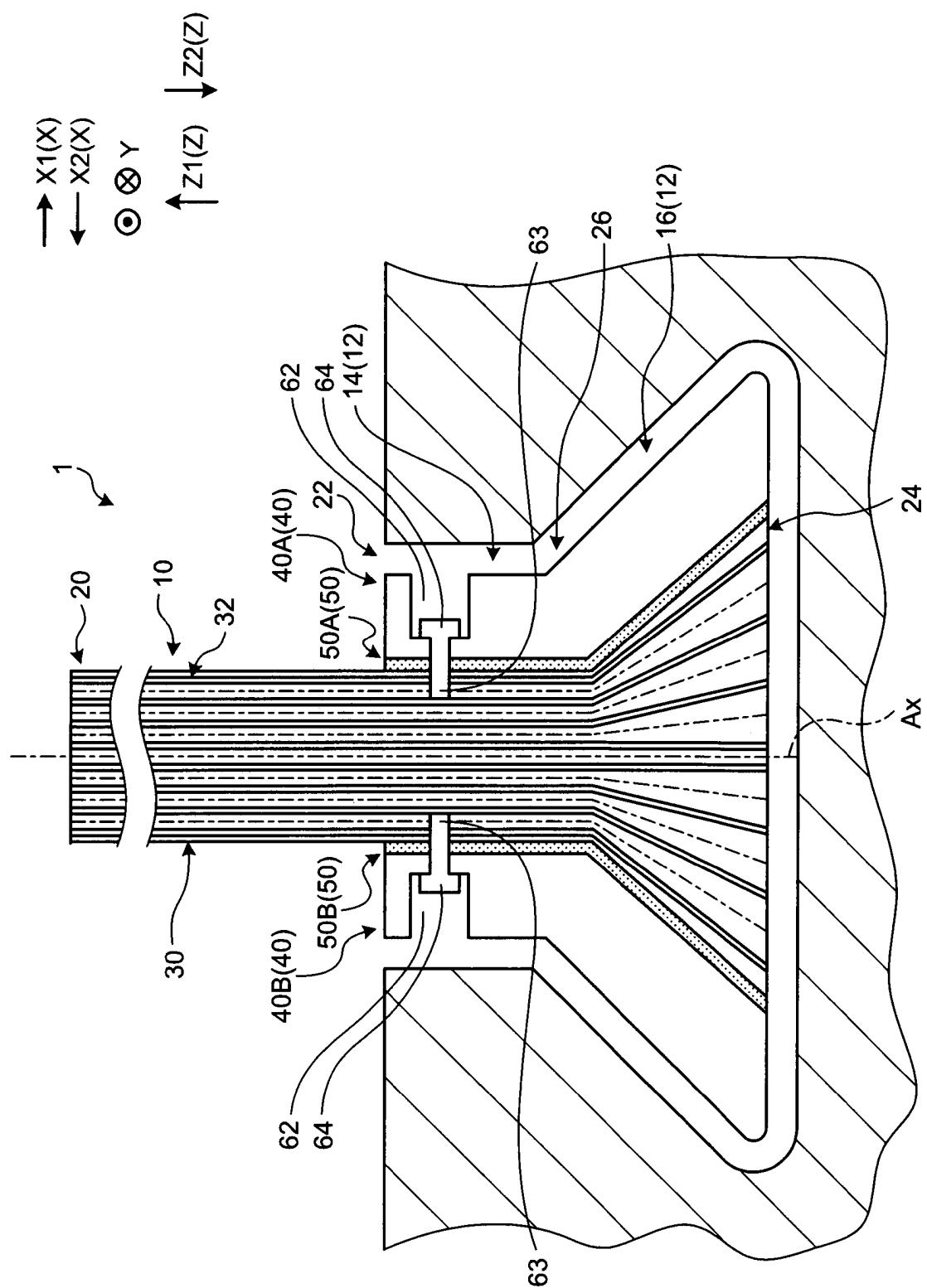


FIG. 5

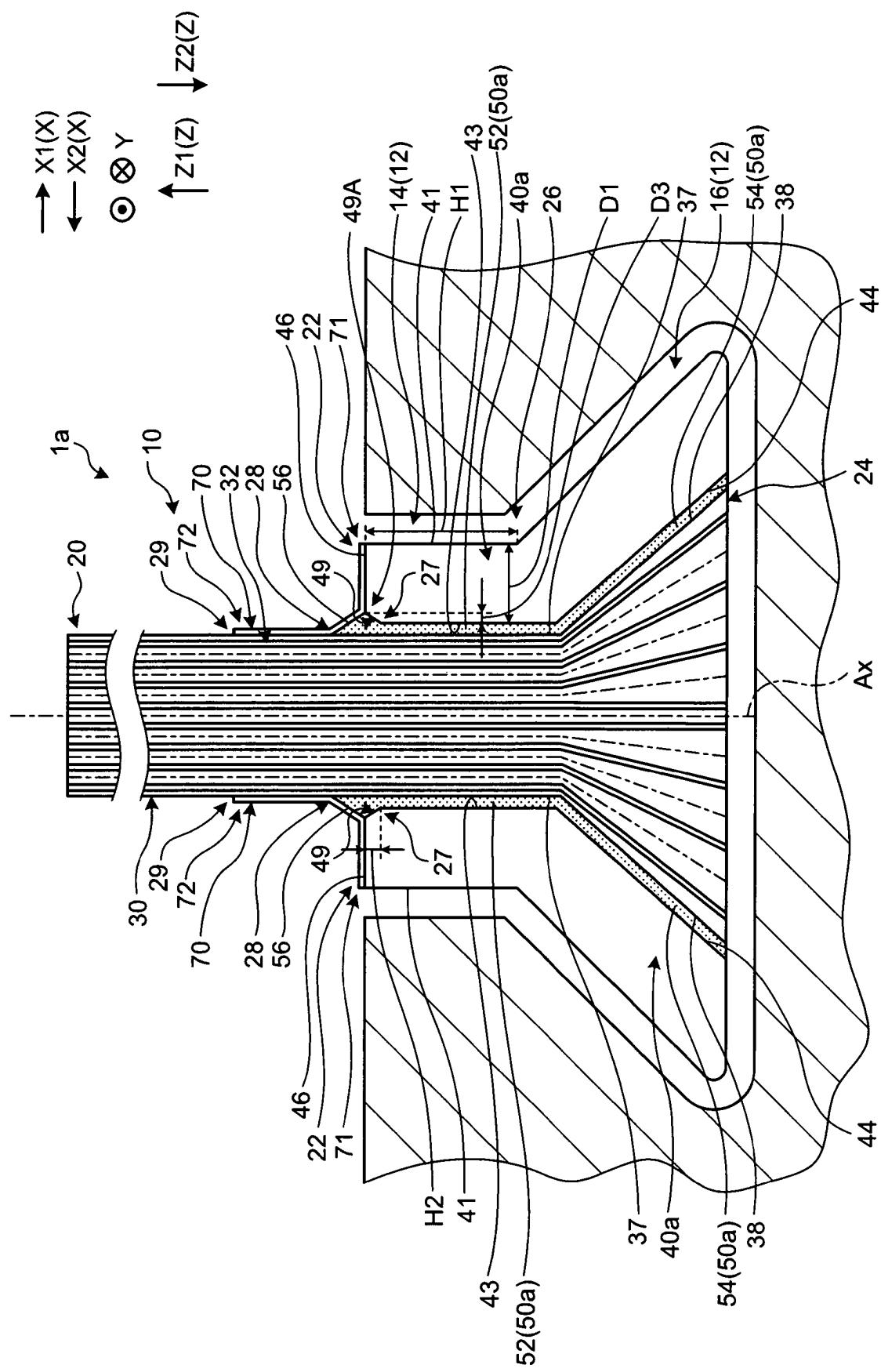


FIG.6

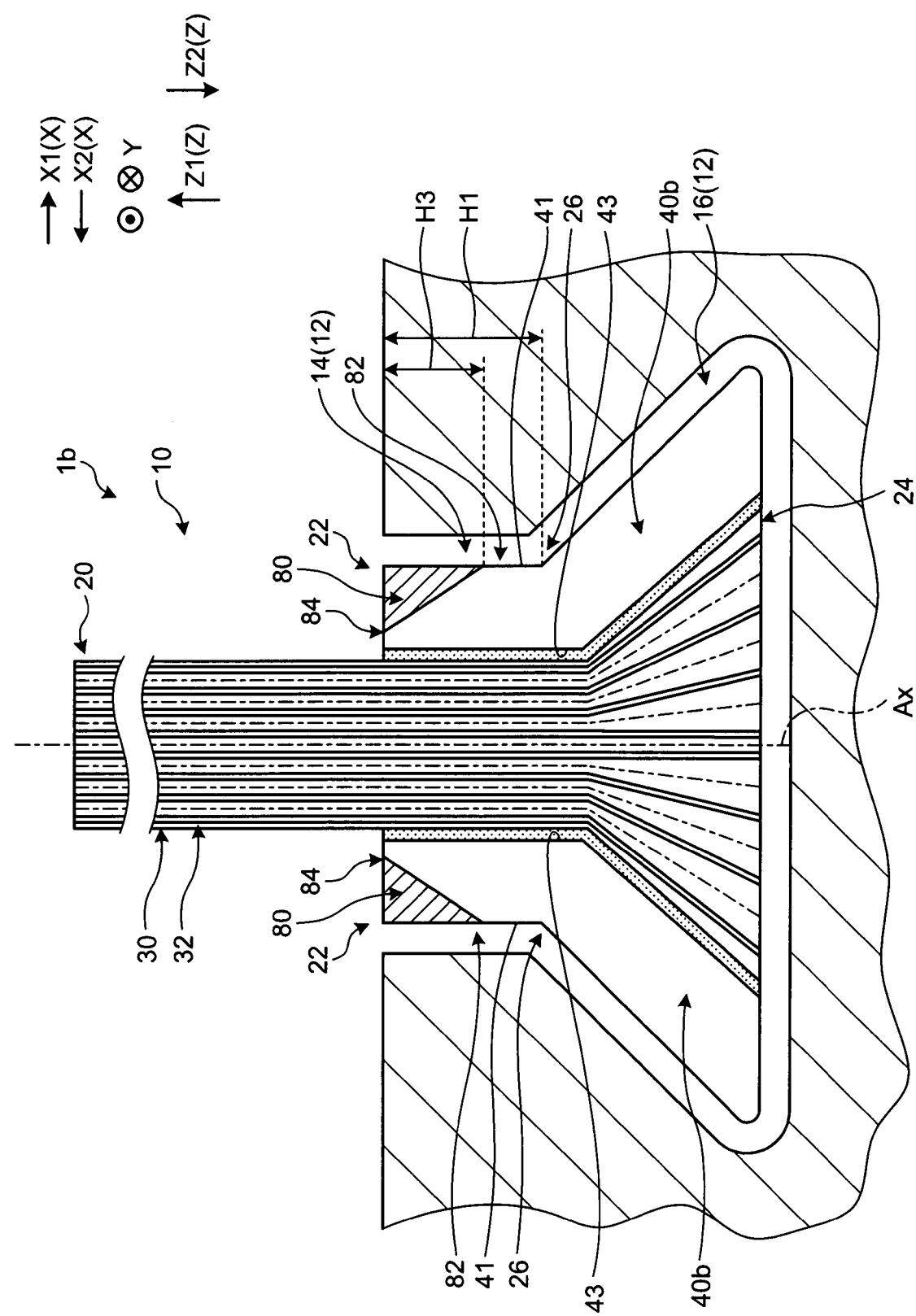


FIG.7

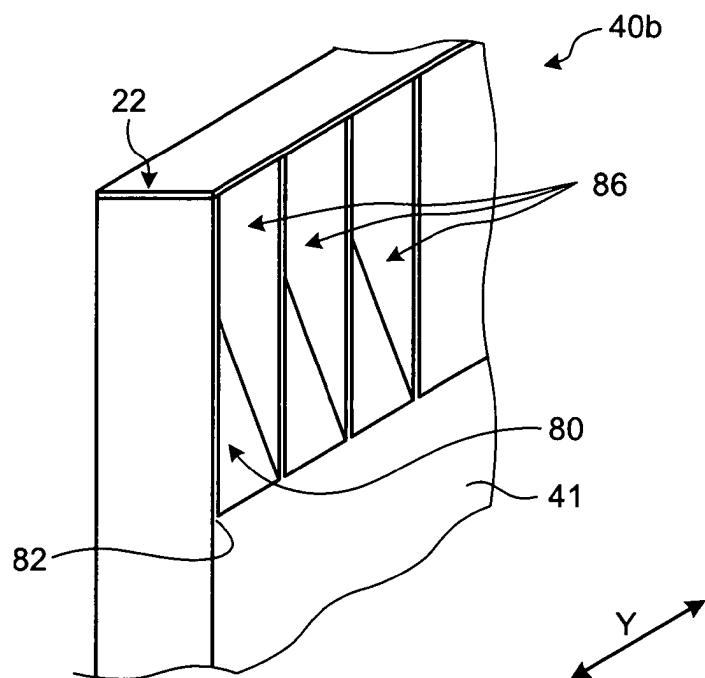


FIG.8

