(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 057 708 A1** 2010.05.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 057 708.1**
(22) Anmeldetag: **17.11.2008**
(43) Offenlegungstag: **27.05.2010**

(51) Int Cl.[8]: ***D04H 3/04*** (2006.01)
D04H 3/12 (2006.01)

(71) Anmelder:
Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE;
EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn, DE

(74) Vertreter:
Maiwald Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80335 München

(72) Erfinder:
Zahlen, Pierre, 21680 Stade, DE; Schiebel, Patrick, 28205 Bremen, DE; Teich, Benjamin, 21682 Stade, DE; Röttjer, Jan, 21680 Stade, DE; Strachauer, Frank, 82319 Starnberg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

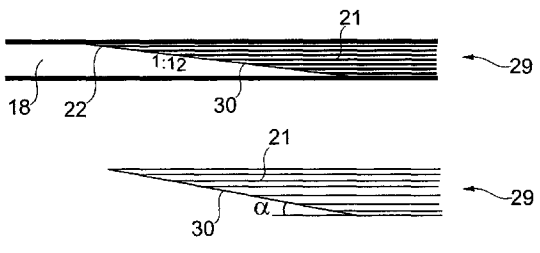
DE	60 2005 002300	T2
DE	602 22 206	T2
DE	601 04 046	T2
DE	27 21 651	C3
DE	10 2004 060674	A1
DE	100 05 202	A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Halbzeugzuschnitt**

(57) Zusammenfassung: Für ein einfacheres und kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Kunststoffs mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Werkstückbereichen wird ein Faserverbundvorformling (29) zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks vorgeschlagen, der wenigstens eine Lage (21) eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern aufweist, die zumindest vorübergehend plattenartig stabilisierbar sind. Wenigstens ein Rand des Faserverbundvorformlings ist bearbeitet und in Richtung einer Plattendicke der plattenartig stabilisierten Hochleistungsfasern ist eine zusammenhängende Schnittfläche (30) gegeben. Der Faserverbundvorformling (29), dessen bearbeiteter Rand vorzugsweise eine Schräge mit einem Winkel von 2° bis 7° aufweist, wird z.B. mit einem weiteren Material, das im Übergangsbereich eine korrespondierende Randgeometrie aufweist, zusammengesetzt, beispielsweise einem Schaumkern (18). Durch Zugeben bzw. Verfestigen eines Matrixmaterials werden die beiden Werkstückbereiche bzw. Materialien anschließend verfestigt bzw. miteinander verbunden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung befasst sich mit Faserverbundvorformlingen zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks, einem Faserverbundwerkstück sowie einem Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Materialien.

[0002] Es ist bekannt, bei besonders beanspruchten Konstruktionen, bzw. Konstruktionen mit speziellen Anforderungen, Kompositwerkstoffe zu verwenden. Dabei kommt z. B. ein Werkstoff zum Einsatz, der aus mehreren Komponenten zusammengesetzt ist. Beispielsweise sind Faserverbundwerkstoffe bekannt, die im Allgemeinen aus zwei Komponenten bestehen, die beide auf ihre jeweilige spezifische Belastung ausgerichtet sind und so in der Kombination zu einem Werkstoff mit verbesserten Eigenschaften führen. Ein Beispiel dafür sind faserverstärkte Kunststoffe, auch als Faserverbundkunststoff bekannt, bei denen Verstärkungsfasern in einer Kunststoffmatrix eingelegt sind, welche die Fasern umgibt. Mit Faserkunststoffverbunden lassen sich hohe spezifische Steifigkeiten und Festigkeiten erreichen, weshalb sie zum Beispiel im Bereich des Hochleistungsleichtbaus, wie zum Beispiel bei Luftfahrtzeugen, Schienenfahrzeugen und anderen Fahrzeugen, zum Einsatz kommen. Für besonders beanspruchte Bauteile ist es bekannt, die sogenannte Sandwichbauweise zu verwenden. Dabei werden Faserverbundwerkstoffe mit einem Kernwerkstoff kombiniert, um die Leistungsfähigkeit des Bauteils zu verbessern und gleichzeitig das Gewicht zu reduzieren. Im Bereich der Hochleistungstechnologie, zum Beispiel bei stark beanspruchten Bauteilen im Luftfahrzeugbau, stellen die Übergangsbereiche zwischen einem Faserkunststoffverbund und einem Kernwerkstoff, beispielsweise einem Schaumkern, die besonders zu beachtenden Punkte dar. Dies hängt nicht zuletzt auch damit zusammen, dass aus flächigen Bereichen des Bauteils hohe Kräfte an die Tragstruktur abgeführt werden müssen. Dabei werden die Kräfte aus dem flächigen Bereich, d. h. dem Bereich, in welchem sich der Schaumkern befindet, in einen sogenannten monolithischen Bereich eingeleitet, so dass der Übergangsbereich zwischen Schaumkern zum monolithischen Bereich eine entscheidende Rolle spielt. Für eine möglichst gute Kraftübertragung wird der Übergangsbereich beispielsweise rampenförmig ausgebildet. Um eine möglichst gute Verbindung am Problembereich Übergang von Schaumkern zu kohlestofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) zu erhalten und einen möglichst gleichmäßigen Steifigkeitsübergang zu gewährleisten, ist es bekannt, einzelne CFK-Lagen auszulegen, die in ihren Abmessungen an den keilförmigen Rand des Schaumkerns angepasst sind. Das Auslegen von einzelnen CFK-Lagen bedeutet jedoch einen sehr hohen Aufwand, der das Verfahren für eine Serienproduktion mit großer Stückzahl unrentabel macht. Anstelle vieler textiler Einzellagen ist es daher bekannt, sogenannte Vorformlingplatten anzufertigen, bei denen mehrere Lagen stufenartig zu einem Vorformling zusammengefasst sind. Dadurch lässt sich die Anzahl der zu verlegenden Lagen, d. h. bei einem plattenförmigen Werkstoff die Anzahl der Platten, im Gegensatz zu den einzelverlegten CFK-Lagen erheblich reduzieren. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es bei dem anschließenden Schritt der Zugabe des Matrixwerkstoffs und des Aushärtens oftmals zu Wellen im Bauteil und an der Oberfläche des Laminats kommt. Ursächlich für diese Wellen sind die Stufen im Übergangsbereich, die sich aus den gestuft angeordneten Vorformlingplatten ergeben. Da die Hochleistungsbauteile, bei denen ein Schaumkern mit einem rampenförmigen Übergang zum Einsatz kommt, in der Regel nur sehr geringe Welligkeiten im Laminat oder Fehler in ihrer Oberfläche aufweisen dürfen, wird bei derartigen Bauteilen nicht auf die Verwendung von Vorformlingplatten zurückgegriffen. Vielmehr werden hier die CFK-Lagen einzeln ausgelegt und in ihren Abmessungen an die Rampengeometrie angepasst. Genau genommen, liegt auch bei den einzeln ausgelegten CFK-Lagen ein treppenartiger Übergang zwischen dem CFK-Bereich und dem Schaumkern vor, jedoch kommt es aufgrund der sehr geringen Dicke der einzelnen CFK-Lagen nicht zu einer Abbildung von signifikanten Wellen im Laminat und an der Oberseite des Verbundbauteils. Ein großer Nachteil besteht dabei aber darin, dass das Verfahren sehr aufwendig und damit sehr teuer ist. Es eignet sich daher nur sehr bedingt für eine Serienfertigung, bzw. es verteuert eine Serienfertigung. Aus der DE 10 2004 060 674 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines flächigen Faserformlings bekannt. Dabei werden Faseranordnungen auf einem Transportbahnsystem derart abgelegt, dass bereits in einem ersten Verfahrensstadium ein endkonturengenauer Faservorformling angefertigt werden kann. Die ausgelegte Faseranordnung wird anschließend fixiert, beispielsweise vernäht.

[0003] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Faserverbundvorformling zur Verfügung zu stellen und ein einfacheres und kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Kunststoffs mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Materialien zu ermöglichen.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Faserverbundvorformling, ein Faserverbundwerkstück und ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks nach einem der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

[0005] In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Faserverbundvorformling zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks vorgesehen, der wenigstens eine Lage eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern aufweist, die zumindest vorübergehend

plattenartig stabilisierbar sind, wobei wenigstens ein Rand des Faserverbundvorformlings bearbeitet ist und in Richtung einer Plattendicke der plattenartig stabilisierten Hochleistungsfasern eine zusammenhängende Schnittfläche gegeben ist.

[0006] Dadurch ist es möglich, anstelle mehrerer einzelner CFK-Lagen einen Vorformling einzusetzen, dessen Rand an die Geometrie des Bauteils angepasst ist, wobei sich die Geometrie beispielsweise aus den zu übertragenden Kräften und dem sich daraus ergebenden Kraftverlauf bzw. der resultierenden Kraftverteilung ergibt. Zum Beispiel kann der Faserverbundvorformling auch an ein daran anschließendes zweites Material angepasst sein. Dies ergibt dann eine möglichst gute Kontaktfläche zwischen den zwei Materialien. Bei dem zweiten Material kann es sich beispielsweise um einen weiteren Faserverbundvorformling handeln.

[0007] Da der Rand des Vorformlings durch die Bearbeitung an die Randgeometrie des angrenzenden weiteren Materials angepasst ist, lassen sich beispielsweise absatzfreie und vor allem im Ergebnis wellenfreie Übergänge erreichen, d. h. bezogen auf die Welligkeit im Laminat und an der Außenflächen des Werkstücks sehr geringe Toleranzen und hohe Oberflächenqualitäten. Die Verwendung eines Vorformlings ermöglicht höhere Legeleistungen, d. h. eine schnellere Fertigung des Werkstücks. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sich die Anzahl der erforderlichen Zuschnitte im Vergleich zum Zuschneiden vieler einzelner CFK-Lagen erheblich reduziert, da der Zuschnitt durch die Bearbeitung des Faserverbundformlings sozusagen ersetzt wird. Die Anpassung des Faserhalbzeugs an die Geometrie des Übergangs zwischen zwei Materialien ermöglicht die Ausbildung einer insgesamt durchgehenden Matrix. Der Rand ist vorzugsweise mechanisch bearbeitet.

[0008] Bei dem Faserhalbzeug handelt es sich vorzugsweise um sogenanntes trockenes Halbzeug, was eine möglichst einfache Randbearbeitung erlaubt und einen Faserverbundvorformling zur Verfügung stellt, der sich von zusammengesetzten einzelnen Lagen bezogen auf die weiteren Herstellungsschritte nicht unterscheidet.

[0009] Vorzugsweise weist die zusammenhängende Schnittfläche angeschnittene Hochleistungsfasern auf.

[0010] Dadurch lassen sich wesentlich höhere Kräfte zwischen zwei Materialien übertragen, da der dafür notwendige Matrixanteil, d. h. der zwischen den zwei Materialien befindliche Matrixanteil im Bereich des Übergangs, auf ein Minimum reduziert ist und das Laminat frei von signifikanten Wellen ist.

[0011] Das plattenartige Stabilisieren dient der Bearbeitung des Rands. Bei der Bearbeitung ist vorgesehen, dass an mindestens einem Rand eine zusammenhängende Schnittfläche angebracht wird, indem Material weggenommen wird. Dies kann durch Abtragen von Material, beispielsweise Abfräsen oder Hobeln, erfolgen. Das Wegnehmen des Materials kann auch durch Abtrennen erfolgen, beispielsweise durch Schneiden. Das Anbringen der Schnittfläche erfolgt dabei in Abhängigkeit der verwendeten Stabilisierung. Je nach Stabilisierung ist es beispielsweise auch möglich, das textile Material in der Art eines Geweberasierers durch viele kleine Abschervorgänge zu bearbeiten.

[0012] Das Fixieren der Hochleistungsfasern erfolgt vorzugsweise durch einen Binder, der beispielsweise pulverförmig aufgebracht wird.

[0013] Das Stabilisieren durch einen Binder hat den Vorteil, dass sich die an sich sehr flexiblen und schwierig zu handhabenden Hochleistungsfasern in der Art einer Platte handhaben lassen. Bei einem derartigen Binder handelt es sich beispielsweise um ein pulverförmig aufgetragenes Material, durch das nach einer Aktivierung des Binders die Hochleistungsfasern einen gewissen Halt aneinander erfahren.

[0014] Das Fixieren der Fasern kann in einer alternativen Ausführungsform auch durch Änderung der Festigkeit eines zugegebenen Materials erfolgen, d. h. z. B. durch Temperaturabsenkung eines zweiten Materials. Dabei kann es sich um ein Matrixmaterial handeln, das für den späteren Fertigungsprozess vorgesehen ist.

[0015] Das Anbringen einer Schnittfläche kann dann erfolgen, wenn der Faserverbundvorformling stabilisiert ist.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Faserverbundvorformling ein Prepreg auf, bei dem die Hochleistungsfasern mit einem Matrixmaterial getränkt sind, das bei Temperaturabsenkung die Hochleistungsfasern temporär fixiert.

[0017] Die Verwendung eines Prepregs hat den Vorteil, dass in diesem bereits Matrixmaterial vorgesehen ist, welches in weiteren Fertigungsschritten dann zur Aushärtung kommen kann. Da es sich bei dem Matrixmaterial in der Regel um ein bei Normaltemperaturen, d. h. bei ca. 20°C, relativ weiches und unter Umständen auch klebriges Material handelt, das die Hochleistungsfasern zwar aneinanderhält, jedoch noch keine plattenartige Stabilisierung herbeiführt, wird der Faserverbundvorformling zumindest temporär so weit abgekühlt, d. h. mit anderen Worten tiefgefroren, bis das verwendete Matrixmaterial eine ausreichende Harte aufweist, um die zusammenhängende Schnittfläche an wenigstens einem Rand des

Faserverbundvorformlings anzubringen.

[0018] Unter zusammenhängende Schnittfläche wird eine Schnittfläche verstanden, die in Schnittrichtung, d. h. von Ober- zu Unterseite durchgehend ist, also durchaus eine Krümmung aufweisen kann, aber im Gegensatz zu einer Abtreppung keine voneinander getrennten Flächen aufweist.

[0019] Weiter bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei der die Schnittfläche im Wesentlichen schräg zur Fläche des Vorformlings verläuft.

[0020] Dadurch lassen sich besonders gute Übergänge erzeugen, wodurch die Leistungsfähigkeit des Bauteils erhöht wird.

[0021] Vorzugsweise bildet die Schnittfläche einen Winkel zur Fläche des Vorformlings, der kleiner als 30 Grad ist.

[0022] Bei diesem Winkel handelt es sich um denjenigen Bereich, der sich für eine Kraftübertragung besonders eignet.

[0023] Vorzugsweise beträgt der Winkel der Schnittfläche zwei Grad bis zehn Grad.

[0024] Diese Winkelangaben entsprechen weitestgehend einem Steigungsverhältnis von 1:10 bis 1:20. Der Bereich von 2 Grad bis 10 Grad stellt einerseits sicher, dass die Kraftübertragung möglichst gut erfolgen kann. Andererseits handelt es sich dabei um Schrägen, die sich fertigungstechnisch auch noch gut handhaben lassen. Theoretisch wäre eine noch bessere Kraftübertragung bei noch kleineren Winkeln zu erwarten, jedoch wäre hier der dafür erforderliche Aufwand bei der Bearbeitung des Rands durch das erreichte Ergebnis in der Regel nicht gerechtfertigt.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Faserverbundvorformling ein Flächengewicht von mindestens 500 g/m^2 auf.

[0026] Bei einem solchen Flächengewicht lassen sich ausreichend hohe Verlegeleistungen erreichen.

[0027] Vorzugsweise kann das Flächengewicht auch mehr als 1000 g/m^2 pro Quadratmeter erreichen, um eine noch bessere Verlegeleistung zu ermöglichen.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Hochleistungsfasern aus Glas-, Kohle, Aramid- und/oder Bohrfasern realisiert.

[0029] Dadurch erhält lassen sich Vorformlinge mit besonders guten mechanischen Eigenschaften, d. h. mit besonders hoher Tragfähigkeit, zur Verfügung stellen.

[0030] Vorzugsweise sind die Hochleistungsfasern mit Kohlestofffasern realisiert. Diese Fasern zeichnen sich durch besonders hohe Festigkeiten und Steifigkeiten aus. Darüber hinaus weisen sie auch ein geringeres Gewicht auf, als z. B. Glasfasern.

[0031] Erfindungsgemäß ist auch ein Faserverbundwerkstück mit einem Matrixmaterial und wenigstens zwei Werkstückbereichen sowie einem Übergangsbereich zwischen den wenigstens zwei Werkstückbereichen vorgesehen, bei dem wenigstens ein Faserverbundvorformling nach einer der vorgehend beschriebenen Ausführungsformen vorgesehen ist, dessen bearbeiteter Rand im Übergangsbereich angeordnet ist.

[0032] Dadurch wird ein Werkstück zur Verfügung gestellt, das sich dadurch auszeichnet, dass es sich für eine besonders effiziente Kraftübertragung zwischen den zwei Werkstückbereichen über den einen dazwischenliegenden Übergangsbereich eignet. Der Begriff Werkstückbereich bezieht sich auf Bereiche des Werkstücks mit anderen Eigenschaften, insbesondere mit anderen mechanischen Eigenschaften. Dabei kann es sich z. B. um Bereiche mit unterschiedlichem Querschnitt bei gleicher Materialzusammensetzung oder auch um Bereiche mit unterschiedlichen Materialzusammensetzungen bei gleichem oder verändertem Querschnitt handeln. In der Regel treten Querschnittsveränderungen beispielsweise in Verstärkungsbereichen auf; beispielsweise kommt es bei einem als Verstärkungsbereich ausgebildeten ersten Bereich, z. B. zur Lasteinleitung an einer Bolzenverbindungsstelle, im Übergang zu einem flächigen Bereich nicht zu sogenannten Steifigkeitssprüngen. Außerdem lässt sich das Faserverbundwerkstück einfacher herstellen, da zu seiner Fertigung weniger Schritte erforderlich sind. Gleichzeitig weist ein Werkstück aus zwei Materialien, wobei damit auch zwei unterschiedliche Bereiche aus dem gleichen Material gemeint sind, beispielsweise bei zwei Faserverbundvorformlingen, im Übergangsbereich zum Beispiel keine Wellen mehr auf, und entspricht so hohen Anforderungen an den geradlinigen und wellenfreien Verlauf der Verstärkungsfasern.

[0033] Vorzugsweise ist bei dem Faserverbundwerkstück in dem einen der beiden Werkstückbereiche als zweites Material ein Kernwerkstoff vorgesehen, wobei der Kernwerkstoff einen Rand aufweist, der in seiner Kontur an den bearbeiteten Rand des Faserverbundvorformlings angepasst ist.

[0034] Der Übergangsbereich der beiden Werkstückbereiche liegt in dieser Ausführungsform also als Übergang zwischen zwei Materialen vor, die in ihren Randausbildungen aneinander angepasst sind. Dadurch ist gewährleistet, dass die beiden Materialien möglichst aneinander anliegen, so dass in diesem Bereich ein minimaler Matrixmaterialanteil erfor-

derlich ist, was eine hohe Leistungsfähigkeit des Faserverbundwerkstücks ermöglicht. Neben dem Einsatz bei Werkstücken ohne Kernwerkstoff eignet sich der Faserverbundvorformling also auch für diejenigen Werkstücke, bei denen ein Kernwerkstoff vorgesehen ist.

[0035] Weiter ist erfindungsgemäß ein Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Werkstückbereichen vorgesehen, das die folgenden Schritte aufweist. Für die Anfertigung eines Faserverbundvorformlings zum Einsatz in dem Faserverbundwerkstück wird zunächst wenigstens eine Lage eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern zu wenigstens einem vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukt stabilisiert. Danach wird eine gewünschte Geometrie an wenigstens einem im Übergangsbereich zwischen den zwei Werkstückbereichen anzuordnenden Rand des wenigstens einen vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukts angebracht. Dieses Bearbeiten erfolgt derart, dass eine zusammenhängende Schnittfläche erzeugt wird, die den Übergangsbereich zwischen den zwei Werkstücken bildet. Anschließend wird das wenigstens eine vorverfestigte, plattenartige Vorprodukt auf die gewünschten Abmessungen konfektioniert. Danach erfolgt das Verfestigen der beiden Werkstückbereiche und des Übergangsbereichs durch Verfestigen eines Matrixmaterials.

[0036] Dadurch wird die Herstellung des Faserverbundwerkstücks wesentlich vereinfacht, da sich der Faserverbundvorformling mit seiner Schnittfläche an den Übergangsbereich anpassen lässt. Dies führt zu einer möglichst effizienten Kraftübertragung zwischen den zwei Werkstückbereichen, d. h. die zusammenhängende Schnittfläche ermöglicht eine höhere Leistungsfähigkeit des Werkstücks bei gleichzeitig geringerem Fertigungsaufwand, da die textilen Halbzeuge, d. h. die Hochleistungsfasern, nicht mehr umständlich einzeln gehandhabt werden müssen, sondern als plattenartiges Vorprodukt eingesetzt werden können.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die beiden Werkstückbereiche wenigstens teilweise von einer Deckschicht umgeben, die sich über den Übergangsbereich erstreckt.

[0038] Die Deckschicht kann bei einem flächigen Verbundwerkstück auf einer oder auf beiden Seiten angeordnet werden. Dadurch können insbesondere die im Bereich der Schnittfläche angeschnitten Fasern besser geschützt werden. Außerdem dienen die Deckschichten auch zu Abstimmung der mechanischen Eigenschaften der Oberfläche, beispielsweise der Abriebfestigkeit oder sonstigen Belastbarkeit durch z. B. Umwelteinflüsse.

[0039] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird bei dem an dem im Übergangsbereich anzuordnenden Rand des wenigstens einen vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukts eine Schräge derart angebracht, dass sie im Wesentlichen schräg zur Fläche des Vorformlings verläuft und einen Winkel bildet, der kleiner als 30 Grad ist. Vorzugsweise wird die Schräge mit einem Winkel 2 bis 10 Grad angebracht.

[0040] Das Anbringen einer Schräge ermöglicht einen guten Kraftübergang zwischen den beiden Materialien.

[0041] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens sind folgende Schritte vorgesehen. Der wenigstens eine Faserverbundvorformling wird mit einem weiteren Material, das im Übergangsbereich eine korrespondierende Randgeometrie aufweist, zusammengesetzt. Anschließend werden die beiden Materialien durch ein Matrixmaterial verbunden.

[0042] Durch Ausbilden von korrespondierenden Randgeometrien, beispielsweise durch korrespondierende Schrägen, wird gewährleistet, dass die beiden Materialien möglichst aneinander anliegen und durch einen minimalen Matrixanteil miteinander verbunden werden. Da das Matrixmaterial beispielsweise unter Druck eingebracht wird, erfolgt eine möglichst gute Verbindung der beiden Materialien. Dadurch lässt sich ein hocheffizienter Kraftübergang erreichen.

[0043] Vorzugsweise ist das weitere Material ein Kernwerkstoff, der mit dem wenigstens einen Faserverbundvorformling derart zusammengesetzt wird, dass sie wenigstens teilweise von einer Deckschicht umgeben sind, und der Faserverbundvorformling wird mit dem Kernwerkstoff durch Zugeben eines Matrixmaterials verbunden.

[0044] Bei dem Kernwerkstoff handelt es sich beispielsweise um einen Schaumkern, bei dem sich eine möglichst gute Verbindung zwischen dem Kern und den anschließenden Fasern erreichen lässt. Die Deckschichten bilden zusammen mit dem Kern eine Sandwichstruktur.

[0045] Vorzugsweise werden eine Anzahl von Faserverbundvorformlingen mit einer gewünschten Randgeometrie einzeln angefertigt und derart übereinander angeordnet, dass die Ränder gemeinsam den Übergangsbereich bilden.

[0046] Dadurch lassen sich, z. B. in Abhängigkeit von der verwendeten Trenn- oder Schnitttechnik, größere Werkstoffdicken, d. h. Bauteildicken, erzeugen, bei denen gleichzeitig aber sichergestellt ist, dass ein möglichst effizienter Anschluss an das zweite Material, beispielsweise ein Kernwerkstoff wie ein Schaum-

kern, vorliegt. Außerdem lassen sich komplexere Rand- bzw. Übergangsgeometrien durch einzelne, aber einfachere Bearbeitungsschritte einfacher darstellen.

[0047] In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass wenigstens ein Faserverbundvorformling mit einer oder mehrerer Einzellagen eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern zusammengefügt wird, wobei ein Matrixmaterial für die Festigkeit und Verbindung sorgt.

[0048] Damit lassen sich beispielsweise flache Werkstücke mit ausgebildeten Verstärkungsstellen herstellen, beispielsweise zur Krafteinleitung an einem Befestigungspunkt.

[0049] Im Folgenden wird zur weiteren Erläuterung und zum besseren der vorliegenden Erfindung ein Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0050] Fig. 1 einen Schnitt durch ein Bauteil für ein Seitenleitwerk eines Flugzeugs in Sandwichbauweise;

[0051] Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch das Bauteil aus Fig. 1 entlang der Schnittlinie A-A;

[0052] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung eines Übergangsbereichs bei einer Sandwichkonstruktion nach dem Stand der Technik;

[0053] Fig. 4 den Übergangsbereich nach Fig. 3 nach Abschluss des Herstellungsvorgangs;

[0054] **Fig.** 5 eine schematische Schnittdarstellung eines Übergangsbereichs bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Faserverbundvorformlings;

[0055] Fig. 6 einen Schnitt durch ein Versuchs-Sandwichbauteil gemäß dem Stand der Technik;

[0056] Fig. 7 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Versuchs-Sandwichbauteil;

[0057] Fig. 8 eine fotografische Abbildung des geschnittenen Versuchsbauteils aus Fig. 6 gemäß dem Stand der Technik;

[0058] Fig. 9 eine fotografische Abbildung des geschnittenen Versuchsbauteils aus Fig. 7 gemäß der Erfindung;

[0059] Fig. 10 eine schematische Darstellung eines Rands eines erfindungsgemäßen Faserverbundvorformlings;

[0060] Fig. 11 eine schematische Darstellung der wesentlichen Fertigungsschritte zum Erhalt eines erfindungsgemäßen Faserverbundvorformlings;

[0061] Fig. 12 beispielhafte Möglichkeiten zum Anbringen einer Schräge an einen Faserverbundvorformling;

[0062] Fig. 13 eine schematische Darstellung der wesentlichen Schritte eines Herstellungsverfahrens für einen Verbundwerkstoff;

[0063] Fig. 14 Varianten zur Randausbildung eines Faserverbundvorformlings; und

[0064] **Fig.** 15 beispielhafte Anwendung von Vorformlingen bei monolithischer Bauweise in einem Dickenübergangsbereich.

[0065] In Fig. 1 ist stellvertretend für verschiedene Einsatzbereiche von faserverstärkten Kunststoffen ein Bauteil **10** eines Seitenleitwerks für ein Flugzeug gezeigt. Das Bauteil **10** weist in der Fig. 1 an seinem unteren Ende **12** einen Anschlussbereich **14** mit Befestigungsmöglichkeiten **15** zur Kraftübertragung an eine nicht dargestellte Flugzeugrumpfstruktur auf. Oberhalb des Anschlussbereichs **14** befindet sich ein monolithischer Lasteinleitungsbereich **16**. Darüber ist in der Flächenmitte des Bauteils **10** im Inneren des Bauteils ein Schaumkern **18** vorgesehen. Der Schaumkern **18** dient zur Gewichtsreduzierung des Bauteils, wobei der Schaumkern zusammen mit dem ihn umgebenden Material, beispielsweise einem kohlefaserverstärkten Kunststoff (CFK), ein Sandwich bildet. Die auf das Bauteil **10** im Bereich der Fläche einwirkenden Kräfte werden über den Bereich mit dem Schaumkern **18** an den Lasteinleitungsbereich **16** übertragen, von wo aus sie über den Anschlussbereich **14** und die Befestigungsvorrichtungen **15** an die Flugzeugrumpfstruktur abgetragen werden.

[0066] Fig. 2 zeigt einen schematischen Schnitt entlang der Linie A-A in Fig. 1. Wie ersichtlich ist, weist der Schaumkern **18** an seinem dem Lasteinleitungsbereich **16** zugewandten Rand einen keilförmigen Querschnitt **19** auf. Durch diese Ausbildung lassen sich die im Bereich der Fläche wirkenden Kräfte besser an den Lasteinleitungsbereich **16** übertragen. Wie ebenfalls aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist der Lasteinleitungsbereich **16** aus einem faserverstärkten Werkstoff **20** aufgebaut, der sich über den Schaumstoff **18** hin erstreckt. Zur Ausbildung der Sandwichkonstruktion ist der faserverstärkte Werkstoff **20** beidseitig über den Schaumkern **18** gezogen.

[0067] Bei dem faserverstärkten Werkstoff **20** handelt es sich beispielsweise um mehrere Lagen **21** von textilen Halbzeugen aus Hochleistungsfasern, die mit einem Matrixmaterial versehen sind, welches gleichzeitig den Schaumkern **18** mit dem kohlefaserver-

stärkten Kunststoff **20** des Lasteinleitungsbereichs **16** verbindet. Der Bereich des Faserverbundwerkstücks, der an den Schaumstoffkern **18** angrenzt, ist an dessen Schräge angepasst.

[0068] In Fig. 3 ist in einer schematischen Darstellung der Übergangsbereich zwischen dem Schaumkern **18** und dem Lasteinleitungsbereich **16** nach dem Stand der Technik dargestellt. Der Lasteinleitungsbereich **16** weist mehrere Lagen eines kohlefaserverstärkten Kunststoffs (CFK) **21** auf. Der Schaumkern **18** weist eine Schräge **22** mit einem Steigungsverhältnis von 1:12 auf. Der Schaumkern **18** und der Lasteinleitungsbereich **16** sind von einer oberen Deckschicht **24** und einer unteren Deckschicht **26** umgeben, wobei sich der Begriff oberer und unterer nur auf die Darstellung in den Figuren bezieht und keinerlei Bezug zur tatsächlichen Orientierung im Fertigungsprozess oder im eingebauten Zustand hat. Die Deckschichten **24**, **26** können beispielsweise aus dem gleichen kohlefaserverstärkten Kunststoff **21** bestehen wie der Lasteinleitungsbereich **16**.

[0069] Um den Lasteinleitungsbereich **16** an die Schräge **22** anzupassen, sind die einzelnen Lagen **21** in ihrer Länge gestuft, wodurch sich ein treppenartiger Übergangsbereich **23** auf Seiten des Lasteinleitungsbereichs **16** bildet. Bei den dargestellten CFK-Lagen **21** kann es sich sowohl um einzelne Lagen eines dünnen textilen Halbzeugs handeln als auch um Lagen, die aus mehreren Schichten textilen Halbzeugs zusammengesetzt sind. Bei sehr dünnen Lagen, wie beispielsweise beim Auslegen einer einfachen Lage eines textilen Halbzeugs, entsteht beim Anpassen an die Schräge **22** des Schaumkerns **18** eine sehr feine Abtreppung. Dies bedeutet jedoch einen sehr hohen Verlegeaufwand. Um diesen zu reduzieren, ist es bekannt, die einzelnen Lagen des textilen Halbzeugs zu dickeren Lagen zu verbinden, wie dies in Fig. 3 angedeutet ist, um so die Anzahl der Legevorgänge zu reduzieren. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn es sich um ein Bauteil handelt, das in einer Serienfertigung mit hoher Stückzahl hergestellt werden soll.

[0070] Nach dem Zusammenfügen des Schaumkerns **18** und den gestuften dicken CFK-Lagen **21** in Fig. 3 erfolgt eine Zugabe eines Matrixmaterials, beispielsweise eines Duromers bzw. Epoxidharzes. Das Matrixmaterial verbindet durch das Aushärten die beiden Materialien und führt in der Kombination zu einem Hochleistungswerkstoff. Bei diesem Fertigungsvorgang kommt es bei den abgestuften CFK-Lagen **21**, wie in Fig. 3 für einen Ausgangszustand gezeigt, zur Ausbildung einer wellenartigen Struktur **28**, wie dies in Fig. 4 für einen Endzustand dargestellt ist. Dieses im Stand der Technik bekannte Problem führt dazu, dass die abgestuften dicken CFK-Lagen **21** nur bei denjenigen Bauteilen verwendet werden, bei denen die Anforderungen an die Laminatwelligkeit, die Oberflächengenauigkeit und die mechanischen Eigenschaften eher gering sind. Bei Bauteilen mit hohen Anforderungen werden die dünnen CFK-Lagen mehr oder weniger einzeln aufgelegt, um eine feine Abtreppung zu erhalten, die sich möglichst wenig abbildet. Dies ist jedoch sehr aufwendig und teuer.

[0071] Um die auch als Ondulierung bezeichneten Wellen **28** zu vermeiden, wird bei gering belasteten Bauteilen im Übergangsbereich auch völlig auf die Ausbildung einer Schräge verzichtet, was jedoch die Belastbarkeit des Bauteils stark einschränkt. Bei hochwertigen Bauteilen ist dies nicht möglich, so dass zur Herstellung dieser, wie bereits erwähnt, die textilen Halbzeuge aus Hochleistungsfasern einzeln ausgelegt werden, wodurch die Ausbildung eines treppenartigen Übergangs vermieden wird.

[0072] Ein einfacheres und kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Kunststoffs mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Materialien berücksichtigt erfindungsgemäß einen Faserverbundvorformling **29** zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks, dessen Rand im Übergangsbereich, d. h. im Bereich der Schräge **22**, bearbeitet ist und in Richtung der Plattendicke eine zusammenhängende Schnittfläche **30** aufweist. Dazu ist vorgesehen, dass mehrere Lagen **21** des textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern zumindest vorübergehend plattenartig stabilisiert werden können, um die Randbearbeitung vorzunehmen. In Fig. 5a) ist ein erfindungsgemäßer Faserverbundvorformling **29** gezeigt, der eine Schnittfläche **30** aufweist, die im Wesentlichen schräg zur Fläche des Vorformlings verläuft, d. h. schräg zu den oberen und unteren Seiten des Vorformlings **29**. Dadurch ist es möglich, die schräge Schnittfläche **30** des Faserverbundvorformlings **29** an eine Schräge **22** des Schaumkerns **18** anzupassen bzw. umgekehrt.

[0073] In Fig. 5b) ist der erfindungsgemäße Vorformling separat gezeigt. Der Winkel α zur Fläche des Vorformlings **29** ist dabei kleiner als 30 Grad. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt das Steigungsverhältnis 1:12. Besonders gute Lastübertragungseigenschaften lassen sich erreichen, wenn der Winkel der Schnittfläche 2 Grad bis 10 Grad beträgt. Dies entspricht ungefähr einem Steigungsverhältnis von 1:10 bis 1:20.

[0074] Für eine möglichst hohe Verlegeleistung beträgt das Flächengewicht des Faserverbundvorformlings **29** mindestens 500 g/m^2.

[0075] Die Fig. 6 bis Fig. 9 zeigen jeweils ein zu Vergleichszwecken angefertigtes Faserverbundwerkstück **31a**, **31b**, mit einem schrägen Übergangsbereich **32** zwischen einem monolithischen Bereich **33** und einem Bereich mit einem Schaumkern **34**.

Weiter sind eine obere Abdeckung **35** und eine untere Abdeckung **36** vorgesehen, die die beiden Bereiche, d. h. den monolithischen Bereich **33** und den Schaumkernbereich **34**, einschließen.

[0076] Bei dem in Fig. 6 in einer Schnittdarstellung und in Fig. 8 in einer fotografischen Darstellung gezeigten Faserverbundwerkstück **31a** handelt es sich um eine gemäß dem Stand der Technik bekannte Ausbildung des monolithischen Bereichs **33** im Bereich des schrägen Übergangs **32** mit einer Abtreppung **37**. Die Abtreppung **37** beruht darauf, dass mehrere Einzellagen **38** eines hochleistungsfähigen Textils jeweils zusammengefasst sind und in ihrer Länge an den keilförmigen Übergang **32** angepasst worden sind. Dabei entsteht aufgrund der Dicke der CFK-Lagen die Abtreppung **37** im Übergangsbereich des monolithischen Bereichs **33**. Durch Zugeben eines Matrixmaterials erfolgt anschließend durch das Aushärten die Verbindung zwischen dem Schaumkern **34** und dem monolithischen Bereich **33**. Wie in Fig. 6 zu sehen ist, kommt es aufgrund der Abtreppung **37** im Bereich des Übergangs **32** auf der Oberseite zu einer Ondulierung, d. h. zur Ausbildung einer wellenartigen Struktur **38**. Ein derartiges, nach dem Stand der Technik hergestelltes Werkstück kann daher nur dort eingesetzt werden, wo die Anforderungen an die Oberflächengenauigkeit und Geradlinigkeit der abgelegten Verstärkungsfasern eine solche Abweichung in Form der Ondulierung **38** zulassen.

[0077] Zum Vergleich dazu wurde unter gleichen Bedingungen mit den gleichen Materialien ein Faserverbundwerkstück **31b** angefertigt, bei dem statt einzelner gestuft ausgebildeter Lagen des CFK-Materials ein erfindungsgemäßer Faserverbundvorformling **39** verwendet wird, bei dem ein Rand bearbeitet ist und in Richtung der Plattendicke eine zusammenhängende Schnittfläche **40** aufweist. Das erfindungsgemäße fertig hergestellte Faserverbundwerkstück **31b** ist in Fig. 7 in einer Schnittdarstellung und in Fig. 9 in einer photographischen Abbildung des aufgeschnittenen Werkstücks gezeigt.

[0078] Mit anderen Worten, es wurde ein Faserverbundvorformling **39** eingesetzt, der im Bereich des Übergangs **32** eine an die Keilform des Schaumkerns **34** angepasste Schräge **41** aufweist. Dazu wurden mehrere Lagen **42** eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern plattenartig stabilisiert, um die Randbearbeitung vorzunehmen.

[0079] Aufgrund der durchgehenden schrägen Schnittfläche **40** kommt es auch bei der anschließenden Zugabe eines Matrixmaterials auf der Oberseite und im Laminat nicht zu einer Verformung in Form einer Wellenstruktur, sondern das Faserverbundwerkstück **31a** mit dem verwendeten erfindungsgemäßen Faserverbundvorformling **39** weist auch im Bereich des Übergangs eine durchgehend gerade Oberfläche und geringe Faserondulationen **43** auf. Dadurch kann ein Werkstück zur Verfügung gestellt werden, das sich für den Einsatz in Großserienfertigung eignet, da der Fertigungsvorgang durch die reduzierte Anzahl der erforderlichen Legeschritte verkürzt ist. Das Werkstück eignet sich außerdem auch für hochbeanspruchte Bereiche mit hohen Anforderungen an die Oberflächengenauigkeit.

[0080] In Fig. 10 ist schematisch dargestellt, was mit dem Begriff Steigungsverhältnis im Zusammenhang mit der Randbearbeitung gemeint ist. Einzelne Lagen **44** eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern sind in Fig. 10 durch horizontal verlaufende Striche dargestellt. Diese werden zunächst aufeinander gelegt und anschließend zumindest vorübergehend plattenartig stabilisiert. In diesem Zustand kann dann die exakte Randbearbeitung vorgenommen werden. In Fig. 10 ist dies im linken Bereich in Form einer aufgebrachten Schräge **46** gezeigt. Dazu können die Hochleistungsfasern durch ein Werkzeug beispielsweise abgetrennt werden.

[0081] Neben der Ausbildung eines Übergangsbereichs mit einer einfachen Schräge eignet sich der erfindungsgemäße Faserverbundvorformling auch für komplexere Übergangsbereiche. Wenn beispielsweise statt einer durchgehenden Schräge ein eher winkelförmiger oder pfeilförmiger Übergangsbereich erforderlich ist, können, wie in Fig. 11a) bis Fig. 11c) schematisch dargestellt, zwei Faserverbundvorformlinge **48**, **50** jeweils mit einfachen schrägen Rändern **52**, **54** ausgebildet werden und anschließend zusammengesetzt werden und einen pfeilförmigen Übergangsbereich **56** bilden.

[0082] Der erfindungsgemäße Vorformling kann auch an mehreren Rändern mit einer bearbeiteten Schnittfläche versehen sein. Beispielsweise können an zwei gegenüberliegenden Rändern zwei unterschiedliche Schrägen angebracht werden. Dazu ist in **Fig.** 12a) ein unbearbeiteter Faserverbundvorformling **58** dargestellt, der in einem weiteren Schritt, siehe **Fig.** 12b), an zwei Rändern bearbeitet wird, so dass er dort jeweils eine zusammenhängende Schnittfläche **60**, **62** aufweist. Anschließend kann der bearbeitete Faserverbundvorformling **58** in eine dafür vorgesehene Laminierklebevorrichtung **64** eingelegt werden, wie dies in **Fig.** 12c) angedeutet ist. Beispielsweise kann in dieser Laminierklebevorrichtung **64** schon ein Schaumstoffkern **66** eingelegt sein. In weiteren, nicht dargestellten Verfahrensschritten kann dann ein Matrixmaterial zugegeben werden, so dass eine Verbindung zwischen dem Faserverbundvorformling **58** und dem Schaumstoffkern **66** entsteht.

[0083] In den **Fig.** 13a) bis 13d) sind mehrere Beispiele für das Anbringen einer Schräge an einem stabilisierten Faserverbundvorformling **68** gezeigt. Die

Randbearbeitung kann beispielsweise erfolgen, indem der plattenartige Vorformling **68** auf einer dafür vorgesehenen Fläche **70** ausgelegt wird und mit einem schräg gestellten Messer geschnitten wird. Beispielsweise kann es sich bei einem solchen Messer um ein Scheibenmesser **72** handeln, wie dies in **Fig.** 13a) schematisch gezeigt ist. Statt eines Scheibenmessers **72** kann auch eine andere Werkzeugaufnahme **74** vorgesehen sein, die ein Bearbeitungswerkzeug **76** aufnimmt und durch entsprechende Schrägstellung die Randbearbeitung vornehmen kann (siehe **Fig.** 13b).

[0084] Statt den Vorformling auf eine gerade Unterlage, wie zum Beispiel einen Cuttertisch, zu legen, kann der Vorformling **68** auch mittels einer zusätzlichen Vorrichtung **78** in eine derartige Lage gebracht werden, dass ein zum Beispiel senkrecht stehendes Messer **80** die gewünschte schräge Schnittkante in Bezug zur Oberfläche des Vorformlings **68** ausführen kann (siehe **Fig.** 13c).

[0085] Darüber hinaus kann die schräge Randbearbeitung auch durch ein schräges Aufrichten des Vorformlings **68** mittels einer geneigten Unterlage **80** und ein gleichzeitig schräggestelltes Schneidwerkzeugs **82** erfolgen (**Fig.** 13d).

[0086] Zum Bearbeiten der Kante, d. h. des Rands des Vorformlings, sind neben dem beschriebenen Rotationsmesser **72** auch andere dafür geeignete Werkzeuge möglich. Beispielsweise kann das Abtrennen durch eine mit Ultraschall bewegte Schneidklinge erfolgen. Darüber hinaus können auch Trennverfahren mittels Laserstrahl oder auch mittels eines dafür ausgelegten Wasserstrahls zum Einsatz kommen. Darüber hinaus bietet sich im Zusammenhang mit Fasern auch an, die Schnittkante durch eine Art Rasierapparat vorzunehmen, bei dem die einzelnen Fasern in vielen kleinen Abschervorgängen auf das richtige Maß gestutzt werden. Das verwendete Bearbeitungswerkzeug hängt dabei im Wesentlichen von den zur Verfügung stehenden Bearbeitungsverfahren und den jeweiligen Vorformlingen ab. Bei Vorformlingen mit einer großen Plattenstärke werden in der Regel andere Trennwerkzeuge zum Einsatz kommen als bei geringen Plattenstärken.

[0087] Durch das Bearbeiten des wenigstens einen Rands des Faserverbundvorformlings lassen sich auch Schnittflächen erzeugen, die von einer ebenen Schräge abweichen. Beispielsweise kann es aufgrund der Bauteilgeometrie erforderlich sein, den Faserverbundvorformling mit einer von einer ebenen Schräge abweichenden Randgeometrie auszugestalten. Dazu ist in **Fig.** 14a) ein Faserverbundvorformling **84** gezeigt, dessen Rand **86** im Querschnitt zwar eine durchgehende gerade Schnittfläche zeigt, die Schnittfläche folgt jedoch einer geschwungenen Linie, so dass die gesamte Schnittfläche keine ebene Fläche ist. Durch Aufeinanderlegen mehrerer derartig bearbeiteter Faserverbundvorformlinge mit einzeln ausgebildeten Rändern **86** lassen sich entsprechend komplexere und größere Übergangsbereiche darstellen, wie in **Fig.** 14b) angedeutet ist.

[0088] In **Fig.** 15 ist die Anwendung der Erfindung für ein monolithisches Bauteil gezeigt, das einen flächigen Bereich **88** und einen Verstärkungsbereich **90** aufweist, der z. B. mit einer Durchgangsöffnung **92**, beispielsweise einer Lochbohrung, für eine Bolzenbefestigung versehen ist. Zwischen den beiden Bereichen ist ein Übergangsbereich vorgesehen. Der flächige Bereich **88** weist eine oder mehrere Lagen **94** eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern auf. Zur Verstärkung im Bereich der Lasteinleitung **90** ist die durchgehende Lage **94** auf beiden Seiten mit einem Faserverbundvorformling **96**, **98** ergänzt. Die einzelnen Komponenten sind Fig. 15a) vor dem Zusammenfügen und in Fig. 15b) im fertigen Zustand gezeigt. Die Faserverbundvorformlinge sind, wie bereits im Zusammenhang mit den anderen Ausführungsformen beschrieben, aus mehreren Lagen eines textilen Halbzeugs zusammengesetzt. Um einen Übergang zu dem flächigen Bereich **88** zur Verfügung zu stellen, der eine optimale Lastübertragung gewährleistet, sind die Faserverbundvorformlinge jeweils mit einem schrägen Rand **100**, **102** ausgebildet. Zum Anbringen des Randes sind die Lagen des Halbzeugs plattenartig stabilisiert. Die zusammenhängende Schnittfläche ermöglicht ein Verbundwerkstück mit einem Übergangsbereich ohne Steifigkeitssprünge. Die Vorformlinge und der flächige Bereich sind von zwei Deckschichten **104**, **106** umgeben, um die angeschnittenen Fasern an den Schrägen **100**, **102** besser zu schützen. Erfindungsgemäß können die Einzellagen der Vorformlinge auch als Prepreg vorliegen. Durch das Zusammenfassen der Einzellagen zu Vorformlingen wird der Einlegeaufwand in die Klebe-/Laminiervorrichtung deutlich verringert und ein insgesamt leistungsfähigeres Bauteil zur Verfügung gestellt. Je nach Anwendungsfall kann auch nur ein Vorformling mit einer durchgehenden Lage verbunden werden. Bei erhöhten Anforderungen an den flächigen Bereich kann dieser ebenfalls aus mehreren Lagen bestehen. Für eine bessere Handhabung, d. h. eine vereinfachte Herstellung, kann der flächige Bereich ebenfalls als Vorformling zur Verfügung gestellt werden. Dadurch können auch weitere, nicht gezeigte Ränder mit einer verbesserten Schnittfläche ausgebildet werden.

[0089] Erfindungsgemäß lassen sich an einem plattenartig stabilisierten Vorformling auch komplexere Randgeometrien ausbilden, beispielsweise durch ein Schneidwerkzeug, das ähnlich wie eine CNC-Fräse um fünf Achsen steuerbar ist. Auch eine Kombination mehrerer komplexerer Ränder zu einer Schnittfläche ist möglich. Auch die Ausbildung mehrfach gekrümmter Randflächen ist möglich.

[0090] Mit dem erfindungsgemäßen Faserverbundvorformling und dem erfindungsgemäßen Faserverbundwerkstück lassen sich in vielfältigen Einsatzbereichen hochleistungsfähige Bauteile einfacher und kostengünstiger herstellen, ohne auf die erforderliche Genauigkeit verzichten zu müssen. Bei den bevorzugten Einsatzgebieten der Erfindung handelt es sich beispielsweise um den Bereich der Luft- und Raumfahrt, insbesondere den Bereich des Flugzeugbaus; aber auch um den Bereich des Schienenfahrzeugbaus, in dem Faserverbundbau vermehrt Anwendung findet. Darüber hinaus eignet sich die Erfindung auch für weitere Fahrzeugbereiche, insbesondere für PKWS und auch LKWs sowie Busse. Mit anderen Worten, der erfindungsgemäße Faserverbundvorformling eignet sich für die Herstellung von Bauteilen, die einerseits ein hohes Leistungspotential aufweisen müssen und andererseits ein geringes Gewicht. Vorteile ergeben sich insbesondere dadurch, dass erfindungsgemäß ein Herstellungsverfahren zur Verfügung gestellt wird, das sich für den Einsatz bei Großserien eignet. Zu erwähnen sind auch die verschiedenen Bereiche des Anlagenbaus, wie zum Beispiel Windkraftanlagen, bei denen sich die Erfindung insbesondere für den Einsatz in der Flügelproduktion eignet.

[0091] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine" oder „ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

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

- DE 102004060674 A1 **[0002]**

Patentansprüche

1. Faserverbundvorformling (**29**; **39**) zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks, mit wenigstens einer Lage (**21**, **42**) eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern, die zumindest vorübergehend plattenartig stabilisierbar sind; wobei wenigstens ein Rand des Faserverbundvorformlings bearbeitet ist und in Richtung einer Plattendicke der plattenartig stabilisierten Hochleistungsfasern eine zusammenhängende Schnittfläche (**30**; **40**) gegeben ist.

2. Faserverbundvorformling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittfläche (**30**; **40**) im Wesentlichen schräg zur Fläche des Vorformlings (**29**; **39**) verläuft.

3. Faserverbundvorformling nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittfläche (**30**; **40**) einen Winkel zur Fläche des Vorformlings (**29**; **39**) bildet, der kleiner als 30 Grad ist.

4. Faserverbundvorformling nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel der Schnittfläche (**30**; **40**) 2 Grad bis 10 Grad beträgt.

5. Faserverbundvorformling nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem ein Flächengewicht von mindestens 500 g/qm umgesetzt ist.

6. Faserverbundvorformling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochleistungsfasern durch einen Binder stabilisiert sind.

7. Faserverbundvorformling nach einem der Ansprüche 1 bis 5, der ein Prepreg aufweist, bei dem die Hochleistungsfasern mit einem Matrixmaterial getränkt sind, das bei Temperaturabsenkung die Hochleistungsfasern temporär fixiert.

8. Faserverbundvorformling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochleistungsfasern aus der Gruppe umfassend aus Glas-, Kohle, Aramid- und Bohrfasern realisiert sind.

9. Faserverbundvorformling nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochleistungsfasern mit Kohlestofffasern realisiert sind.

10. Faserverbundwerkstück mit einem Matrixmaterial und wenigstens zwei Werkstückbereichen sowie einem Übergangsbereich zwischen den wenigstens zwei Werkstückbereichen, wobei wenigstens ein Faserverbundvorformling (**29**; **39**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche vorgesehen ist, dessen bearbeiteter Rand im Übergangsbereich angeordnet ist.

11. Faserverbundwerkstück nach Anspruch 10, bei dem als zweites Material ein Kernwerkstoff (**18**) vorgesehen ist, wobei der Kernwerkstoff (**18**) einen Rand aufweist, der in seiner Kontur an den bearbeiteten Rand des Faserverbundvorformlings angepasst ist.

12. Verfahren zur Herstellung eines Faserverbundwerkstücks mit einem Übergangsbereich zwischen zwei Werkstückbereichen, mit den folgenden Schritten:
Anfertigen wenigstens eines Faserverbundvorformlings durch:
– Stabilisieren wenigstens einer Lage (**21**, **42**) eines textilen Halbzeugs aus Hochleistungsfasern zu wenigstens einem vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukt;
– Anbringen einer gewünschten Geometrie an wenigstens einem im Übergangsbereich zwischen den zwei Werkstückbereichen anzuordnenden Rand (**21**) des wenigstens einen vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukts durch Bearbeiten, derweise, dass eine zusammenhängende Schnittfläche erzeugt wird, die den Übergangsbereich zwischen den zwei Werkstückbereichen bildet;
– Konfektionieren des wenigstens einen vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukts auf die gewünschten Abmessungen; sowie
– Verfestigen der beiden Werkstückbereiche und des Übergangsbereichs durch Verfestigen eines Matrixmaterials.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die zwei Werkstückbereiche wenigstens teilweise von einer Deckschicht (**24**, **26**; **35**, **36**) umgeben werden, die sich über den Übergangsbereich erstrecken wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, bei dem an dem im Übergangsbereich anzuordnenden Rand des wenigstens einen vorverfestigten, plattenartigen Vorprodukts eine Schräge derweise angebracht wird, dass sie im Wesentlichen schräg zur Fläche des Vorformlings verlaufen und einen Winkel bilden wird, der kleiner als 30 Grad realisiert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die Schräge mit einem Winkel von 2 Grad bis 7 Grad angebracht wird.

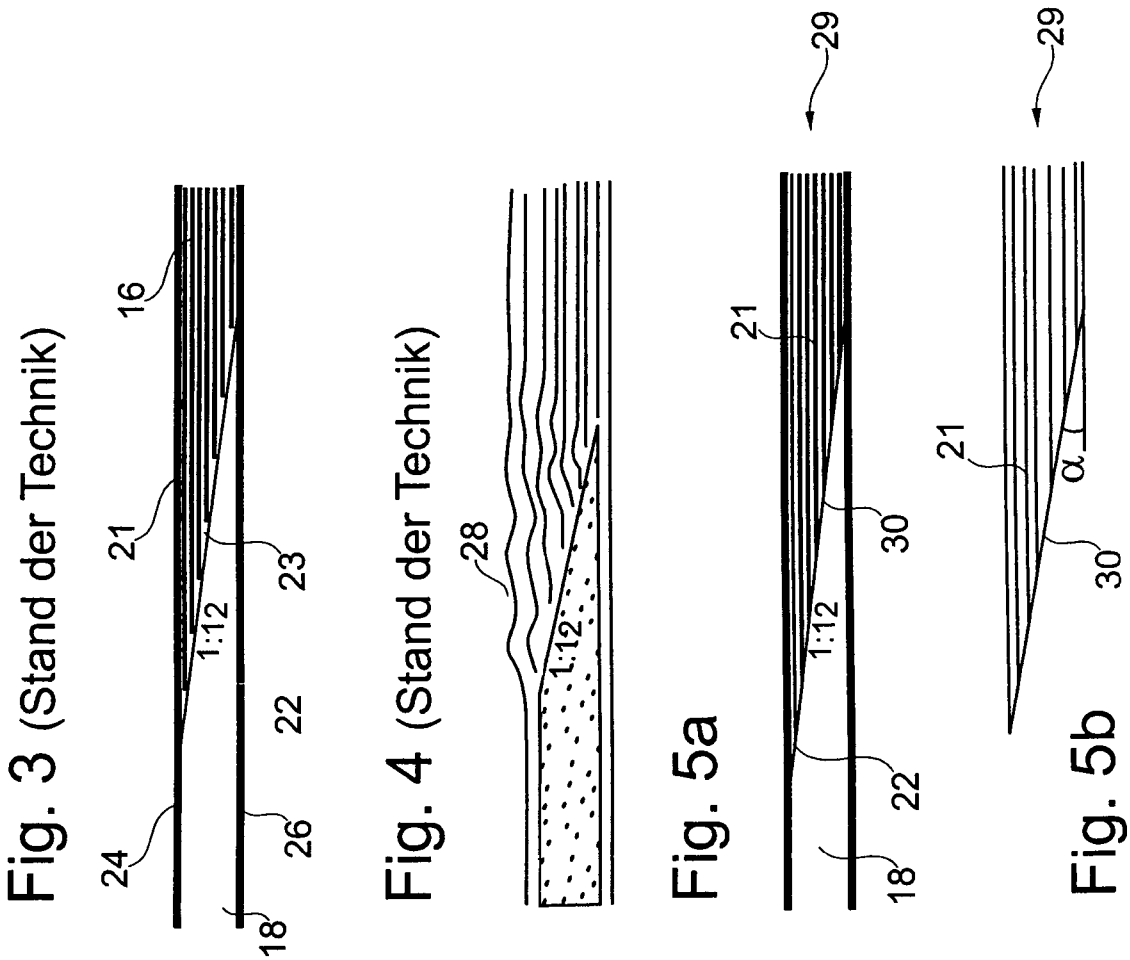
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, mit den folgenden Schritten:
– Zusammensetzen des wenigstens einen Faserverbundvorformlings mit einem weiteren Material, das im Übergangsbereich eine korrespondierende Randgeometrie aufweist; und
– Verbinden der beiden Materialien durch Verfestigen des Matrixmaterials.

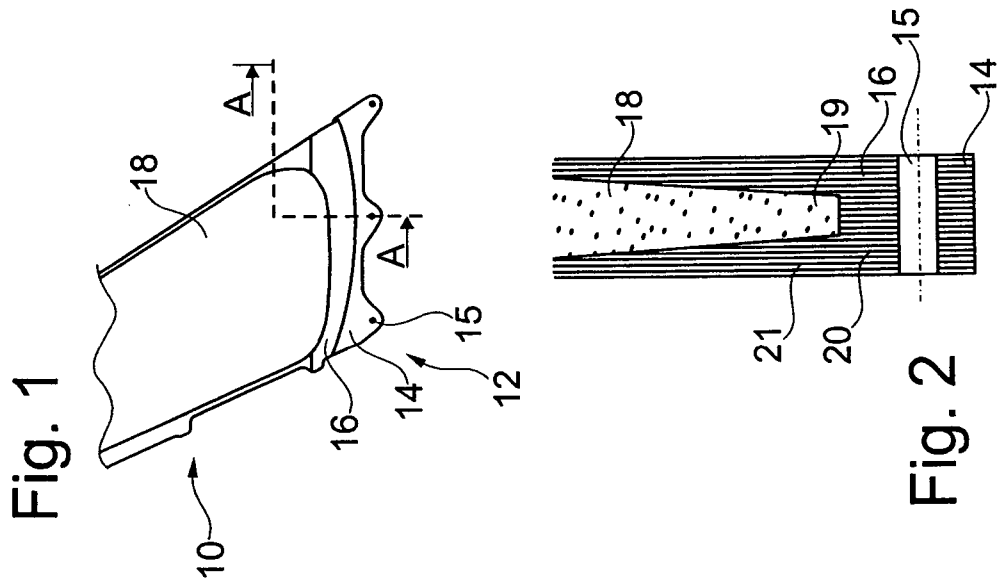
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, bei dem eine Anzahl einzeln angefertigter Faserverbundvorformlinge mit einer gewünschten Randgeometrie derweise übereinander angeordnet werden,

dass die Ränder gemeinsam den Übergangsbereich bilden werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





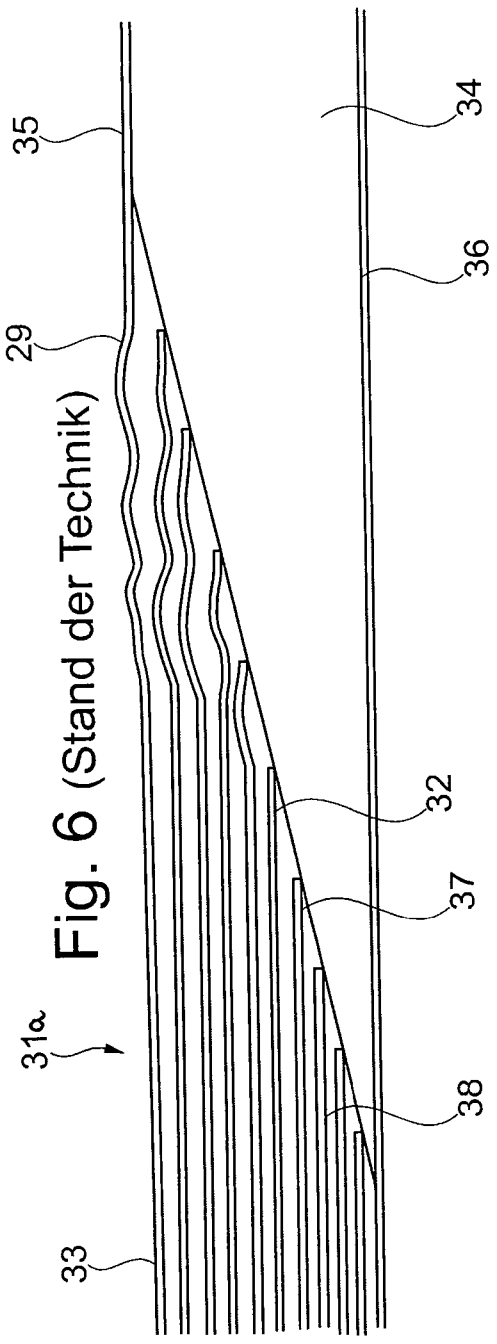


Fig. 6 (Stand der Technik)

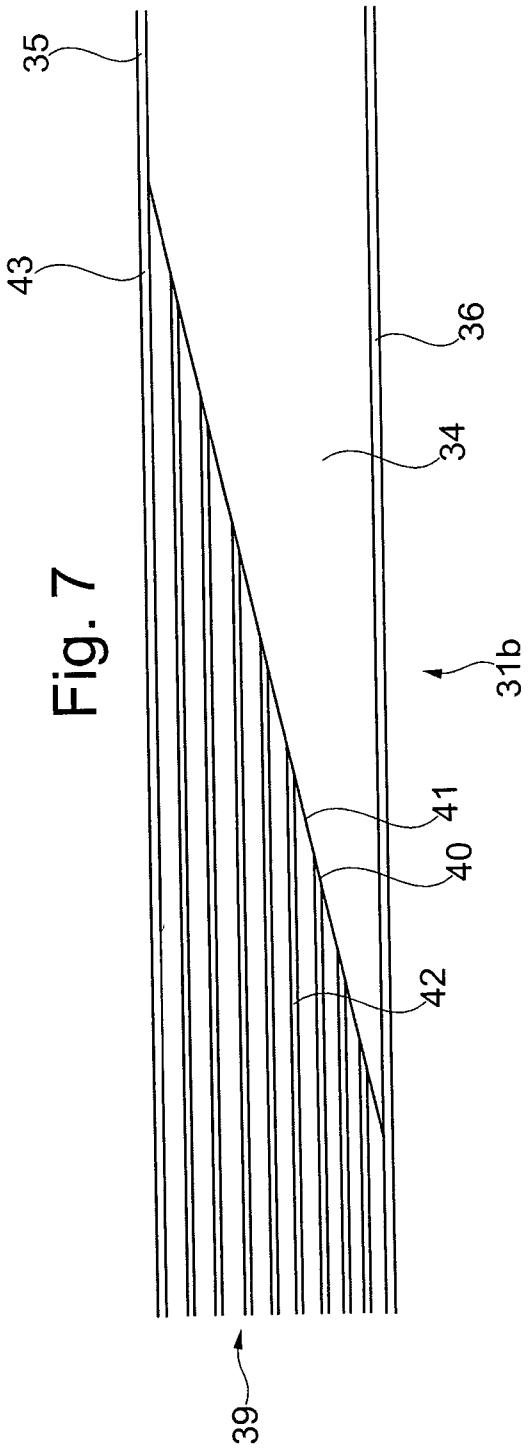


Fig. 7

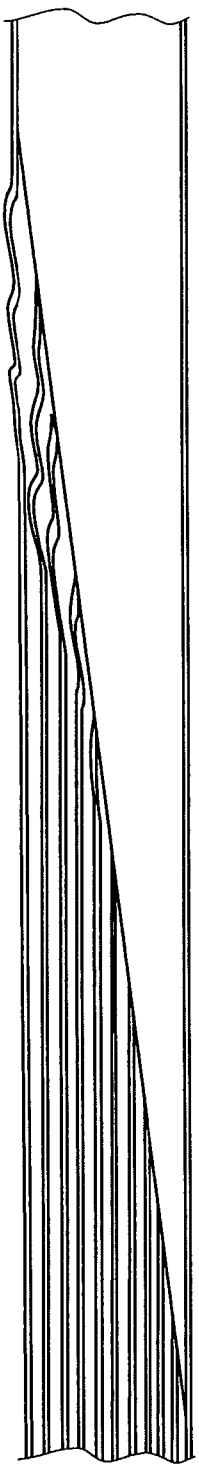


Fig. 8 (Stand der Technik)

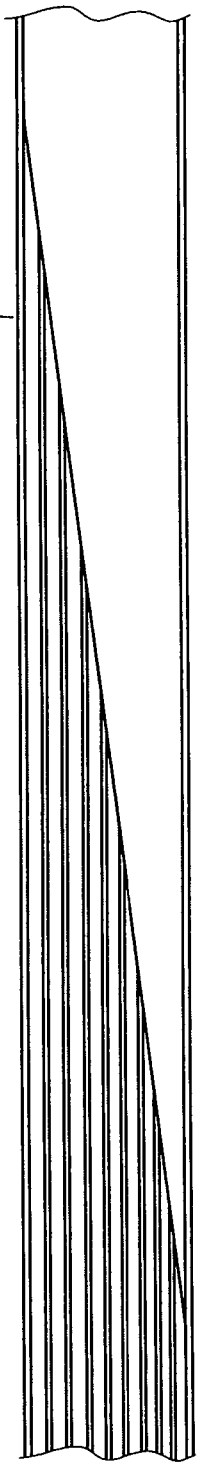


Fig. 9

Fig. 12

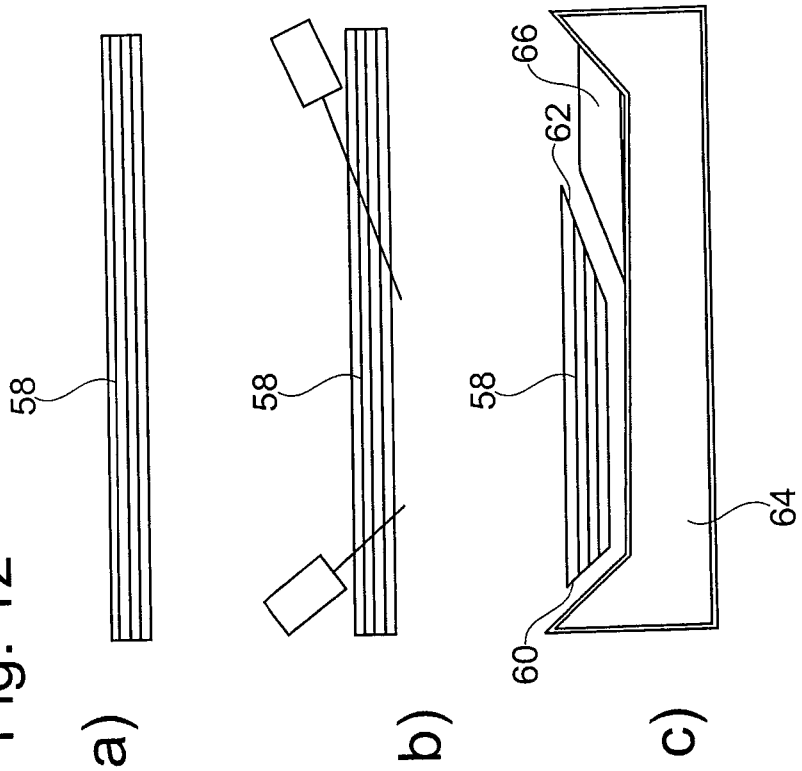


Fig. 10

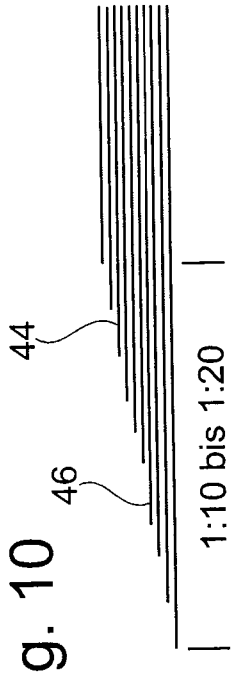
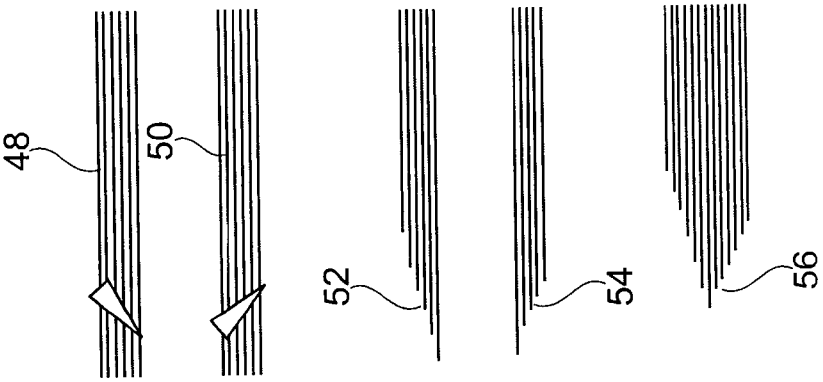


Fig. 11



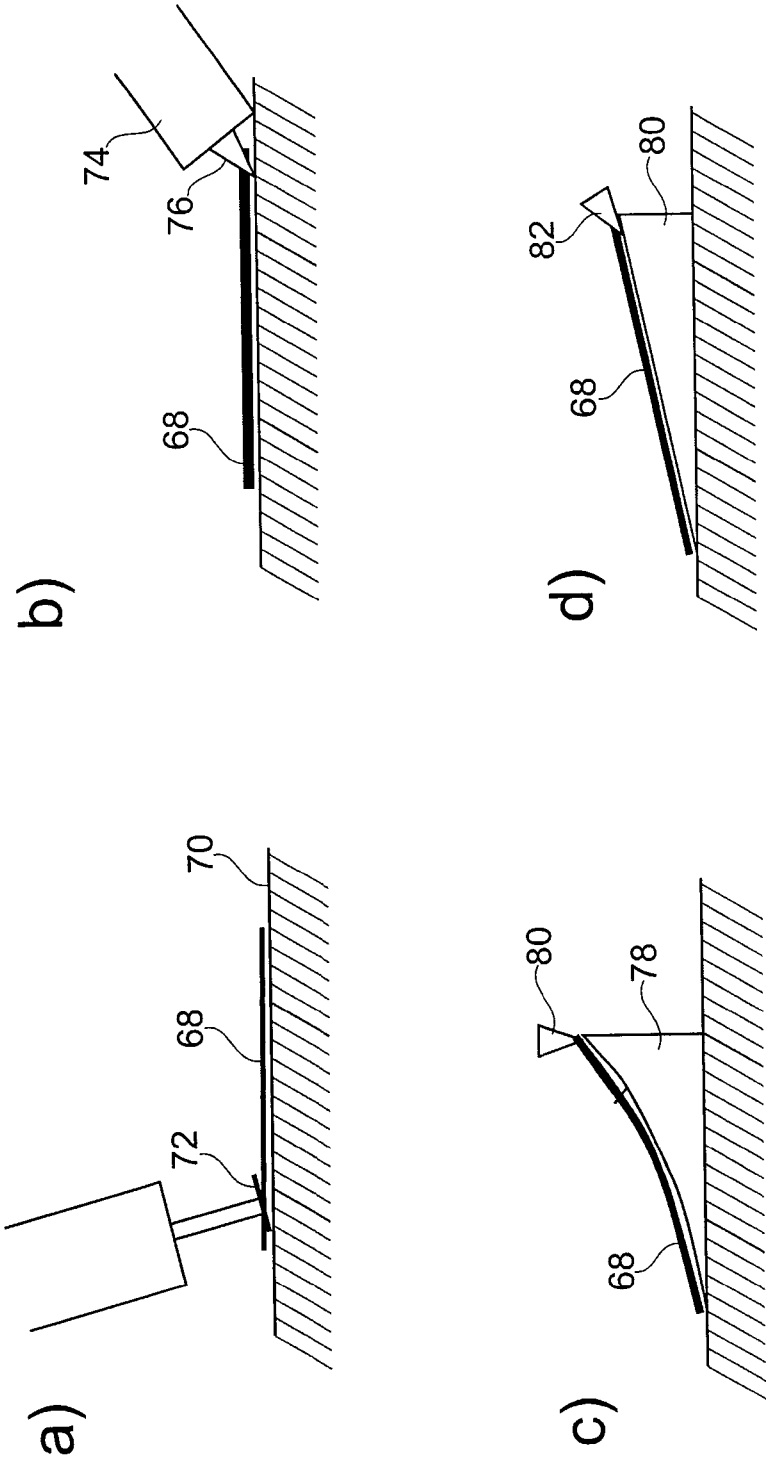


Fig. 13

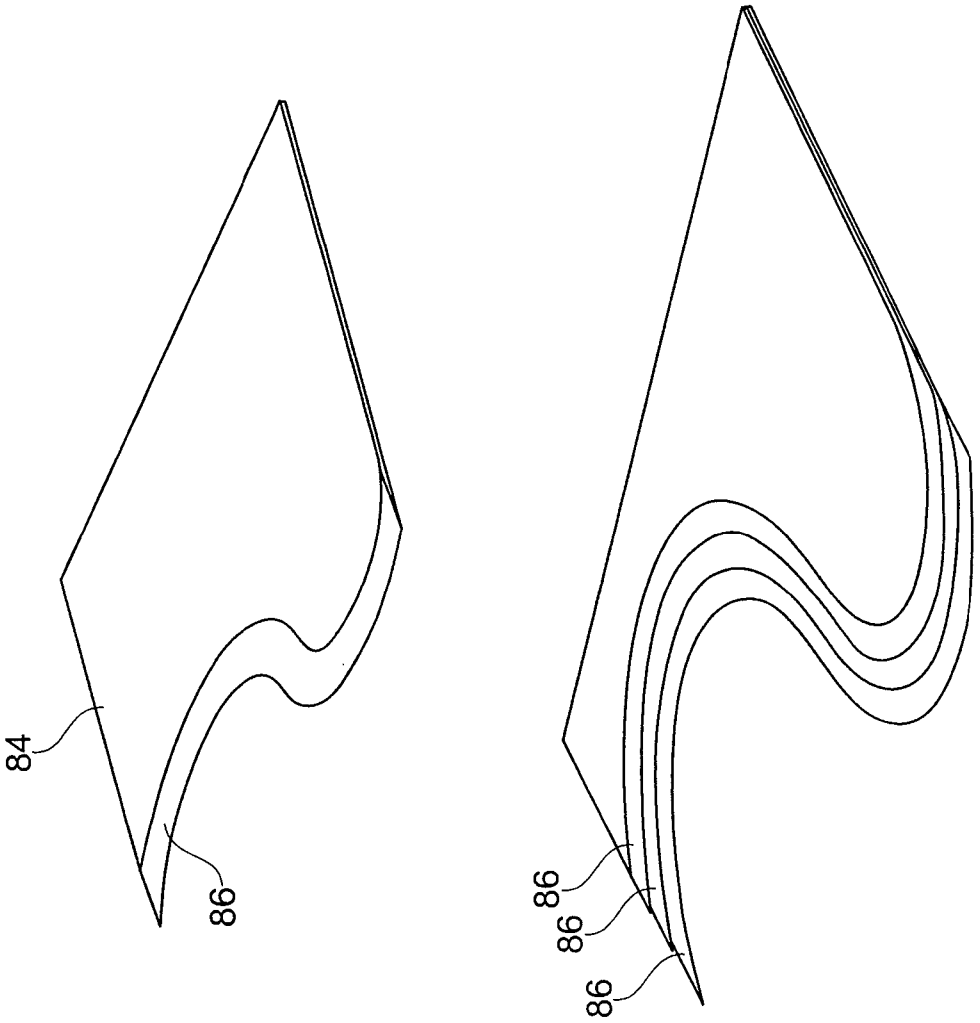


Fig. 14

Fig. 15a

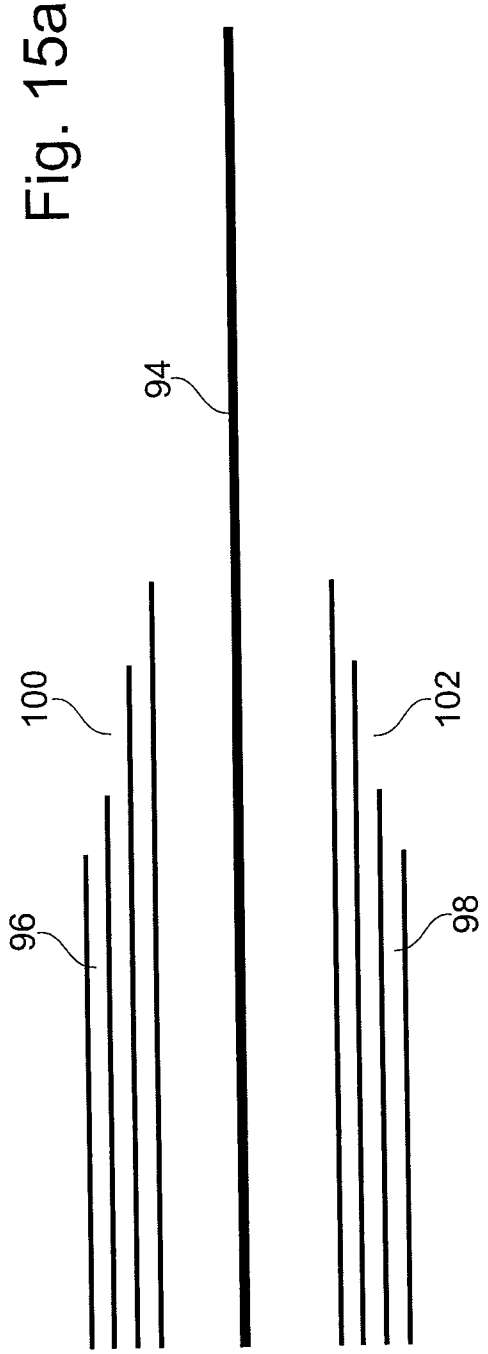
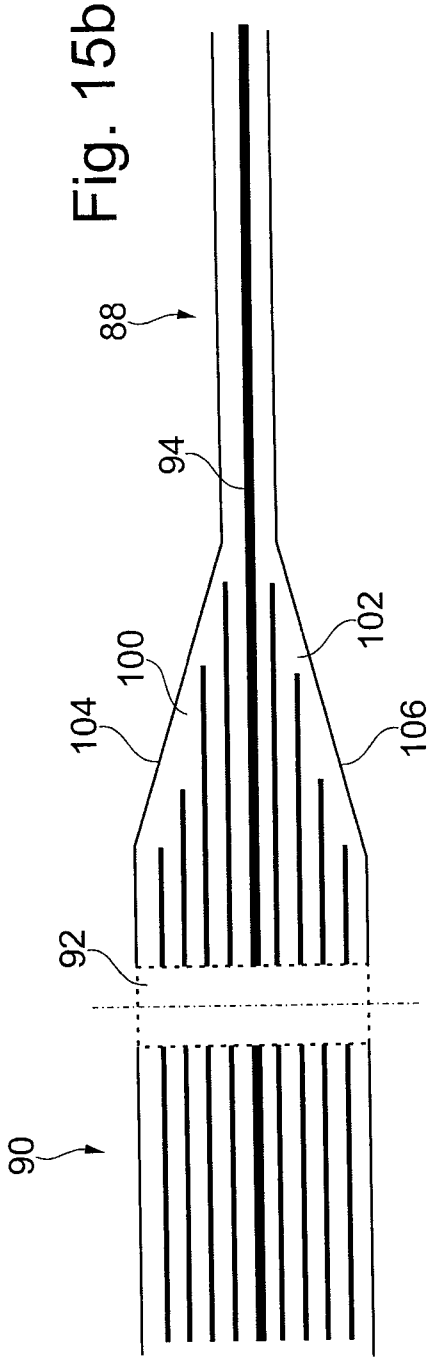



Fig. 15b