



(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

(74) Vertreter:  
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,  
Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**

(71) Anmelder:  
**Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP**

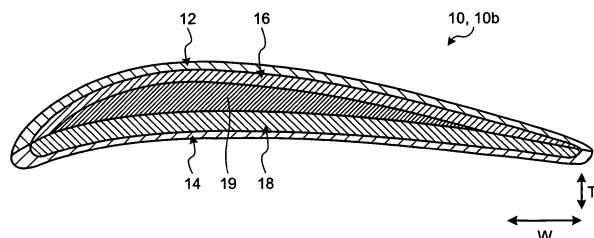
(72) Erfinder:  
**Okabe, Ryoji, Tokyo, JP; Shindo, Kentaro, Tokyo,  
JP; Kamiya, Masami, Tokyo, JP**

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 Verbundschaufel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel, welche in der Lage sind, in ausreichender Art und Weise die Genauigkeit des Profils und der Dicke sicherzustellen und die Herstellungskosten zu reduzieren. Eine Verbundschaufel 10 wird durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten gebildet, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Die Verbundschaufel 10 weist an einem dicken Teil 10b einen Oberflächenschichtbereich 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 Verbundschaufel 10 verbindet, und einen Tiefenschichtbereich in einer Tiefe größer als die vorbestimmte 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 Tiefenschichtbereich. Alternativ ist ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht in dem Oberflächenschichtbereich kleiner als ein Durchschnittswert von Dicken von jeder Verbundschicht 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 Gelegestuktur, erhalten durch das Kombinieren von langen und kurzen Verbundschichten, vorgeschlagen, um an einem Teil, wo eine Formänderung groß ist, Scherschälen 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 erheblich 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 Oberflächenseiten-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 Verbundschaufel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in welchem verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Das Verfahren weist einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform auf, die eine Saugseiten-Bildungsüberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel 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-Bildungsüberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaufel 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-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. Verbindungsenschritt des Koppelns 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 Verbundschaufel durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten, in denen verstärkte Fasern bzw. Verstärkungsfasern mit Harz imprägniert sind. Das Verfahren weist auf einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf einer Saugseitenform, die eine Saugseiten-Bildungsüberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel 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-Bildungsüberfläche zum Bilden einer Druckseiten-Oberfläche einer Verbundschaufel 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 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 Koppelns 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 Verbundschaufel und das Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß einer ersten Ausführungsform.

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

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

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

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

**Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel 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 Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10** gemäß einer ersten Ausführungsform. Die Verbundschaufel **10** weist Verbundmaterial auf. Insbesondere ist die Verbundschaufel **10** durch Aufeinanderlegen von Verbundschichten in einer Schaufeldickenrichtung, die ein Richtung ist, die eine Saugseite und eine Druckseite der Verbundschaufel **10** verbindet, gebildet. Wie gezeigt in **Fig. 1**, hat die Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** zu reduzieren. Die Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** miteinander verbindet. Eine Richtung **W**, gezeigt in **Fig. 1**, ist eine Schaufelbreitenrichtung, welche eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel **10** verbindet.

**[0021]** Das Verbundmaterial, welches in der Verbundschaufel **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 Elementarfaseren bzw. Einzelfasern von 5 µm oder mehr und 7 µm oder weniger. Bevorzugte Beispiele der Elementarfaseren bzw. Einzelfasern, die die verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern bilden, umfassen Glasfasern, Kohlefasern und Aramidfasern. Die Elementarfaseren 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 Verbundschaufel **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), Polyetherketonketon (PEKK), und Polypyrenylensulfid (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 Verbundsichten, die eine Verbundschaufel **10** bilden, PREPREG-Vorimprägnate sind, in denen das duroplastische Harz sich im halb-gehärteten Zustand befindet.

**[0024]** Als Verbundsichten, die die Verbundschaufel **10** bilden, werden Verbundsichten 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 Verbundsichten, die die Verbundschaufel **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 Verbundsichten, die die Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** kann reduziert werden, um das Gewicht zu reduzieren. Auf der anderen Seite nimmt, wenn die Länge der Verbundschaufel **10** erhöht wird und die Dicke hiervon vermindert wird, die Eigenfrequenz der Biegevibration ab. Deswegen kann in dem Fall, wo die Länge der Verbundschaufel **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 Verbundsichten vermindert werden, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad ist, welche hohe Biegehärte haben. In anderen Worten, durch die Zunahme der Anzahl von aufeinandergelegten Schichten, deren Orientierungswinkel der verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern 0 Grad ist, welche hohe Biegehärte haben, kann die Zunahme in der Länge und die Abnahme im Gewicht der Verbundschaufel **10** zusammen mit der Verminderung in der Abnahme der Eigenfrequenz der Biegevibration erreicht werden.

**[0026]** **Fig. 2** ist eine schematische Querschnittsansicht der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite. Bei der Verbundschaufel **10** sind das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite an einer neutralen Oberfläche gekoppelt. Insbesondere sind bei der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** ist 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 Tiefenschichtbereiche. Insbesondere ist bei der Verbundschaufel **10** in der Ebenenrichtung umfassend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung 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 Verbundschaufel **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 Schaufellängsrichtung Endteile der Verbundschaufel **10** in der Schaufelbreitenrichtung, d. h. ein Vorderkantenseiten-Endteil und ein Hinterkantenseiten-Endteil der Verbundschaufel **10** gebildet aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche. An den Endteilen der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** in der Schaufelbreitenrichtung sind ein Berührteil **21**, in dem sich ein Endteil der Verbundschaufel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, in welchem sich ein Endteil der Verbundschaufel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet.

**[0032]** Bei der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **12s** mit dem Endteil der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** an den Endteilen in der Schaufelbreitenrichtung verbessert. Deswegen wird bei der Verbundschaufel **10** die Form stabilisiert und die Profilgenauigkeit und die Dicke kann in ausreichendem Maße sichergestellt werden. Bei der Verbundschaufel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung symmetrisch überlappen, und somit können Herstellkosten reduziert werden.

**[0033]** **Fig. 5** ist eine erläuternde Darstellung zum Beschreiben der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform bilden. Beim Muster **1** der Bereiche der Dicken der Verbundschichten, die die Verbundschaufel **10** bilden, hat, wie gezeigt in Feld (1) in **Fig. 5**, die Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** bilden, wie gezeigt in Feld (2) in **Fig. 5**, hat die Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** bilden, wie gezeigt in Feld (3) in **Fig. 5**, hat die Verbundschaufel **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 Bereiches **D3**, d. h., ein Medianwert von Dicken von jeder Verbundschicht in den Tiefenschichtbereichen.

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 dünste Schicht unter den Verbundschichten in den Tiefenschichtbereichen.

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

**[0037]** Die Profilgenauigkeit der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** kann in ausreichender Art und Weise die Dickegenauigkeit 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, ausgebretet 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 Verbundschaufel **10** wird das Saugseiten-Schaufelteil 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 Verbundschaufel **10** auf der Schaufelfußseite in der Schaufelbreitenrichtung 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 Verbundschaufel **10** auf der Schaufelfußseite in der Schaufelbreitenrichtung ist das Saugseiten-Dickenverhältnis weiter bevorzugt 0,5 oder weniger, noch weiter bevorzugt 0,33 oder weniger. In diesem Fall kann bei der Verbundschaufel **10** die Profilgenauigkeit und die Dicke in ausreichender Art und Weise zuverlässiger sichergestellt werden und die Herstellkosten können für das Saugseiten-Schaufelteil reduziert werden.

**[0040]** Bei der Verbundschaufel **10** ist das Druckseiten-Schaufelteil 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 Verbundschaufel **10** auf der Schaufelfußseite in der Schaufelbreitenrichtung 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 Verbundschaufel **10** auf der Schaufelfußseite in der Schaufelbreitenrichtung ist das Druckseiten-Dickenverhältnis bevorzugt 0,5 oder weniger, weiter bevorzugt 0,33 oder weniger. In diesem Fall kann bei der Verbundschaufel **10** die Profilgenauigkeit und die Dicke ist ausreichender Art und Weise zuverlässiger sichergestellt werden und die Herstellkosten können für das Druckseiten-Schaufelteil reduziert werden.

**[0041]** Bei der Verbundschaufel **10** ist das Saugseiten-Schaufelteil 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-Schaufelteil bei der Verbundschaufel **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 Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt, und Verbundschichten, welche jeweils eine relativ hohe Dicke haben, werden von der Saugseiten-Oberfläche zu einer tiefer liegenden Schicht in der Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt. In diesem Fall kann bei der Verbundschaufel **10** die Sicherstellung der Profilgenauigkeit und der Dicke und die Reduktion in den Herstellkosten für das Saugseiten-Schaufelteil fein eingestellt werden.

**[0042]** Bei der Verbundschaufel **10** wird das Druckseiten-Schaufelteil 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-Schaufelteil bei der Verbundschaufel **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 Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt, und Verbundschichten, die jeweils eine relativ höhere Dicke haben, werden von der Druckseiten-Oberfläche zu einer tieferen Schicht in der Schaufeldickenrichtung aufeinandergelegt. In diesem Fall kann bei der Verbundschaufel **10** die Sicherstellung der Profilgenauigkeit und der Dicke und die Reduktion der Herstellkosten für das Druckseiten-Schaufelteil fein eingestellt werden.

**[0043]** **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben werden. Das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist ein Beispiel eines Verfahrens zum Erhalten der Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform. Wie gezeigt in **Fig. 6**, weist das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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-Bildungsüberfläche **32a** zum Bilden der Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaufel **10** und eine flache Saugseitenformsoberfläche **32b** hat, vorgesehen, um die Saugseiten-Bildungsüberfläche **32a** vorzubereiten. Die Saugseitenform **32** wird derart angeordnet, dass die Saugseiten-Bildungsüberfläche **32a** in der Vertikalrichtung nach oben weist. Verbundschichten, die einen Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** bilden, werden auf der Saugseiten-Bildungsüberfläche **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-Bildungsüberfläche **34a** zum Bilden der Druckseiten-Oberfläche der Verbundschaufel **10** und eine flache Druckseitenbildungs-Oberfläche **34b** hat, ist vorgesehen, um die Druckseiten-Bildungsüberfläche **34a** vorzubereiten. Die Druckseitenform **34** wird derart angeordnet, dass die Druckseiten-Bildungsüberfläche **34a** in der Vertikalrichtung nach oben weist. Verbundschichten, welche einen Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** bilden, werden auf der Druckseiten-Bildungsüberfläche **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 Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist es bevorzugt, dass die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt werden, dass am Endteil in der Schaufelbreitenrichtung, 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 Verbundschaufel **10** gemäß der ersten Ausführungsform ist es bevorzugt, dass die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt werden, dass am Endteil in der Schaufelbreitenrichtung, wo das Endteil der Verbundschaufel **12s** sich mit der Oberfläche der Verbundschaufel **14s** in Kontakt befindet, ein Berührteil **21**, und wo das Endteil der Verbundschaufel **14s** sich mit der Oberfläche der Verbundschaufel **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 Saugseitenform-satzoberfläche **32b** der Saugseitenform **32** und die Druckseiten-Bildungsoberfläche **34b** der Druckseitenform **34** derart, dass die Profilgenauigkeit und die Dicke der Verbundschaufel **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 härteten, 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 Verbundschaufel **10** erhalten.

**[0054]** Die Verbundschaufel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Dickengenauigkeit in ausreichendem Maße sichergestellt werden.

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

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

**[0057]** Die Verbundschaufel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** haben ein Schaufelteil auf der Saugseite und ein Schaufelteil auf der Druckseite. Das Schaufelteil auf der Saugseite und das Schaufelteil auf der Druckseite sind in einer neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden. Das Schaufelteil auf der Saugseite weist den Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und den Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** auf und das Schaufelteil auf der Druckseite weist den Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** und den Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** auf. Folglich kann bei der Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Dickengenauigkeit in ausreichendem Maße sichergestellt werden.

**[0058]** Weiterhin sind bei der Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** ein Endteil in der Schaufelbreitenrichtung 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 Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10**, verglichen mit dem Fall, wo das Endteil der Verbundschaufel **12s** und das Endteil der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel klein gemacht werden. Auf diese Art und Weise kann bei der Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** die Festigkeit und die Zuverlässigkeit am Endteil in der Schaufelbreitenrichtung verbessert werden. Deswegen können die Verbundschaufel **10** und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** die Form der Verbundschaufel **10** stabilisieren und deswegen in ausreichendem Maße die Profilgenauigkeit und die Dicke sicherstellen. Bei der Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung symmetrisch überlappen und deswegen können die Herstellkosten reduziert werden.

#### Zweite Ausführungsform

**[0059]** Bei der Verbundschaufel, offenbart in der Patentliteratur 1, überlappen sich eine große Menge von dünnen Verbundschichten symmetrisch über eine neutrale Oberfläche in der Schaufeldickenrichtung. Deswegen hat die Verbundschaufel, 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 Verbundschaufel, welche in Patentliteratur 1 offenbart wird, hat ein Problem dahingehend, dass die Festigkeit und die Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung durch die große Zahl gebildeter Lagenfälle herabgesetzt sind. Eine Verbundschaufel gemäß einer zweiten Ausführungsform wurde mit Blick auf diese Probleme erdacht und es ist eine Aufgabe hiervon, eine Verbundschaufel und ein Verfahren zum Herstellen einer Verbundschaufel anzugeben, in dem die Festigkeit und Zuverlässigkeit an einem Endteil in einer Schaufelbreitenrichtung verbessert sind.

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

der Verbundschicht, die die Verbundschaufel, wie gezeigt in **Fig. 5**, bilden, nicht festgelegt ist. Insbesondere ist die Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform von der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaufel **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 Verbundschaufel **10** wird die Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform vorhanden sind, sind ähnlich zu den verstärkten Fasern bzw. Verstärkungsfasern und dem Harz, welche die Verbundschichten, die bei der Verbundschaufel **10** vorhanden sind, gebildet.

**[0062]** Ähnlich zur Verbundschaufel **10**, wie gezeigt in **Fig. 2** und **Fig. 3**, hat die Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10**, sind der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und der Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungs-

form in einem Oberflächenschichtbereich von der Oberfläche bis zu einer vorbestimmten Tiefe in der Schaufeldickenrichtung vorhanden. Ähnlich zur Verbundschaufel **10**, sind der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** bei der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10**, hat die Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10**, hat die Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform ein Saugseiten-Schaufelteil und ein Druckseiten-Schaufelteil. Das Saugseiten-Schaufelteil 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-Schaufelteil 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 Verbundschaufel **10** sind bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform das Saugseiten-Schaufelteil und das Druckseiten-Schaufelteil an einer neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden. Insbesondere ähnlich zur Verbundschaufel **10**, sind bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform der Saugseiten-Tiefenschichtbereich **16** an dem Saugseiten-Schaufelteil und der Druckseiten-Tiefenschichtbereich **18** an dem Druckseiten-Schaufelteil an der neutralen Oberfläche gekoppelt bzw. miteinander verbunden.

**[0066]** Ähnlich zur Verbundschaufel **10**, ist bei der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10**, ist bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform in der Ebenenrichtung aufweisend die Schaufelbreitenrichtung und die Schaufellängsrichtung, 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 Verbundschaufel **10** ist, wie gezeigt in **Fig. 4**, ein Endteil der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform in der Schaufelbreitenrichtung aus dem Saugseiten-Oberflächenschichtbereich **12** und dem Druckseiten-Oberflächenschichtbereich **14** als Oberflächenschichtbereiche gebildet. An dem Endteil der Verbundschaufel **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 miteinander mit neutralen Oberflächenseiten-Oberflächen von Verbundschichten in dem anderen Oberflächenschichtbereich vorgesehen. Insbesondere bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaufel **10** am Endteil in der Schaufelbreitenrichtung ein Berührteil **21**, wo sich ein Endteil der Verbundschaufel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, wo sich ein Endteil der Verbundschaufel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet.

**[0068]** Bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform sind ähnlich zur Verbundschaufel **10** die Berührteile **21** und die Berührteile **22** an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform, ähnlich zur Verbundschaufel **10**, die Festigkeit und Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung verbessert. Deswegen ist bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform, ähnlich zur Verbundschaufel **10**, die Form stabilisiert und deswegen kann die Profilgenauigkeit und die Dicke in ausreichender Weise sichergestellt werden. Bei der Verbundschaufel **10** müssen sich die Verbundschichten nicht symmetrisch über die neutrale Oberfläche in der Schaufeldi-

ckenrichtung überlappen, sodass hierdurch die Herstellkosten reduziert werden können.

**[0069]** Ein Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ein Beispiel eines Verfahrens zum Erhalten einer Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform. Das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform weist ähnlich zu dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel 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 Schaufelbreitenrichtung 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform die Verbundschichten **12s** und die Verbundschichten **14s** derart aufeinandergelegt, dass an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung ein Berührteil **21**, wo sich ein Endteil der Verbundschaufel **12s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **14s** in Kontakt befindet und ein Berührteil **22**, wo sich ein Endteil der Verbundschaufel **14s** mit der Oberfläche der Verbundschaufel **12s** in Kontakt befindet, abwechselnd angeordnet sind. Auf diese Art und Weise kann das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform die Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform erhalten.

**[0071]** Die Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel

gemäß der zweiten Ausführungsform die Festigkeit und Zuverlässigkeit an dem Endteil in der Schaufelbreitenrichtung verbessert. Deswegen kann bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform die Form stabilisiert werden und deswegen kann die Profilgenauigkeit und die Dicke in ausreichendem Maße sichergestellt werden. Bei der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform ist ähnlich zur Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel **10** und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel **10** haben die Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und das Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel gemäß der zweiten Ausführungsform und dem Verfahren zum Herstellen der Verbundschaufel 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

<b>10</b>	Verbundschaufel
<b>10a</b>	Dünnes Teil
<b>10b</b>	Dickes Teil
<b>12</b>	Saugseiten-Oberflächenschichtbereich
<b>12P</b>	Vor-Saugseiten-Oberflächenschichtbereich
<b>12s, 14s</b>	Verbundschicht
<b>14</b>	Druckseiten-Oberflächenschichtbereich
<b>14P</b>	Vor-Druckseiten-Oberflächenschichtbereich
<b>16</b>	Saugseiten-Tiefenschichtbereich
<b>16P</b>	Vor-Saugseiten-Tiefenschichtbereich
<b>18</b>	Druckseiten-Tiefenschichtbereich
<b>18P</b>	Vor-Druckseiten-Tiefenschichtbereich
<b>19</b>	Interne Bereich
<b>19P</b>	Vor-interne Bereich
<b>21, 22</b>	Berührteil
<b>32</b>	Saugseitenform
<b>32a</b>	Saugseiten-Bildungsüberfläche
<b>32b</b>	Saugseitenformsatz-oberfläche
<b>34</b>	Druckseitenform
<b>34a</b>	Druckseiten-Bildungsüberfläche
<b>34b</b>	Druckseiten-Bildungsüberfläche
<b>D1, D2, D3, S1, S2, S3</b>	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. Verstärkungfasern 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. Verstärkungfasern 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 Schaufelaußenseite 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. Verstärkungfasern 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 Verbundschaufel in einer Schaufelbreitenrichtung, die eine Richtung ist, die eine Vorderkantenseite und eine Hinterkantenseite der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel 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-Bildungs-oberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel verbindet,

einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelagert 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-Bildungs-oberfläche zum Bilden einer Druckseiten- Oberfläche einer Verbundschaufel 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 Koppelns 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 Verbundschaufel 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-Bildungs-oberfläche zum Bilden einer Saugseiten-Oberfläche der Verbundschaufel 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 Verbundschaufel verbindet,

einen Saugseiten-Tiefenschichtbereich-Auflegeschritt des Auflegens von Verbundschichten auf den Verbundschichten, die auf der Saugseitenform, in der der Saugseiten-Oberflächenschichtbereich gebildet wurde, aufeinandergelagert 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-Bildungs-oberfläche zum Bilden einer Druckseiten- Oberfläche einer Verbundschaufel 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 Koppelns 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

FIG.1

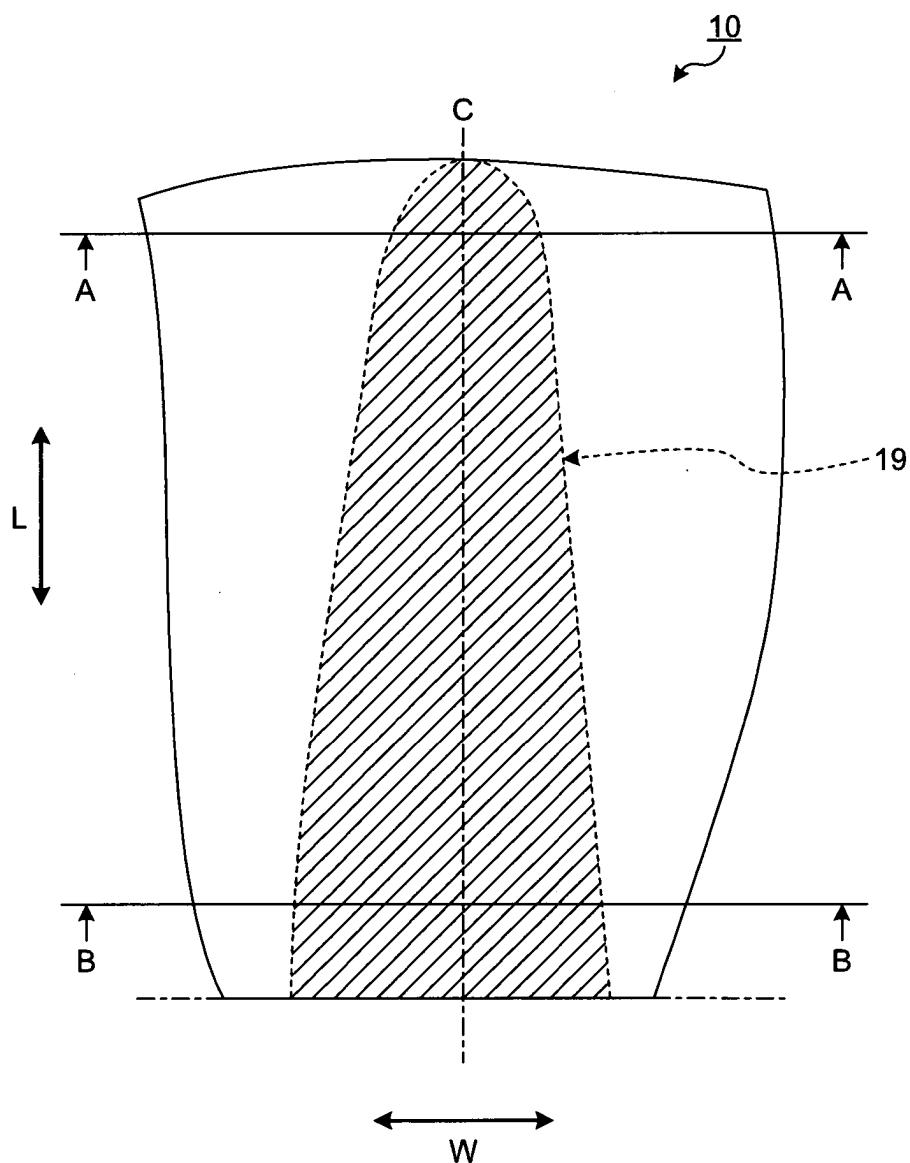


FIG.2

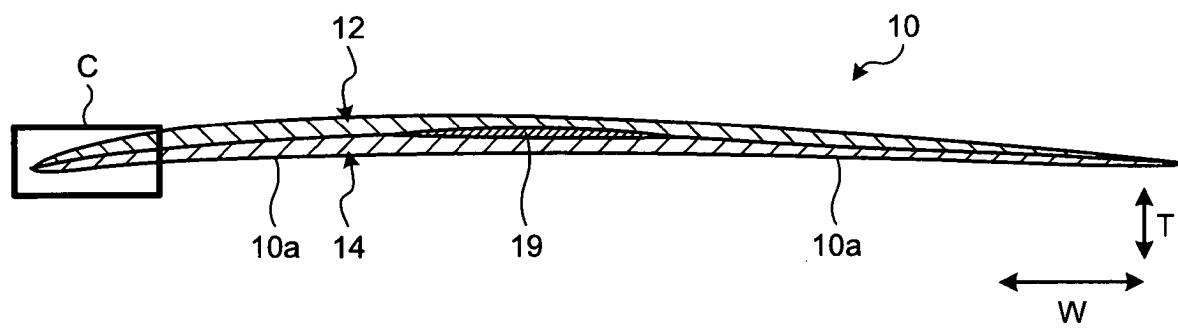
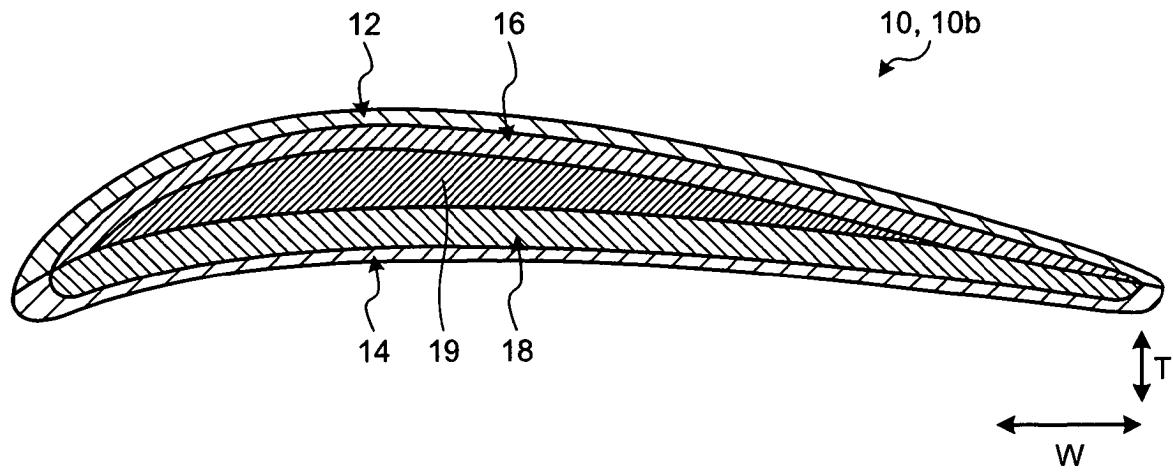
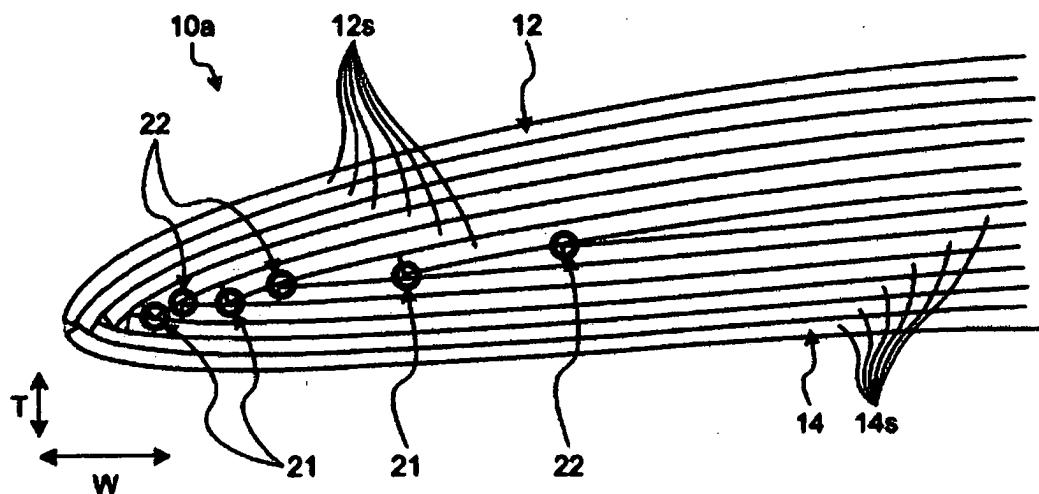


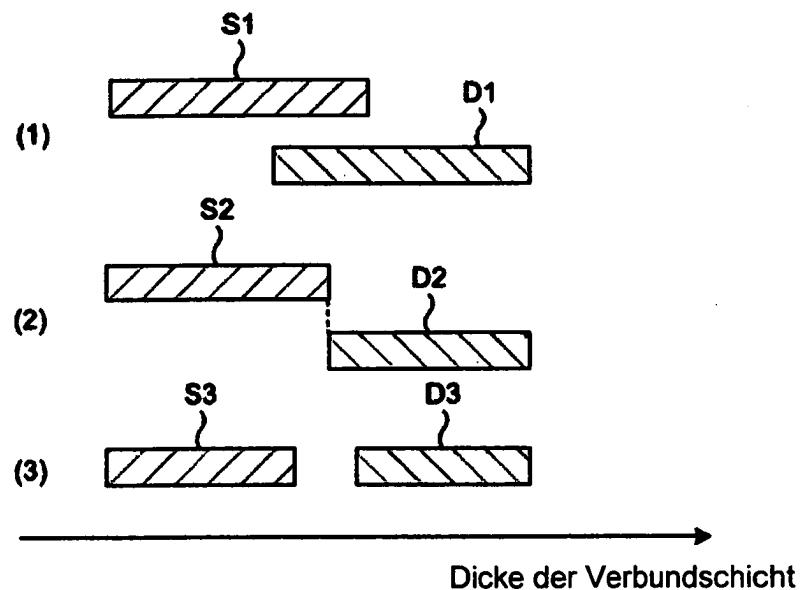
FIG.3



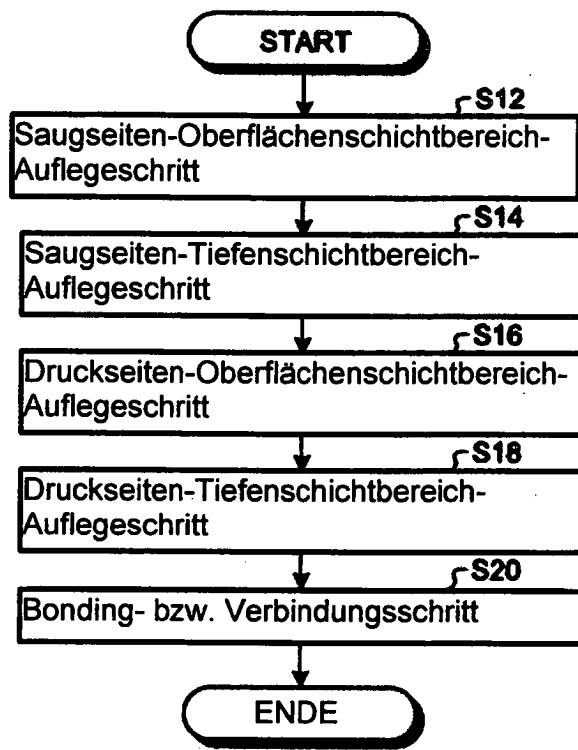
**FIG.4**



**FIG.5**



**FIG.6**



**FIG.7**

