



(10) **DE 11 2018 002 364 T5** 2020.01.16

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/207702**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 002 364.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/017534**
(86) PCT-Anmeldetag: **02.05.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.11.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.01.2020**

(51) Int Cl.: **F04D 29/38** (2006.01)
B32B 1/04 (2006.01)
B32B 27/04 (2006.01)
C08J 5/04 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2017-092364 **08.05.2017** **JP**
(71) Anmelder:
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP

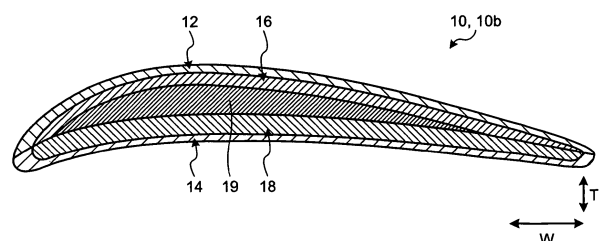
(74) Vertreter:
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,
Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**
(72) Erfinder:
**Okabe, Ryoji, Tokyo, JP; Shindo, Kentaro, Tokyo,
JP; Kamiya, Masami, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERBUNDSCHAUFEL UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER VERBUNDSCHAUFEL**

(57) Zusammenfassung: Vorgesehen werden eine Verbund-schaukel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbund-schaukel, welche in der Lage sind, in ausreichender Art und Weise die Genauigkeit des Profils und der Dicke sicherzu-stellen und die Herstellungskosten zu reduzieren. Eine Ver-bundschaukel 10 wird durch Aufeinanderlegen von Verbund-schichten gebildet, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstär-kungsfasern mit Harz imprägniert sind. Die Verbundschaukel 10 weist an einem dicken Teil 10b einen Oberflächenschicht-bereich von einer Oberfläche des dicken Teils 10b bis zu einer vorbestimmten Tiefe in einer Schaufeldickenrichtung auf, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel 10 verbindet, und einen Tie-fenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimm-te Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung. Ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich ist kleiner als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbe-reich. Alternativ ist ein Durchschnittswert von Dicken von je-der Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich klei-ner als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbund-schicht im Tiefenschichtbereich.



Beschreibung

Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verbundschaufel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel.

Technischer Hintergrund

[0002] Für eine Turbinenlaufschaufel und eine Turbinenleitschaufel wird eine Verbundschaufel verwendet, welche durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten gebildet ist, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Eine Verbundschaufel, welche für einen Industriegasturbinenkompressor verwendet wird, hat hochrangige Torsion, um ein hohes Bypassverhältnis zu erreichen, und die Dicke in einer Schaufeldickenrichtung ändert sich stark. Um die aerodynamische Leistungsfähigkeit anzuheben, braucht die Verbundschaufel die Sicherstellung der Profilgenauigkeit einer Saugseiten-Oberfläche, einer Druckseiten-Oberfläche, einer Vorderkantenseiten-Oberfläche und einer Hinterkantenseiten-Oberfläche und die Dicken-genauigkeit dieser. Für solch eine Verbundschaufel wurde eine Gelegestruktur, erhalten durch das Kombinieren von langen und kurzen Verbundschichten, vorgeschlagen, um an einem Teil, wo eine Formänderung groß ist, Scherschälens zu verhindern (siehe Patentliteratur 1).

Zitierungsliste

Patentliteratur

[0003] Patentliteratur 1: US-Patent Nr. 5,375,978

Zusammenfassung

Technisches Problem

[0004] Bei einer Verbundschaufel, offenbart in Patentliteratur 1, werden eine erhebliche Anzahl von dünnen Verbundschichten überlappt bzw. überlagert oder aufeinandergelegt, um die Profilgenauigkeit und die Dicke sicherzustellen. Bei der Verbundschaufel, die in Patentliteratur 1 offenbart wird, wird die Anzahl der aufeinandergelegten Schichten in Abhängigkeit von Orten geändert, um auf eine Änderung der Dicke in der Schaufeldickenrichtung zu reagieren. Jedoch sind ein Vorbereitungsschritt von dünnen Verbundschichten mit hoher Genauigkeit, ein Schritt des Verbindens einer großen bzw. erheblichen Menge von dünnen Verbundschichten mit hoher Genauigkeit, und ein Verfahren zum Ändern der Anzahl von aufeinandergelegten Schichten in Abhängigkeit von Orten mit hoher Genauigkeit alle schwierig, und deswegen hat das Verfahren, welches in Patentliteratur 1 offenbart wird, ein Problem dahingehend, dass die

Profilgenauigkeit und die Dicke der Verbundschaufel nicht in ausreichendem Maße sichergestellt werden kann. Weil diese Schritte alle schwierig sind, hat das Verfahren, welches in Patentliteratur 1 offenbart wird, ein Problem dahingehend, dass die Produktionsausbeute der Verbundschaufel abnimmt und als ein Ergebnis die Herstellkosten der Verbundschaufel zunehmen.

[0005] Die vorliegende Erfindung wurde mit Blick auf obiges gemacht und es ist eine Aufgabe/ein Ziel dieser, eine Verbundschaufel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel anzugeben, welche in der Lage sind, in ausreichendem Maße die Profilgenauigkeit und die Dicke sicherzustellen und Herstellkosten zu reduzieren.

Lösung des Problems

[0006] Um das oben beschriebene Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen, wird eine Verbundschaufel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, gebildet. Die Verbundschichten werden in einer Schaufeldickenrichtung, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel verbindet, aufeinandergelegt. Die Verbundschaufel weist ein dickes Teil auf, welches einen Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche des dicken Teils bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung hat und einen Tiefenschichtbereich in einer Tiefe, die größer ist als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung hat. Ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich ist kleiner als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich.

[0007] Außerdem wird, um das oben beschriebene Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen, eine Verbundschaufel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten gebildet, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Die Verbundschichten werden in einer Schaufeldickenrichtung, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel verbindet, aufeinandergelegt. Die Verbundschaufel weist ein dickes Teil auf, welches einen Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche des dicken Teils bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung hat und einen Tiefenschichtbereich in einer Tiefe hat, die größer ist als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung. Ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich ist kleiner als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich.

[0008] Bei diesen Konfigurationen werden relativ dünne Verbundschichten in dem Oberflächenschichtbereich verwendet und relativ dicke Verbundschichten werden in dem Tiefenschichtbereich verwendet. Folglich kann die Profilgenauigkeit in ausreichender Art und Weise durch die relativ dünnen Verbundschichten sichergestellt werden und die Herstellkosten können durch die relativ dicken Verbundschichten reduziert werden, und insgesamt kann die Dickengenauigkeit ausreichend sichergestellt werden.

[0009] Bei diesen Konfigurationen ist es bevorzugt, dass in einer Ebenenrichtung, die eine Schaufelbreitenrichtung aufweist, die eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel miteinander verbindet und eine Schaufellängsrichtung, die eine Richtung ist, die eine Schaufelaußenendseite und eine Schaufelfußseite der Verbundschaufel miteinander verbindet, aufweist, ein Bereich der Verbundschichten in dem Oberflächenschichtbereich größer ist als ein Bereich der Verbundschichten in dem Tiefenschichtbereich. Bei dieser Konfiguration können in dem Oberflächenschichtbereich, in dem relativ dünne Verbundschichten verwendet werden können, die Profilgenauigkeit in einem breiteren Bereich in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung sichergestellt werden.

[0010] Bei diesen Konfigurationen ist es bevorzugt, dass ein dünnes Teil, welches dünner ist als das dicke Teil und nicht im Tiefenschichtbereich ist, vorhanden ist. Bei dieser Konfiguration kann in dem Oberflächenschichtbereich, in dem relativ dünne Verbundschichten verwendet werden, die Dickengenauigkeit in einem Teil, wo die Dicke in der Schaufeldickenrichtung klein ist, sichergestellt werden.

[0011] Bei diesen Konfigurationen ist es bevorzugt, dass ein Schaufelteil auf der Saugseite und ein Schaufelteil auf der Druckseite vorhanden ist und das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite an einer neutralen Oberfläche gekoppelt sind, wobei das Schaufelteil auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Saugseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe und einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung hat, und das Schaufelteil auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe und einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung hat. Bei dieser Konfiguration kann auf der Saugseite und der Druckseite die Profilgenauigkeit in ausreichendem Maße durch relativ dünne Verbundschich-

ten sichergestellt werden, und die Herstellkosten können durch die relativ dicken Verbundschichten reduziert werden und insgesamt kann die Dickengenauigkeit ausreichend sichergestellt werden.

[0012] Bei diesen Konfigurationen ist es bevorzugt, dass ein Endteil der Verbundschaufel in einer Schaufelbreitenrichtung, die eine Richtung ist, welche eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel verbindet, aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet ist, und Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich abwechselnd im Kontakt mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen sind. Bei dieser Konfiguration können Lagenfälle, welche Lücken sind, die nahe bei der neutralen Oberfläche gebildet werden, wenn Verbundschichten aufeinandergelegt werden, durch die Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung geteilt werden und klein gehalten werden. Folglich kann die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an den Endteilen in der Schaufelbreitenrichtung verbessert werden.

[0013] Außerdem wird, um das oben beschriebene Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen, eine Verbundschaufel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert werden, gebildet. Die Verbundschichten werden in einer Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel miteinander verbindet. Die Verbundschaufel hat einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Saugseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung, einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung, einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung und einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung. Der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich und der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich sind an einer neutralen Oberfläche gekoppelt. Ein Endteil der Verbundschaufel in einer Schaufelbreitenrichtung, welche eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel verbindet, ist aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und dem Druck-

seiten-Oberflächenschichtbereich gebildet. Endteile von Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und Endteile von Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich sind abwechselnd mit neutralen Oberflächen-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich in Berührung vorgesehen.

[0014] Bei dieser Konfiguration können Lagenfälle, welche Lücken sind, die nahe bei der neutralen Oberfläche gebildet werden, wenn Verbundschichten aufeinandergelegt werden, durch die Endteile der Verbundschichten geteilt werden und klein gehalten werden. Folglich kann die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an den Endteilen in der Schaufelbreitenrichtung verbessert werden. Deswegen wird die Form stabilisiert und die Profilgenauigkeit und die Dicke kann in ausreichendem Maße sichergestellt werden. Die Verbundschichten müssen sich nicht symmetrisch über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung überlappen und deswegen können die Herstellkosten reduziert werden.

[0015] Um das oben beschriebene Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen, gibt es ein Herstellverfahren einer Verbundschaukel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in welchem verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Das Verfahren weist einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform auf, die eine Saugseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaukel hat, derart, dass ein Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von der Saugseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in einer Schaufeldickenrichtung gebildet wird, die eine Richtung ist, welche eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel verbindet, einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelegt werden, derart, dass ein Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Saugseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Druckseitenform, die eine Druckseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaukel hat, derart, dass ein Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von der Druckseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Ober-

flächenschichtbereich gebildet wurde, derart, dass ein Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Druckseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, und einen Bonding- bzw. Verbindungsschnitt des Koppels und Bondens/Verbindens der Verbundschichten, die auf der Saugseitenform aufgelegt wurden, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, und der Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, an einer neutralen Oberfläche, auf, wobei ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich. Ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich ist kleiner als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich.

[0016] Außerdem wird, um das oben beschriebene Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen, ein Verfahren angegeben für das Herstellen einer Verbundschaukel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Das Verfahren weist auf einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform, die eine Saugseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaukel hat, derart, dass ein Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von der Saugseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in einer Schaufeldickenrichtung gebildet wird, die eine Richtung ist, welche eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel verbindet, einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelegt sind, derart, dass ein Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Saugseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Druckseitenform, die eine Druckseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaukel hat, derart, dass ein Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von der Druckseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschnitt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich ge-

bildet ist, derart, dass ein Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Druckseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, und einen Bonding- bzw. Verbindungsschritt des Koppels und Bondens/ Verbindens der Verbundschichten, die auf der Saugseitenform aufgelegt wurden, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, und der Verbundschichten, welche auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, an einer neutralen Oberfläche, wobei ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich. Ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich ist kleiner als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich.

[0017] Bei diesen Konfigurationen werden auf der Saugseite und der Druckseite relativ dünne Verbundschichten in dem Oberflächenschichtbereich verwendet, und relativ dicke Verbundschichten werden in dem Tiefenschichtbereich verwendet. Folglich kann die Profilgenauigkeit in ausreichendem Maße durch die relativ dünnen Verbundschichten sichergestellt werden, und die Herstellkosten können durch die relativ dicken Verbundschichten reduziert werden, und insgesamt kann die Dickengenauigkeit in ausreichendem Maße sichergestellt werden.

Figurenliste

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Verbundschaukel und das Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel zur Verfügung gestellt werden, welche in der Lage sind, in ausreichendem Maße die Profilgenauigkeit und die Dicke sicherzustellen und Herstellkosten zu reduzieren. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist eine schematische Draufsicht auf eine Verbundschaukel gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht der Verbundschaukel in einem Querschnitt aufweisend ein dünnes Teil gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht der Verbundschaukel in einem Querschnitt aufweisend ein dickes Teil gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 4 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Endteils der Verbundschaukel gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 5 ist ein Erläuterungsdiagramm zum Beschreiben von Bereichen von Dicken von Verbundschichten, die die Verbundschaukel gemäß der ersten Ausführungsform bilden.

Fig. 6 ist ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 7 ist ein Erläuterungsdiagramm zum Beschreiben eines Zustands in der Mitte einer Strömung in dem Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel gemäß der ersten Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0019] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unten im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben werden. Die vorliegende Erfindung ist nicht durch die Ausführungsformen begrenzt. Komponenten in den Ausführungsformen weisen diejenigen auf, die in leichter Art und Weise durch einen Fachmann ersetzt werden können und diejenigen, die im Wesentlichen die gleichen sind. Die unten beschriebenen Komponenten können geeignet kombiniert werden.

[0020] Erste Ausführungsform **Fig. 1** ist eine schematische Draufsicht einer Verbundschaukel **10** gemäß einer ersten Ausführungsform. Die Verbundschaukel **10** weist Verbundmaterial auf. Insbesondere ist die Verbundschaukel **10** durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten in einer Schaufeldickenrichtung, die eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel **10** verbindet, gebildet. Wie gezeigt in **Fig. 1**, hat die Verbundschaukel **10** innerhalb einen internen Bereich **19**. Der interne Bereich **19** ist ein Bereich, in dem beispielsweise Material unterschiedlich zum Verbundmaterial, insbesondere geschäumtes Material, verwendet wird, um das Gewicht der Verbundschaukel **10** zu reduzieren. Die Verbundschaukel **10** ist nicht auf die Konfiguration, die den internen Bereich **19** hat, begrenzt, und kann eine Konfiguration ohne den internen Bereich **19** haben. Eine Richtung **L**, dargestellt in **Fig. 1**, ist eine Schaufellängsrichtung, die eine Richtung ist, die eine Schaufelaußenendseite und eine Schaufelfußseite der Verbundschaukel **10** miteinander verbindet. Eine Richtung **W**, gezeigt in **Fig. 1**, ist eine Schaufelbreitenrichtung, welche eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaukel **10** verbindet.

[0021] Das Verbundmaterial, welches in der Verbundschaukel **10** vorhanden ist, hat verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern und Harz, welches in die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern imprägniert ist. Beispiele des Verbundmaterials weisen Material auf, welches für ein Flugzeug, ein Automobil und ein Schiff verwendet wird. Beispiele der

verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern umfassen diejenigen erhalten durch Bündeln von mehreren Hundert bis mehreren Tausend von Elementarfasern bzw. Einzelfasern von 5 µm oder mehr und 7 µm oder weniger. Bevorzugte Beispiele der Elementarfasern bzw. Einzelfasern, die die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern bilden, umfassen Glasfasern, Kohlefasern und Aramidfasern. Die Elementarfasern bzw. Einzelfasern, die die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern bilden, sind nicht hierauf begrenzt und können andere Kunststofffasern oder Metallfasern sein. Die Darstellung der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern wird in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** und der **Fig. 7** weggelassen. In der Praxis werden dünne verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern innerhalb der Verbundschaukel **10** Seite an Seite angeordnet.

[0022] Das Harz, welches in die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern imprägniert ist, ist bevorzugt ein duroplastisches Harz, kann aber auch ein thermoplastisches Harz sein. Beispiele der duroplastischen Harze umfassen Epoxydharz, Polyesterharz und Vinylesterharz. Beispiele des thermoplastischen Harzes umfassen Polyamidharz, Polypropylenharz, Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) -Harz, Polyetheretherketon (PEEK), Polyetherketoneketon (PEKK), und Polyphenylensulfid (PPS). Jedoch ist das Harz, welches in die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern imprägniert ist, nicht hierauf begrenzt und kann andere Typen von Harz sein.

[0023] Wenn das Harz, welches in die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern imprägniert wird, ein duroplastisches Harz ist, kann das duroplastische Harz in einem erweichten Zustand, einem gehärteten Zustand und einem halb-gehärteten Zustand vorliegen. Der erweichte Zustand ist ein Zustand, bevor das duroplastische Harz thermisch gehärtet wird. Der erweichte Zustand ist ein Zustand ohne Selbsthalt, in dem die Form nicht gehalten werden kann, wenn sie nicht durch eine Stützstruktur unterstützt wird. Der erweichte Zustand ist ein Zustand, in dem das duroplastische Harz einer duroplastischen Reaktion ausgesetzt werden kann, wenn es erwärmt wird. Der gehärtete Zustand ist ein Zustand, nachdem das duroplastische Harz thermisch gehärtet wurde. Der gehärtete Zustand ist ein Zustand mit Selbsthalt, in dem die Form gehalten werden kann, sogar wenn sie nicht durch eine Stützstruktur unterstützt wird. Der gehärtete Zustand ist ein Zustand, in dem das duroplastische Harz keine duroplastische Reaktion durchlaufen kann, sogar wenn es erwärmt wird. Der halb-gehärtete Zustand ist ein Zustand zwischen dem erweichten Zustand und dem gehärteten Zustand. Der halb-gehärtete Zustand ist ein Zustand, in dem das duroplastische Harz thermisch bis auf einen Grad gehärtet wird, der niedriger ist als in dem gehärteten Zustand. Der halb-gehärtete Zustand ist ein Zustand mit Selbsthalt, in dem die Form gehalten werden kann,

sogar wenn sie nicht durch eine Stützstruktur unterstützt wird. Der halb-gehärtete Zustand ist ein Zustand, in dem das duroplastische Harz eine duroplastische Reaktion durchführen kann, wenn es erwärmt wird. Es ist bevorzugt, dass Verbundschichten, die eine Verbundschaukel **10** bilden, PREPREG-Vorimprägnate sind, in denen das duroplastische Harz sich im halb-gehärtetem Zustand befindet.

[0024] Als Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, werden Verbundschichten aufeinandergelegt, bei denen die Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern, d. h. Winkel der Anordnungsrichtung der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern in Bezug auf die Schaufellängsrichtung unterschiedlich sind. Der Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern wird derart definiert, dass die Schaufellängsrichtung 0 Grad ist und die Uhrzeigersinnrichtung eine +Richtung ist. Insbesondere die Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad sind, 90 Grad sind, +45 Grad sind und -45 Grad sind, werden mit geeigneten Verhältnissen aufeinandergelegt. Die Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, haben unterschiedliche Elastizitätsmodule in entsprechenden Richtungen, in Abhängigkeit von dem Orientierungswinkel der verstärkten Faser/Verstärkungsfasern und eine Verbundschicht, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad ist, hat das höchste Elastizitätsmodul.

[0025] Die Verbundschaukel **10** ist bevorzugt in der Schaufellängsrichtung verstärkt, d. h., das Orientierungsverhältnis in der 0-Grad-Richtung wird vergrößert, sodass eine Toleranz gegenüber einer hohen Zentrifugalkraft verbessert werden kann. Die Dicke der Verbundschaukel **10** kann reduziert werden, um das Gewicht zu reduzieren. Auf der anderen Seite nimmt, wenn die Länge der Verbundschaukel **10** erhöht wird und die Dicke hiervon vermindert wird, die Eigenfrequenz der Biegevibration ab. Deswegen kann in dem Fall, wo die Länge der Verbundschaukel **10** erhöht wird und die Dicke hiervon vermindert wird, um das Luftvolumen zu vergrößern und das Gewicht zu reduzieren, die Abnahme der Eigenfrequenz der Biegevibration durch Anheben der Anzahl der aufeinandergelegten Verbundschichten vermindert werden, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad ist, welche hohe Biege Härte haben. In anderen Worten, durch die Zunahme der Anzahl von aufeinandergelegten Schichten, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad ist, welche hohe Biege Härte haben, kann die Zunahme in der Länge und die Abnahme im Gewicht der Verbundschaukel **10** zusammen mit der Verminderung in der Abnahme der Eigenfrequenz der Biegevibration erreicht werden.

[0026] Fig. 2 ist eine schematische Querschnittsansicht der Verbundschaukel 10 in einem Querschnitt aufweisend ein dünnes Teil 10a gemäß der ersten Ausführungsform. Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in Fig. 1. Fig. 3 ist eine schematische Querschnittsansicht der Verbundschaukel 10 in einem Querschnitt aufweisend ein dickes Teil 10b gemäß der ersten Ausführungsform. Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie B-B in Fig. 1. Die Richtung T, gezeigt in Fig. 2 und Fig. 3, ist die Schaufeldickenrichtung der Verbundschaukel 10. Wie gezeigt in Fig. 2 und Fig. 3, ist das dünne Teil 10a in der Schaufeldickenrichtung dünner als das dicke Teil 10b.

[0027] Wie gezeigt in Fig. 2, weist die Verbundschaukel 10 das dünne Teil 10a auf. Das dünne Teil 10a hat einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14. Der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 ist ein Bereich von der Oberfläche auf der Saugseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung. Der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 ist ein Bereich von der Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung. Der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 liegen jeweils in einem Oberflächenschichtbereich von der Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung vor. Das dünne Teil 10a weist keine unten beschriebenen Tiefenschichtbereiche auf, d. h. keinen Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 und keinen Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18.

[0028] Wie gezeigt in Fig. 3, weist die Verbundschaukel 10 das dicke Teil 10b auf. Das dicke Teil 10b hat den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12, den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14, den Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16, den Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 und den internen Bereich 19. Der Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 ist ein Bereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung. Der Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 ist ein Bereich von der Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer Tiefe kleiner als die vorbestimmte Tiefe in der Schaufeldickenrichtung. Der Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 sind jeweils in einem Oberflächenschichtbereich an einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung vorhanden.

[0029] Wie gezeigt in Fig. 2 und Fig. 3, hat die Verbundschaukel 10 den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12, den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14, den Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16, den Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18

und den internen Bereich 19. Der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 befinden sich jeweils in einem Bereich, der auf der Saugseite in Bezug auf die Mitte in der Schaufeldickenrichtung angeordnet ist und sind in einem Schaufelteil auf der Saugseite vorhanden. Der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 sind jeweils ein Bereich, der auf der Druckseite in Bezug auf die Mitte der Schaufeldickenrichtung angeordnet ist und sind in einem Schaufelteil auf der Druckseite vorhanden. In anderen Worten hat die Verbundschaukel 10 das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite. Bei der Verbundschaukel 10 sind das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite an einer neutralen Oberfläche gekoppelt. Insbesondere sind bei der Verbundschaukel 10 der Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 an dem Schaufelteil auf der Saugseite und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 an dem Schaufelteil auf der Druckseite an der neutralen Oberfläche gekoppelt.

[0030] Bei der Verbundschaukel 10 ist in einer Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schauffellängsrichtung der Bereich des Saugseiten-Oberflächenschichtbereichs 12 und des Druckseiten-Oberflächenschichtbereichs 14 als Oberflächenschichtbereiche größer als derjenige des Saugseiten-Tiefenschichtbereichs 16 und des Druckseiten-Tiefenschichtbereichs 18 als Tiefenschichtbereiche. Insbesondere ist bei der Verbundschaukel 10 in der Ebenenrichtung umfassend die Schaufelbreitenrichtung und die Schauffellängsrichtung der Bereich von Verbundschichten in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 als Oberflächenschichtbereiche größer als der von Verbundschichten in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich 16 und dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich 18 als Tiefenschichtbereiche.

[0031] Fig. 4 ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Endteils der Verbundschaukel 10 gemäß der ersten Ausführungsform. Fig. 4 ist eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs C in Fig. 2. Wie gezeigt in Fig. 4, sind in einem Querschnitt entlang eines Ortes senkrecht zur Schauffellängsrichtung Endteile der Verbundschaukel 10 in der Schaufelbreitenrichtung, d. h. ein Vorderkantenseiten-Endteil und ein Hinterkantenseiten-Endteil der Verbundschaukel 10 gebildet aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 als Oberflächenschichtbereiche. An den Endteilen der Verbundschaukel 10 in der Schaufelbreitenrichtung sind Endteile einer Vielzahl von Verbundschichten 12s in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich 12 und Endteile einer Vielzahl von Verbundschichten 14s in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich 14 abwechselnd in Kontakt mit

einer neutralen Oberflächenseiten-Oberfläche einer Verbundschicht in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen. Insbesondere an den Endteilen der Verbundschaukel **10** in der Schaufelbreitenrichtung sind ein Berührteil **21**, in dem sich ein Endteil der Verbundschaukel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, in welchem sich ein Endteil der Verbundschaukel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet.

[0032] Bei der Verbundschaukel **10** sind die Berührteile **21** und die Berührteile **22** an den Endteilen der Schaufelbreitenrichtung abwechselnd angeordnet und deswegen, wenn verglichen mit dem Fall, wo sich das Endteil der Verbundschaukel **12s** mit dem Endteil der Verbundschaukel **14s** in Kontakt befindet, können Lagenfälle, welche Lücken sind, die in der Nähe der neutralen Oberfläche gebildet werden, wenn die Verbundschichten aufeinandergelegt werden, durch die Endteile der Verbundschichten aufgeteilt werden und klein gehalten werden. Folglich wird die Festigkeit und die Zuverlässigkeit der Verbundschaukel **10** an den Endteilen in der Schaufelbreitenrichtung verbessert. Deswegen wird bei der Verbundschaukel **10** die Form stabilisiert und die Profilgenauigkeit und die Dicke kann in ausreichendem Maße sichergestellt werden. Bei der Verbundschaukel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung symmetrisch überlappen, und somit können Herstellungskosten reduziert werden.

[0033] Fig. 5 ist eine erläuternde Darstellung zum Beschreiben der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform bilden. Beim Muster **1** der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, hat, wie gezeigt in Feld (1) in Fig. 5, die Verbundschaukel **10** einen Bereich **S1** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche und einen Bereich **D1** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** als Tiefenschichtbereiche. Ein Medianwert des Bereiches **S1**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Medianwert des Bereiches **D1**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich. Ein Durchschnittswert des Bereiches **S1**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Durchschnittswert des Bereiches **D1**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Deswegen tendiert beim Muster **1** die Dicke von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen da-

zu, kleiner zu sein als die Dicke von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Beim Muster **1** überlagern sich der Bereich **S1** und der Bereich **D1**. Deswegen wird beim Muster **1** die Tendenz an einem Teil zwischen der Dicke von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen und der Dicke von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen ersetzt. Beispielsweise ist beim Muster **1** die dickste Schicht unter den Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen dicker als die dünnste Schicht unter den Verbundschichten in den Tiefenschichtbereichen.

[0034] Beim Muster **2** der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, wie gezeigt in Feld (2) in Fig. 5, hat die Verbundschaukel **10** einen Bereich **S2** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche und einen Bereich **D2** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** als Tiefenschichtbereiche. Ein Medianwert des Bereiches **S2**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Medianwert des Bereiches **D2**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Ein Durchschnittswert des Bereiches **S2**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Durchschnittswert des Bereiches **D2**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Deswegen tendiert beim Muster **2** die Dicke jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, dazu, kleiner zu sein als die Dicke von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich. Beim Muster **2** überlagern sich der Bereich **S2** und der Bereich **D2** nur an einer bestimmten Dicke. Deswegen hat beim Muster **2** die dickste Schicht unter den Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen die gleiche Dicke wie die dünnste Schicht unter den Verbundschichten in dem Tiefenschichtbereich.

[0035] Beim Muster **3** der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaukel **10** bilden, wie gezeigt in Feld (3) in Fig. 5, hat die Verbundschaukel **10** einen Bereich **S3** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche und einen Bereich **D3** der Dicke von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** als Tiefenschichtbereiche. Ein Medianwert des Bereiches **S3**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Medianwert des Berei-

ches **D3**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Ein Durchschnittswert des Bereiches **S3**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen, ist kleiner als ein Durchschnittswert des Bereiches **D3**, d. h., ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Deswegen tendiert beim Muster **3** die Dicke von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen dazu, kleiner zu sein als die Dicke von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen. Beim Muster **3** gibt es eine vorgegebene Dickenlücke zwischen dem Bereich **S3** und dem Bereich **D3**. Deswegen ist beim Muster **3** sogar die dickste Schicht unter den Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen dünner als die dünnste Schicht unter den Verbundschichten in den Tiefenschichtbereichen.

[0036] Bei der Verbundschaukel **10**, bei irgendeinem der oben erwähnten Muster, ist die Tendenz der Dicke von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen nicht monoton. Insbesondere wird bei der Verbundschaukel **10** eine Verbundschicht dicker in der Schaukeldickenrichtung in einigen Teilen in dem Oberflächenschichtbereich und eine Verbundschicht wird dünner in anderen Teilen. Bei der Verbundschaukel **10**, bei irgendeinem der oben erwähnten Muster, ist die Tendenz der Dicke von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen nicht monoton. Insbesondere Bei der Verbundschaukel **10** wird eine Verbundschicht in der Schaukeldickenrichtung in einigen Teilen in den Tiefenschichtbereichen dicker, und eine Verbundschicht wird in anderen Teilen dünner.

[0037] Die Profilgenauigkeit der Verbundschaukel wird größer, wenn die Dicke jeder der aufeinandergelegten Schichten kleiner wird, aber die Anzahl von aufeinandergelegten Schichten nimmt zu und Herstellkosten nehmen zu. Bei der Verbundschaukel können auf der anderen Seite die Anzahl von aufeinandergelegten Schichten vermindert werden, wenn die Dicke von jeder der aufeinandergelegten Schichten größer wird, und die Herstellkosten können reduziert werden, aber die Profilgenauigkeit nimmt ab. Deswegen wird, wie oben beschrieben, eine kleine Zwangsbedingung, dass die Dicke von jeder Verbundschicht in den Oberflächenschichtbereichen dazu tendiert, kleiner zu sein als die Dicke von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich, eingeführt, so dass die Verbundschaukel **10** in ausreichender Art und Weise das Profil sicherstellen kann und die Herstellkosten reduzieren kann zur gleichen Zeit, ohne den Grad der Konstruktionsfreiheit wesentlich einzuschränken. Die Verbundschaukel **10** kann in ausreichender Art und Weise die Dickengenauigkeit insgesamt sicherstellen.

[0038] In den Verbundschichten in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche, ist es bevorzugt, dass verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern ein ausgebreitetes gewebtes Gebilde ist, in welchem ein Faserbündel, welches verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern bildet, ausgebreitet wird, um breit zu sein. In diesem Fall kann in den Verbundschichten in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche, das Faserbündel, welches die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern bildet, dünn gemacht werden und deswegen kann das Profil mit höherer Genauigkeit sichergestellt werden.

[0039] Bei der Verbundschaukel **10** wird das Saugseiten-Schaukelteil in zwei Bereiche aufgeteilt, d. h., in den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16**. Verbundschichten, die jeweils eine relativ geringe Dicke haben, werden in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** aufeinandergelegt, und Verbundschichten, die jeweils eine relativ hohe Dicke haben, werden in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** aufeinandergelegt. Es ist bevorzugt, dass an einem Mittelteil der Verbundschaukel **10** auf der Schaukelfußseite in der Schaukelbreitenrichtung die Gesamtdicke in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** kleiner ist als die Gesamtdicke in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16**, d. h., ein Saugseiten-Dickenverhältnis zwischen der Gesamtdicke in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und der Gesamtdicke in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** ist 1 oder weniger. An dem Mittelteil der Verbundschaukel **10** auf der Schaukelfußseite in der Schaukelbreitenrichtung ist das Saugseiten-Dickenverhältnis weiter bevorzugt 0,5 oder weniger, noch weiter bevorzugt 0,33 oder weniger. In diesem Fall kann bei der Verbundschaukel **10** die Profilgenauigkeit und die Dicke in ausreichender Art und Weise zuverlässiger sichergestellt werden und die Herstellkosten können für das Saugseiten-Schaukelteil reduziert werden.

[0040] Bei der Verbundschaukel **10** ist das Druckseiten-Schaukelteil in zwei Bereiche aufgeteilt, d. h., in den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18**. Verbundschichten, die jeweils eine relativ kleine Dicke haben, werden in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** aufeinandergelegt, und Verbundschichten, die jeweils eine relativ hohe Dicke haben, werden in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** aufeinandergelegt. Es ist bevorzugt, dass an einem Mittelteil der Verbundschaukel **10** auf der Schaukelfußseite in der Schaukelbreitenrichtung die Gesamtdicke in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** kleiner ist als die Gesamtdicke in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18**, d. h., ein Druckseiten-

Dickenverhältnis zwischen der Gesamtdicke in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und der Gesamtdicke in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** ist 1 oder weniger. Am Mittelteil der Verbundschaukel **10** auf der Schaukelfußseite in der Schaukelbreitenrichtung ist das Druckseiten-Dickenverhältnis bevorzugt 0,5 oder weniger, weiter bevorzugt 0,33 oder weniger. In diesem Fall kann bei der Verbundschaukel **10** die Profilgenauigkeit und die Dicke ist ausreichender Art und Weise zuverlässiger sichergestellt werden und die Herstellkosten können für das Druckseiten-Schaukelteil reduziert werden.

[0041] Bei der Verbundschaukel **10** ist das Saugseiten-Schaukelteil in zwei Bereiche aufgeteilt, d. h., in den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16**, aber ohne hierauf begrenzt zu sein, kann es auch in drei oder mehr Bereiche aufgeteilt werden. Wenn das Saugseiten-Schaukelteil bei der Verbundschaukel **10** in drei oder mehrere Bereiche aufgeteilt ist, werden Verbundschichten, die jeweils eine relativ kleine Dicke haben, von der Saugseiten-Oberfläche zu einer oberflächennäheren Schicht in der Schaukelbreitenrichtung aufeinandergelegt, und Verbundschichten, welche jeweils eine relativ hohe Dicke haben, werden von der Saugseiten-Oberfläche zu einer tiefer liegenden Schicht in der Schaukelbreitenrichtung aufeinandergelegt. In diesem Fall kann bei der Verbundschaukel **10** die Sicherstellung der Profilgenauigkeit und der Dicke und die Reduktion in den Herstellkosten für das Saugseiten-Schaukelteil fein eingestellt werden.

[0042] Bei der Verbundschaukel **10** wird das Druckseiten-Schaukelteil in zwei Bereiche aufgeteilt, d. h., in den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18**, aber ohne darauf begrenzt zu sein, kann es in drei oder mehrere Bereiche aufgeteilt werden. Wenn das Druckseiten-Schaukelteil bei der Verbundschaukel **10** in drei oder mehr Bereiche aufgeteilt wird, werden Verbundschichten, die jeweils eine relativ kleine Dicke haben, von der Druckseiten-Oberfläche auf eine oberflächennahe Schicht in der Schaukelbreitenrichtung aufeinandergelegt, und Verbundschichten, die jeweils eine relativ höhere Dicke haben, werden von der Druckseiten-Oberfläche zu einer tieferen Schicht in der Schaukelbreitenrichtung aufeinandergelegt. In diesem Fall kann bei der Verbundschaukel **10** die Sicherstellung der Profilgenauigkeit und der Dicke und die Reduktion der Herstellkosten für das Druckseiten-Schaukelteil fein eingestellt werden.

[0043] **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform zeigt. **Fig. 7** ist eine erklärende Darstellung zum Beschreiben des Zustands in der Mitte des Ablaufs in dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform. **Fig. 7** ist eine Querschnitts-

ansicht ähnlich zu **Fig. 2** und **Fig. 3**. Unter Bezugnahme auf **Fig. 6** und **Fig. 7**, wird das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben werden. Das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist ein Beispiel eines Verfahrens zum Erhalten der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform. Wie gezeigt in **Fig. 6**, weist das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S12**), einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S14**), einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S16**), einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S18**) und einen Bondingschritt (Schritt **S20**) auf.

[0044] Zuerst wird eine Saugseitenform **32**, die eine Saugseiten-Bildungsoberfläche **32a** zum Bilden der Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaukel **10** und eine flache Saugseitenformsatzoberfläche **32b** hat, vorgesehen, um die Saugseiten-Bildungsoberfläche **32a** vorzubereiten. Die Saugseitenform **32** wird derart angeordnet, dass die Saugseiten-Bildungsoberfläche **32a** in der Vertikalrichtung nach oben weist. Verbundschichten, die einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** bilden, werden auf der Saugseiten-Bildungsoberfläche **32a** der Saugseitenform **32** aufeinandergelegt (Schritt **S12**).

[0045] Als nächstes werden Verbundschichten, die einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** bilden, auf den Verbundschichten, die den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** bilden, welche auf der Saugseitenform **32** aufeinandergelegt wurden, aufeinandergelegt (Schritt **S14**). Danach wird ein geschäumtes Material, welches ein Saugseitenteil eines internen Bereichs **19** bildet, auf die Verbundschichten aufgelegt, welche den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** bilden, der auf der Saugseitenform **32** aufeinandergelegt wurde, um eine neutrale Oberfläche zu bilden.

[0046] Eine Druckseitenform **34**, welche eine Druckseiten-Bildungsoberfläche **34a** zum Bilden der Druckseiten-Oberfläche der Verbundschaukel **10** und eine flache Druckseitenbildungs-Oberfläche **34b** hat, ist vorgesehen, um die Druckseiten-Bildungsoberfläche **34a** vorzubereiten. Die Druckseitenform **34** wird derart angeordnet, dass die Druckseiten-Bildungsoberfläche **34a** in der Vertikalrichtung nach oben weist. Verbundschichten, welche einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** bilden, werden auf der Druckseiten-Bildungsoberfläche **34a** der Druckseitenform **34** aufeinandergelegt (Schritt **S16**).

[0047] Als nächstes werden Verbundschichten, die einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bilden, auf die Verbundschichten, die den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** bilden, welche auf

der Druckseitenform **34** aufeinandergelegt wurden, aufeinandergelegt (Schritt **S18**). Danach wird geschäumtes Material, welches ein Druckseiten-teil des internen Bereichs **19** bildet, auf die Verbundschichten aufgelegt, die den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bilden, der auf der Druckseitenform **34** aufeinandergelegt wurde, um eine neutrale Oberfläche zu bilden.

[0048] Die Reihenfolge von Schritt **S12** bis Schritt **S18** kann angemessen ersetzt werden, solange wie der Schritt **S14** nach dem Schritt **S12** durchgeführt wird und Schritt **S18** nach dem Schritt **S16** durchgeführt wird. Beispielsweise können die Schritte in der Reihenfolge des Schritts **S12**, Schritts **S16**, Schritts **S14** und Schritts **S18** oder in der Reihenfolge des Schritts **S16**, Schritts **S18**, Schritt **S12** und Schritts **S14** durchgeführt werden.

[0049] In den Verbundschichten, die im Schritt **S12** bis Schritt **S18** aufeinandergelegt wurden, befindet sich das duroplastische Harz in dem erweichten Zustand oder dem halb-gehärteten Zustand. Es ist bevorzugt, dass diese Verbundschichten mit dem duroplastischen Harz, welches in dem halb-gehärteten Zustand ist, vorimprägniert sind.

[0050] Bei Schritt **S12** und Schritt **S16** in dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist es bevorzugt, dass die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt werden, dass am Endteil in der Schaukelbreitenrichtung, Endteile der Verbundschichten **12s** in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und Endteile der Verbundschichten **14s** in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** in Kontakt mit der neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen werden. Insbesondere bei Schritt **S12** und Schritt **S16** in dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist es bevorzugt, dass die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt werden, dass am Endteil in der Schaukelbreitenrichtung, wo das Endteil der Verbundschaukel **12s** sich mit der Oberfläche der Verbundschaukel **14s** in Kontakt befindet, ein Berührteil **21**, und wo das Endteil der Verbundschaukel **14s** sich mit der Oberfläche der Verbundschaukel **12s** in Kontakt befindet, ein Berührteil **22**, abwechselnd angeordnet sind.

[0051] Nachdem alle Schritte **S12** bis **S18** durchgeführt wurden, wie gezeigt in **Fig. 7**, sind die Verbundschichten, welche den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** bilden, die auf der Saugseitenform **32** aufgelegt wurden und das geschäumte Material, welches das Saugseitenteil des internen Bereichs **19** bildet, welches auf der Saugseitenform **32** aufgelegt

wurde, überlappt, an einer neutralen Oberfläche mit den Verbundschichten, die den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bilden, welche auf der Druckseitenform **34** aufgelegt werden und das geschäumte Material, welches den Druckseitenteil des internen Bereichs **19** bildet, welches auf der Druckseitenform **34** aufgelegt wurde. Auf diese Art und Weise werden, wie gezeigt in **Fig. 7**, die Verbundschichten, welche den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** bilden, entsprechend ein Vor-Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12P** und ein Vor-Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16P**. Die Verbundschichten, welche den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bilden, werden entsprechend ein Vor-Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14P** und ein Vor-Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18P**. Das geschäumte Material, welches den internen Bereich **19** bildet, wird ein vor-interner Bereich **19P**.

[0052] Wenn sie sich an der neutralen Oberfläche überlappen, überlappen sich die Saugseitenformsatzoberfläche **32b** der Saugseitenform **32** und die Druckseiten-Bildungsfläche **34b** der Druckseitenform **34** derart, dass die Profilgenauigkeit und die Dicke der Verbundschaukel **10** zuverlässig sichergestellt werden kann.

[0053] Nach dem Überlappen an der neutralen Oberfläche, werden die überlappten Verbundschichten erwärmt, um das duroplastische Harz, welches in den Verbundschichten enthalten ist, vom erweichten Zustand oder dem halb-gehärteten Zustand zu dem halb-gehärteten Zustand oder dem gehärteten Zustand zu härten, wodurch die Verbundschichten gekoppelt bzw. verbunden werden (Schritt **S20**). Als ein Ergebnis werden der Vor-Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12P**, der Vor-Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14P**, der Vor-Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16P** und der Vor-Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18P** der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12**, der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14**, der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18**, in denen Verbundmaterialien entsprechend gekoppelt bzw. verbunden sind. Der vor-interne Bereich **19P** wird der interne Bereich **19**. Auf diese Art und Weise wird die Verbundschaukel **10** erhalten.

[0054] Die Verbundschaukel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** haben die Konfiguration wie oben beschrieben und deswegen werden relativ dünne Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen verwendet und relativ dicke Verbundschichten werden in den Tiefenschichtbereichen verwendet. Folglich kann bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** die Profilgenauigkeit in ausrei-

chendem Maße durch relativ dünne Verbundschichten sichergestellt werden und die Herstellkosten können durch die relativ dicken Verbundschichten reduziert werden und insgesamt kann die Dickengenaugkeit in ausreichendem Maße sichergestellt werden.

[0055] Bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** ist in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaukelbreitenrichtung und die Schaukellängsrichtung der Bereich der Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen größer als derjenige der Verbundschichten in den Tiefenschichtbereichen. Folglich kann bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** in dem Oberflächenschichtbereich, in dem die relativ dünnen Verbundschichten verwendet werden, die Profilgenauigkeit in einem breiteren Bereich in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaukelbreitenrichtung und die Schaukellängsrichtung sichergestellt werden.

[0056] Die Verbundschaukel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** haben weiterhin das dünne Teil **10a**, welches dünner ist als das dicke Teil **10b** und frei vom Tiefenschichtbereich ist. Folglich kann bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** in dem Oberflächenschichtbereich, in dem die relativ dünnen Verbundschichten verwendet werden, die Dickengenaugkeit in einem Teil, wo die Dicke in der Schaukeldickenrichtung klein ist, sichergestellt werden.

[0057] Die Verbundschaukel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** haben ein Schaukelteil auf der Saugseite und ein Schaukelteil auf der Druckseite. Das Schaukelteil auf der Saugseite und das Schaukelteil auf der Druckseite sind in einer neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden. Das Schaukelteil auf der Saugseite weist den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** auf und das Schaukelteil auf der Druckseite weist den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** auf. Folglich kann bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** auf der Saugseite und der Druckseite die Profilgenauigkeit in ausreichendem Maße durch die relativ dünnen Verbundschichten sichergestellt werden und die Herstellkosten können durch die relativ dicken Verbundschichten vermindert werden und insgesamt kann die Dickengenaugkeit in ausreichendem Maße sichergestellt werden.

[0058] Weiterhin sind bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** ein Endteil in der Schaukelbreitenrichtung aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14**

gebildet und Endteile der Verbundschichten **12s** in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und Endteile der Verbundschichten **14s** in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** sind abwechselnd in Kontakt mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen. Deswegen können bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10**, verglichen mit dem Fall, wo das Endteil der Verbundschaukel **12s** und das Endteil der Verbundschaukel **14s** in Kontakt miteinander sind, Lagenfälle, welche Lücken sind, die nahe der neutralen Oberfläche gebildet werden, wenn die Verbundschichten aufeinander gelegt werden, geteilt werden und durch die Endteile der Verbundschaukel klein gemacht werden. Auf diese Art und Weise kann bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** die Festigkeit und die Zuverlässigkeit am Endteil in der Schaukelbreitenrichtung verbessert werden. Deswegen können die Verbundschaukel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** die Form der Verbundschaukel **10** stabilisieren und deswegen in ausreichendem Maße die Profilgenauigkeit und die Dicke sicherstellen. Bei der Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht über die neutrale Oberfläche in der Schaukeldickenrichtung symmetrisch überlappen und deswegen können die Herstellkosten reduziert werden.

Zweite Ausführungsform

[0059] Bei der Verbundschaukel, offenbart in der Patentliteratur 1, überlappen sich eine große Menge von dünnen Verbundschichten symmetrisch über eine neutrale Oberfläche in der Schaukeldickenrichtung. Deswegen hat die Verbundschaukel, welche in Patentliteratur 1 offenbart wird, ein Problem dahingehend, dass Lagenfälle, welche Lücken sind, die nahe an einer neutralen Oberfläche gebildet werden, wenn Verbundschichten aufeinandergelegt werden, in großer Anzahl an der neutralen Oberfläche gebildet werden. Die Verbundschaukel, welche in Patentliteratur 1 offenbart wird, hat ein Problem dahingehend, dass die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaukelbreitenrichtung durch die große Zahl gebildeter Lagenfälle herabgesetzt sind. Eine Verbundschaukel gemäß einer zweiten Ausführungsform wurde mit Blick auf diese Probleme erdacht und es ist eine Aufgabe hiervon, eine Verbundschaukel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel anzugeben, in dem die Festigkeit und Zuverlässigkeit an einem Endteil in einer Schaukelbreitenrichtung verbessert sind.

[0060] Die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ist dahingehend unterschiedlich von der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform, dass die Tendenz der Dicke von je-

der Verbundschicht, die die Verbundschaukel, wie gezeigt in **Fig. 5**, bilden, nicht festgelegt ist. Insbesondere ist die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform von der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform dahingehend von dieser unterschiedlich, dass ein Medianwert oder ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich nicht dazu tendiert, kleiner zu sein als ein Medianwert oder ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich. Die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaukel **10** in den anderen Konfigurationen. In der Beschreibung in der zweiten Ausführungsform werden die gleichen Konfigurationen wie in der ersten Ausführungsform mit den gleichen Bezugszeichengruppen wie in der ersten Ausführungsform bezeichnet und detaillierte Beschreibungen hiervon werden weggelassen.

[0061] Ähnlich zur Verbundschaukel **10** wird die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten gebildet, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz in der Schaufeldickenrichtung imprägniert sind, gebildet werden. Die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern und das Harz, welche die Verbundschichten bilden, die bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform vorhanden sind, sind ähnlich zu den verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern und dem Harz, welche die Verbundschichten, die bei der Verbundschaukel **10** vorhanden sind, gebildet.

[0062] Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, wie gezeigt in **Fig. 2** und **Fig. 3**, hat die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12**, einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14**, einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16**, einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** und einen internen Bereich **19**. Der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** ist ein Bereich von der Oberfläche auf der Saugseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung. Der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** ist ein Bereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung. Der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** ist ein Bereich von der Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung. Der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** ist ein Bereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung.

[0063] Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, sind der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungs-

form in einem Oberflächenschichtbereich von der Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung vorhanden. Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, sind der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform in einem Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung vorhanden.

[0064] Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, hat die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ein dünnes Teil **10a** und ein dickes Teil **10b**, wie gezeigt in **Fig. 2** und **Fig. 3**. Das dünne Teil **10a** hat Oberflächenschichtbereiche, d. h., einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14**. Das dünne Teil **10a** hat keine Tiefenschichtbereiche, d. h., keinen Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und keinen Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18**. Das dicke Teil **10b** hat den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12**, den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14**, den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16**, den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** und einen internen Bereich **19**.

[0065] Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, hat die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ein Saugseiten-Schaukelteil und ein Druckseiten-Schaukelteil. Das Saugseiten-Schaukelteil ist ein Bereich, der auf der Saugseite in Bezug auf die Mitte in der Schaufeldickenrichtung angeordnet ist und weist den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** auf. Das Druckseiten-Schaukelteil ist ein Bereich, der auf der Druckseite in Bezug auf die Mitte in der Schaufeldickenrichtung angeordnet ist und weist den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** auf. Ähnlich zur Verbundschaukel **10** sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform das Saugseiten-Schaukelteil und das Druckseiten-Schaukelteil an einer neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden. Insbesondere ähnlich zur Verbundschaukel **10**, sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** an dem Saugseiten-Schaukelteil und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** an dem Druckseiten-Schaukelteil an der neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden.

[0066] Ähnlich zur Verbundschaukel **10**, ist bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform in einer Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung, der Bereich des Saugseiten-Oberflächenschichtbereichs **12** und des Druckseiten-Oberflächenschichtbereichs **14** als Oberflächenschichtbereiche größer als derjenige des Saugseiten-Tiefenschichtbereichs **16** und des Druckseiten-Tiefenschichtbereichs **18** als Tie-

fenschichtbereiche. Insbesondere ähnlich zur Verbundschaukel **10**, ist bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaukelbreitenrichtung und die Schaukel längsrichtung, der Bereich von Verbundschichten in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche größer als der von Verbundschichten in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** als Tiefenschichtbereiche.

[0067] Ähnlich zur Verbundschaukel **10** ist, wie gezeigt in **Fig. 4**, ein Endteil der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform in der Schaukelbreitenrichtung aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche gebildet. An dem Endteil der Verbundschaukel **10** in der Schaukelbreitenrichtung sind Endteile einer Vielzahl von Verbundschichten **12s** in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und Endteile einer Vielzahl von Verbundschichten **14s** in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** abwechselnd in Kontakt miteinander mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen. Insbesondere bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaukel **10** am Endteil in der Schaukelbreitenrichtung ein Berührteil **21**, wo sich ein Endteil der Verbundschaukel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, wo sich ein Endteil der Verbundschaukel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet.

[0068] Bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform sind ähnlich zur Verbundschaukel **10** die Berührteile **21** und die Berührteile **22** an dem Endteil in der Schaukelbreitenrichtung abwechselnd angeordnet. Deswegen können, verglichen mit dem Fall, wo ein Endteil einer Verbundschicht **12s** und ein Endteil einer Verbundschicht **14s** miteinander in Kontakt sind, Lagenfälle, welche Lücken sind, die gebildet werden, wenn die Verbundschichten aufeinandergelegt werden, durch die Endteile der Verbundschichten geteilt werden und klein gehalten werden. Folglich sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform, ähnlich zur Verbundschaukel **10**, die Festigkeit und Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaukelbreitenrichtung verbessert. Deswegen ist bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform, ähnlich zur Verbundschaukel **10**, die Form stabilisiert und deswegen kann die Präzision und die Dicke in ausreichender Weise sichergestellt werden. Bei der Verbundschaukel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht symmetrisch über die neutrale Oberfläche in der Schaukel-

ckenrichtung überlappen, sodass hierdurch die Herstellkosten reduziert werden können.

[0069] Ein Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ein Beispiel eines Verfahrens zum Erhalten einer Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform. Das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform weist ähnlich zu dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** gemäß der ersten Ausführungsform, wie gezeigt in **Fig. 6**, einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S12**), einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S14**), einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S16**), einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt (Schritt **S18**) und einen Bondingschritt (Schritt **S20**) auf.

[0070] Beim Schritt **S12** und Schritt **S16** in dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform werden ähnlich zu der ersten Ausführungsform die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt, dass an dem Endteil in der Schaukelbreitenrichtung Endteile der Verbundschichten **12s** in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und Endteile der Verbundschichten **14s** in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** abwechselnd in Kontakt mit der neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen sind. Insbesondere ähnlich zu der ersten Ausführungsform werden beim Schritt **S12** und Schritt **S16** in dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt, dass an dem Endteil in der Schaukelbreitenrichtung ein Berührteil **21**, wo sich ein Endteil der Verbundschaukel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, wo sich ein Endteil der Verbundschaukel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaukel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet sind. Auf diese Art und Weise kann das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform erhalten.

[0071] Die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform haben die Konfiguration wie oben beschrieben und deswegen können Lagenfälle, welche Lücken sind, die gebildet werden, wenn die Verbundschichten aufeinandergelegt werden, durch die Endteile der Verbundschichten geteilt werden und klein gehalten werden. Folglich sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel

gemäß der zweiten Ausführungsform die Festigkeit und Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung verbessert. Deswegen kann bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Form stabilisiert werden und deswegen kann die Profilgenauigkeit und die Dicke in ausreichendem Maße sichergestellt werden. Bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform brauchen sich die Verbundschichten nicht symmetrisch über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung überlappen und deswegen können die Herstellkosten reduziert werden.

[0072] Bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung, der Bereich von Verbundschichten in den Oberflächenschichtbereichen größer als derjenige von Verbundschichten in dem Tiefenschichtbereich. Folglich sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an den Endteilen der Verbundschichten weiter verbessert, an denen die Endteile in der Schaufelbreitenrichtung abwechselnd in Kontakt miteinander vorgesehen sind. Deswegen ist bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Form in einem breiteren Bereich in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung stabilisiert und deswegen kann die Profilgenauigkeit in einem breiteren Bereich in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung sichergestellt werden.

[0073] Ähnlich zur Verbundschaukel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel **10** haben die Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform weiterhin das dünne Teil **10a**, welches dünner ist als das dicke Teil **10b** und frei ist von den Tiefenschichtbereichen. Deswegen sind bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform an den Endteilen der Verbundschichten, an denen Endteile in der Schaufelbreitenrichtung abwechselnd in Kontakt miteinander vorgesehen sind, die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an einem Teil, wo die Dicke in der

Schaufeldickenrichtung klein ist, verbessert. Folglich ist bei der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaukel gemäß der zweiten Ausführungsform die Form an einem Teil, wo die Dicke in der Schaufeldickenrichtung klein ist, stabilisiert und deswegen kann die Dickengenauigkeit an einem Teil, wo die Dicke in der Schaufeldickenrichtung klein ist, sichergestellt werden.

Bezugszeichenliste

10	Verbundschaukel
10a	Dünnes Teil
10b	Dickes Teil
12	Saugseiten-Oberflächenschichtbereich
12P	Vor-Saugseiten-Oberflächenschichtbereich
12s, 14s	Verbundschicht
14	Druckseiten-Oberflächenschichtbereich
14P	Vor-Druckseiten-Oberflächenschichtbereich
16	Saugseiten-Tiefenschichtbereich
16P	Vor-Saugseiten-Tiefenschichtbereich
18	Druckseiten-Tiefenschichtbereich
18P	Vor-Druckseiten-Tiefenschichtbereich
19	Interne Bereich
19P	Vor-interne Bereich
21, 22	Berührteil
32	Saugseitenform
32a	Saugseiten-Bildungsoberfläche
32b	Saugseitenformsatzoberfläche
34	Druckseitenform
34a	Druckseiten-Bildungsoberfläche
34b	Druckseiten-Bildungsoberfläche
D1, D2, D3, S1, S2, S3	Bereich

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5375978 [0003]

Patentansprüche

1. Eine Verbundschaufel gebildet durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, wobei die Verbundschichten in einer Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt sind, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel verbindet, wobei die Verbundschaufel ein dickes Teil aufweist, welches einen Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche des dicken Teils bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung und einen Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung hat, und ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich.

2. Eine Verbundschaufel gebildet durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, wobei die Verbundschichten in einer Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt sind, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel verbindet, wobei die Verbundschaufel ein dickes Teil aufweist, welches einen Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche des dicken Teils bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung und einen Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung hat, und ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Tiefenschichtbereich.

3. Die Verbundschaufel gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei in einer Ebenenrichtung, die eine Schaufelbreitenrichtung, die eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel verbindet, und eine Schaufellängsrichtung, die eine Richtung ist, die eine Schaufelaußenendseite und eine Schaufelfußseite der Verbundschaufel verbindet, enthält, wobei ein Bereich der Verbundschichten in dem Oberflächenschichtbereich größer ist als ein Bereich der Verbundschichten in dem Tiefenschichtbereich.

4. Die Verbundschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter umfassend ein dünnes Teil, welches dünner ist als das dicke Teil und welches den Tiefenschichtbereich nicht hat.

5. Die Verbundschaufel gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, umfassend ein Schaufelteil auf der Saugseite und ein Schaufelteil auf der Druckseite, wobei das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite an einer neutralen Oberfläche gekoppelt/verbunden sind, das Schaufelteil auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Saugseite bis zu der vorbestimmten Tiefe und einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung hat, und das Schaufelteil auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe und einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung hat.

6. Die Verbundschaufel gemäß Anspruch 5, wobei ein Endteil der Verbundschaufel in einer Schaufelbreitenrichtung, die eine Richtung ist, welche eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel verbindet, aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet ist, und Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich abwechselnd im Kontakt mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen sind.

7. Eine Verbundschaufel gebildet durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, wobei die Verbundschichten in einer Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt sind, welche eine Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel verbindet, wobei die Verbundschaufel aufweist einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Saugseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung, einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Saugseite in der Schaufeldickenrichtung, einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von einer Oberfläche auf der Druckseite bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung, und einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Oberfläche auf der Druckseite in der Schaufeldickenrichtung, wobei der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich und

der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich an einer neutralen Oberfläche gekoppelt/verbunden sind, ein Endteil der Verbundschaukel in einer Schaufelbreitenrichtung, die eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaukel verbindet, aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet ist, und Endteile von Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und Endteile der Verbundschichten in der Schaufelbreitenrichtung in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich abwechselnd in Kontakt mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen sind.

8. Ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, wobei das Verfahren umfasst:

einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform, die eine Saugseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaukel hat, derart, dass ein Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von der Saugseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in einer Schaufeldickenrichtung gebildet wird, die eine Richtung ist, welche eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel verbindet,

einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelegt werden, derart, dass ein Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Saugseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird,

einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Druckseitenform, die eine Druckseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaukel hat, derart, dass ein Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von der Druckseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird,

einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, derart, dass ein Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Druckseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, und

einen Bonding- bzw. Verbindungsschritt des Kopplens und Bondens/Verbindens der Verbundschichten, die auf der Saugseitenform aufgelegt wurden, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, und der Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, an einer neutralen Oberfläche, wobei

ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich, und

ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich.

9. Ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaukel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind, wobei das Verfahren umfasst:

einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform, die eine Saugseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaukel hat, derart, dass ein Saugseiten-Oberflächenschichtbereich von der Saugseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in einer Schaufeldickenrichtung gebildet wird, die eine Richtung ist, welche eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaukel verbindet,

einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelegt sind, derart, dass ein Saugseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte Tiefe von der Saugseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird,

einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Druckseitenform, die eine Druckseiten-Bildungsoberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaukel hat, derart, dass ein Druckseiten-Oberflächenschichtbereich von der Druckseiten-Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird,

einen Druckseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet ist, derart, dass ein Druckseiten-Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die

vorbestimmte Tiefe von der Druckseiten-Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung gebildet wird, und einen Bonding- bzw. Verbindungsschritt des Koppeln und Bondens/Verbindens der Verbundschichten, die auf der Saugseitenform aufgelegt wurden, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich und der Saugseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, und der Verbundschichten, welche auf der Druckseitenform aufgelegt wurden, in der der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich gebildet wurden, an einer neutralen Oberfläche, wobei ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Saugseiten-Tiefenschichtbereich, und ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich kleiner ist als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Druckseiten-Tiefenschichtbereich.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

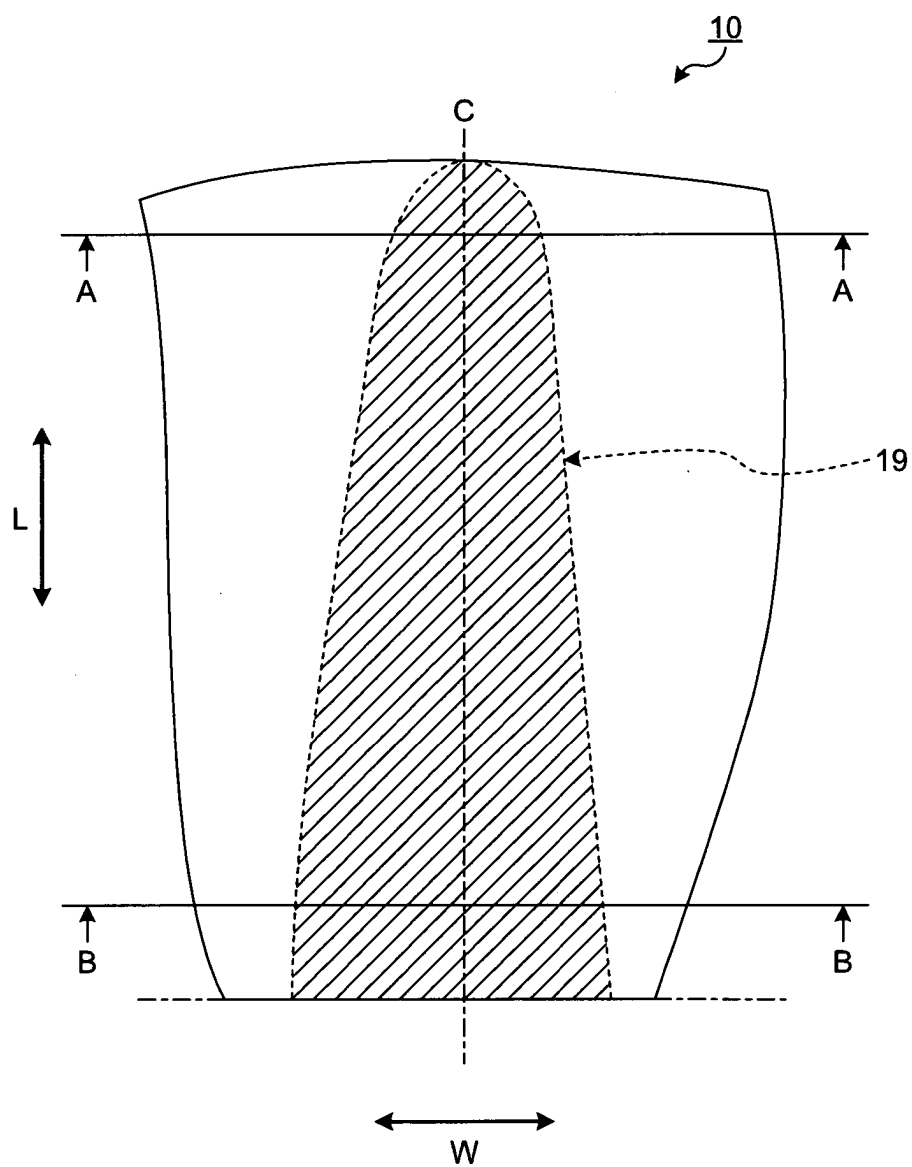


FIG.2

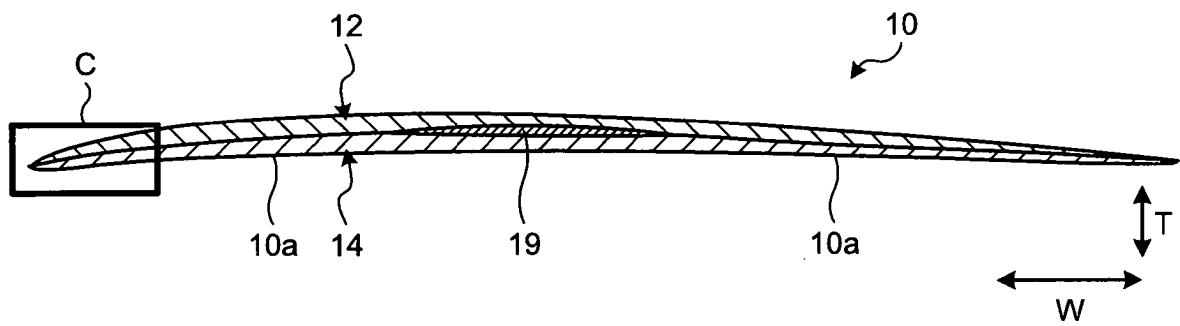


FIG.3

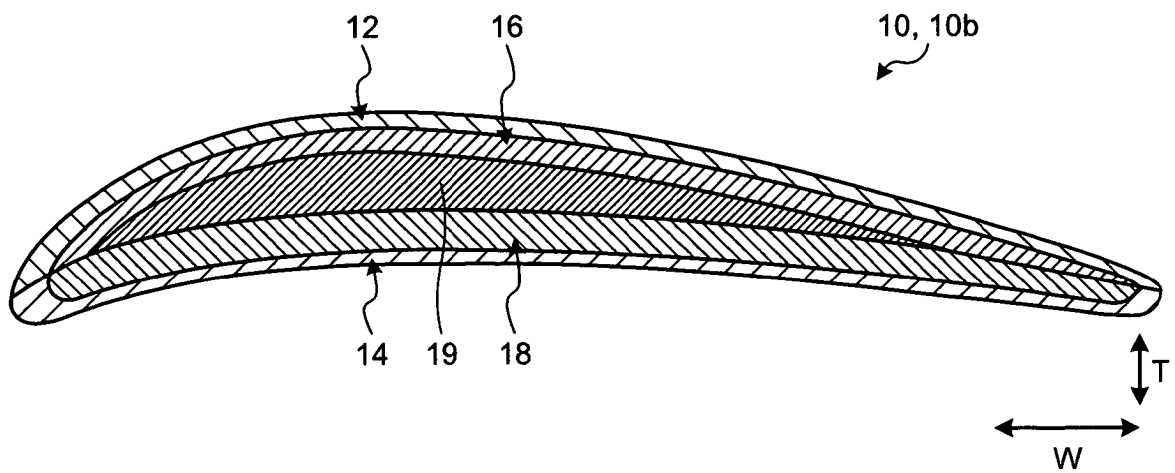


FIG.4

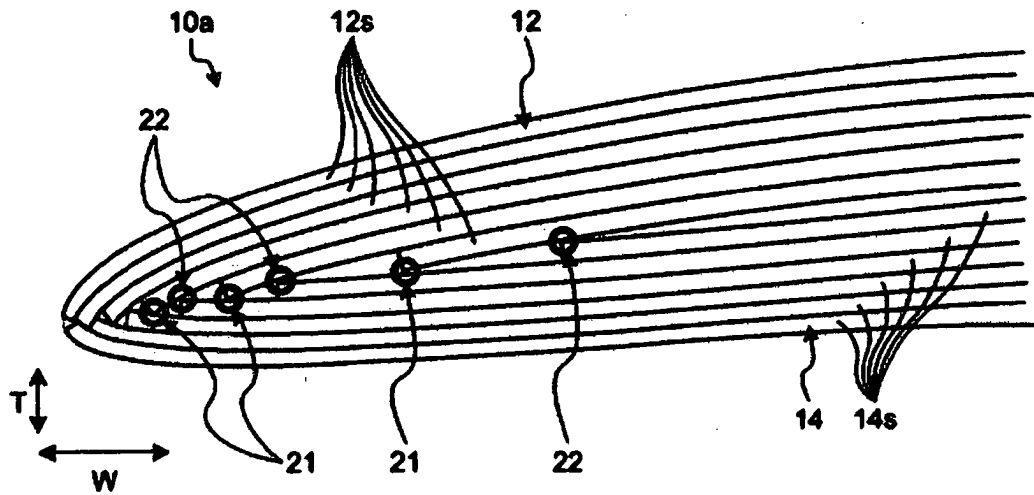


FIG.5

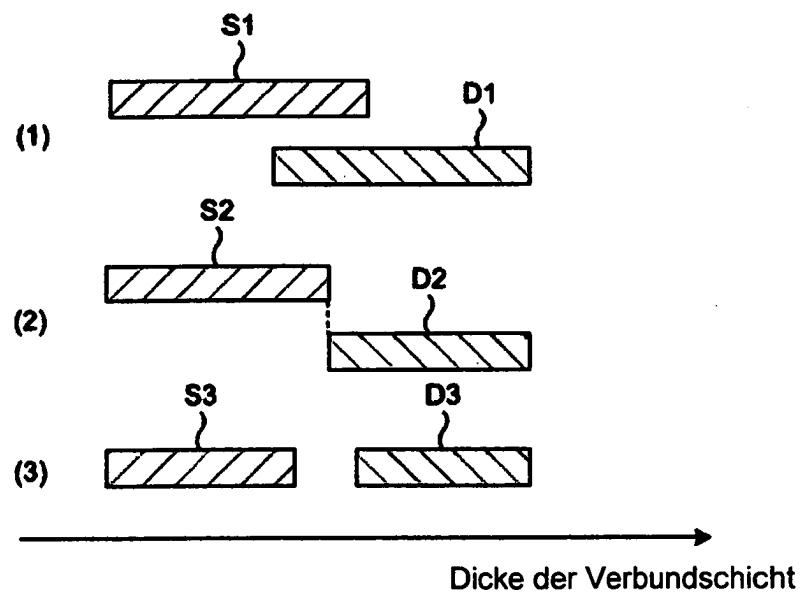


FIG.6

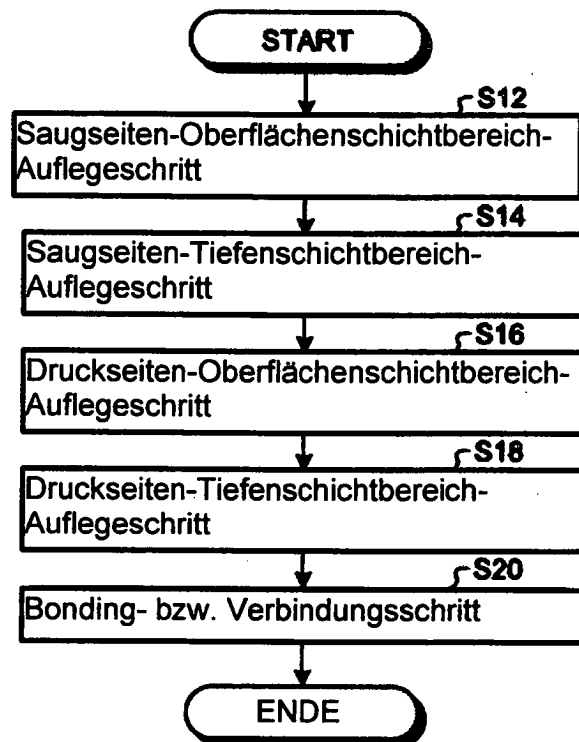


FIG.7

