

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils sowie ein thermoplastisches Faserverbundbauteil.

[0002] Obwohl auf beliebige thermoplastische Faserverbundbauteile anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrunde liegende Problematik in Bezug auf thermoplastische Faserverbundbauteile eines Luft- oder Raumfahrzeugs näher erläutert.

[0003] Thermoplastische Faserverbundbauteile werden in der Endfertigung meist dadurch hergestellt, dass in Form von Plattenmaterial vorliegende Halbzeuge, sogenannte Platinen, umgeformt bzw. verpresst werden. Das Verpressen thermoplastischer Laminate ist beispielsweise in der US 8,771,575 B2 beschrieben.

[0004] Eine zur Herstellung eines Bauteils für ein Luft- oder Raumfahrzeug einsetzbare Platine **100** ist schematisch in **Fig. 1A** dargestellt. Die Platine **100** weist an ihren Oberflächen jeweils eine Glaslage **101**, **102** auf, welche zum Korrosionsschutz umliegender Teile aus Metall, beispielsweise Aluminiumteile, dient. Die Platine **100** weist mehrere Faserlagen **103**, beispielsweise aus Kohlenstofffasern, und eine thermoplastische Matrix **104** auf. Die Kohlenstofffasern **103** sind dabei in einem Ursprungszustand des Halbzeugs zu einer Mittellinie **105** symmetrisch angeordnet.

[0005] Für die Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils wird die Dicke **106** der Platine **100** und/oder die Anzahl der Faserlagen **103** der Platine in der Regel so gewählt, dass sie die Anforderungen der am meisten belasteten Bauteilabschnitte erfüllt. Eine lokale Verringerung der Dicke **106** oder der Anzahl von Faserlagen **103** kann entweder an der Platine **100** oder nach einem Umformprozess an dem bereits umgeformten Bauteil durch äußere spanende Bearbeitung vorgenommen werden. Ein dementsprechend äußerlich spanend bearbeitetes Bauteil **200** ist in **Fig. 1B** schematisch dargestellt.

[0006] Ein weiterer Ansatz sieht für die Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils einen Aufbau des thermoplastischen Faserverbundbauteils aus einer Vielzahl von bedarfsgerecht abgelegten einzelnen Halbzeugen, sogenannten Tapes, vor. Diese Herstellungsart, die auch als Tapelegen bezeichnet wird, ist beispielsweise in der DE 10 2013 202 046 A1 beschrieben.

[0007] Darüber hinaus existieren gemäß einem weiteren Ansatz auch sogenannte dickenadaptive Halbzeuge, welche Zwischenschichten aus unverstärk-

tem und somit beim Umformen des Halbzeugs in der Dicke verformbarem Thermoplastmaterial aufweisen. Ein derartiges Halbzeug ist beispielsweise in der DE 197 38 388 A1 beschrieben.

[0008] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils sowie ein verbessertes thermoplastisches Faserverbundbauteil bereitzustellen.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und/oder durch ein thermoplastisches Faserverbundbauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

[0010] Demgemäß ist vorgesehen:

- Ein Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils, insbesondere für ein Luft- oder Raumfahrzeug, mit den folgenden Verfahrensschritten: Materialabtragendes Bearbeiten einer ersten Seite einer ersten Platine, wobei die erste Platine ein thermoplastisches Faserverbundmaterial aufweist und durch das materialabtragende Bearbeiten der ersten Seite eine lokale Reduzierung einer Dicke der ersten Platine vorgenommen wird; Positionieren einer zweiten Platine relativ zu der ersten Platine derart, dass die erste Seite der ersten Platine in Deckung mit einer dritten Seite der zweiten Platine gebracht wird; und Fügen der ersten Platine mit der zweiten Platine zu einem gemeinsamen Bauteil, wobei die Oberfläche der ersten Seite der ersten Platine mit der Oberfläche der dritten Seite der zweiten Platine stoffschlüssig verbunden wird.
- Ein thermoplastisches Faserverbundbauteil für ein Luft- oder Raumfahrzeug, hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0011] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, zur Herstellung eines Faserverbundbauteils zwei Platinen miteinander zu fügen, wobei zumindest eine der Platinen vor dem Fügen an der zu fügenden Seite zur Anpassung der Dicke des späteren Bauteils materialabtragend bearbeitet wird. Somit wird eine Dickenänderung erfindungsgemäß an der zusammengesetzten Innenfläche der Platinen berücksichtigt.

[0012] Vorteilhaft wird auf diese Weise eine materialabtragende Bearbeitung von Außenflächen des späteren Bauteils, welche beispielsweise beim äußeren spanenden Bearbeiten einer Platine oder eines Bauteils notwendig ist, vermieden. Dies ist strukturellmechanisch vorteilhaft, da somit außenliegende Faserlagen unversehrt bleiben, was bei vielen Anwendungen die mechanischen Materialeigenschaften verbessert.

[0013] Ferner wird erfindungsgemäß vorteilhaft der Herstellungsprozess vereinfacht, da keinerlei Fräskanten oder dergleichen in direkten Kontakt mit einem (Heiß-)Presswerkzeug geraten, sondern lediglich im Bauteilinneren liegen. Beispielsweise wird so ein unerwünschtes Umschlagen von einzelnen Lagen vermieden.

[0014] Ferner wird trotz der Dickenanpassung vorteilhaft eine optisch ansprechende, gleichmäßige Außenfläche des Bauteils mit vergleichsweise geringem Herstellungsaufwand, insbesondere ohne Zwischenkonsolidierung, erzeugt.

[0015] Zudem bleiben Erfindungsgemäß vorteilhaft etwaige bereits am Halbzeug vorgesehene außenseitige Deckschichten, beispielsweise Glaslagen, unversehrt, was zu einem verbesserten Korrosionsschutz umliegender Bauteile aus Metall beiträgt.

[0016] Zudem vereinfacht die vorliegende Erfindung den Organisationsaufwand in der Fertigung, da Familienbildung und Bauteiländerungen durch die einfache Anpassung lokaler Dicken deutlich leichter ermöglicht sind.

[0017] Zudem ist die Erfindung bei einem Luft- oder Raumfahrzeug auf sein sehr großes Bauteilspektrum übertragbar, sodass durch die vereinfachte Dickenanpassung ein hohes Potential zur Gewichtersparnis eröffnet ist.

[0018] Bei den Platinen handelt es sich insbesondere um konsolidierte Halbzeuge.

[0019] Das materialabtragende Bearbeiten kann beispielsweise eine spanende Bearbeitung sein. Insbesondere kann es sich um eine spanende Bearbeitung durch Fräsen handeln. Für das materialabtragende Bearbeiten sind alternativ oder zusätzlich aber auch anders geartete Trennprozesse denkbar, beispielsweise verschiedene Arten von Strahlschneiden wie Laserstrahl- oder Elektronenstrahlschneiden, oder dergleichen.

[0020] Bei dem Fügen handelt es sich vorzugsweise um ein flächiges Fügen, insbesondere über eine gesamte Bauteilfläche des Faserverbundbauteils. Es ist ferner möglich, einen Verbindungsabschnitt, ein sogenanntes Patch, zur Verstärkung der stoffschlüssigen Verbindung vor dem Fügen zwischen die beiden Platinen einzulegen, welcher bei dem Fügen dann in dem stoffschlüssigen Verbund eingebettet wird.

[0021] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens weist die erste Platine zumindest eine

erste Faserlage auf, welche bei dem materialabtragenden Bearbeiten teilweise abgetragen wird. Somit können innerhalb des Bauteils vorteilhaft unterschiedliche Schichtaufbauten realisiert werden, die an die gewünschte Dickenänderung des Bauteils angepasst sind. Die zweite Platine kann dabei entweder mit ihrer konstanten Dicke belassen werden oder in gleicher Weise wie die erste Platine an der dritten Seite materialabtragend bzw. spanend bearbeitet werden, wobei ebenfalls eine ursprünglich durchgehende Faserlage durch teilweise abgetragen wird.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform weist die erste Platine eine erste Deckschicht auf, welche an einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite angeordnet vorgesehen wird und bei dem materialabtragenden Bearbeiten und/oder bei dem Fügen unversehrt bleibt. Bei der Deckschicht handelt es sich beispielsweise um eine Glaslage, welche zum Korrosionsschutz umliegender Bauteile aus Metall, beispielsweise aus Aluminium, dient. Vorteilhaft bleibt somit der ursprüngliche Korrosionsschutz der Platine, welcher beispielsweise bei einem äußeren spanenden Bearbeiten eines Bauteils durch das Abtragen der Deckschicht nicht mehr vorhanden wäre, erhalten.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform weist die zweite Platine ein thermoplastisches Faserverbundmaterial und eine zweite Deckschicht auf, welche an einer der dritten Seite gegenüberliegenden vierten Seite angeordnet vorgesehen wird. Vorteilhaft ist somit eine zu der ersten Platine symmetrische Ausbildung der zweiten Platine und somit ein zu einer Mittellinie einer Bauteilkontur symmetrischer Aufbau der Faserlagen und/oder der Deckschichten des mit den Platinen hergestellten Bauteils ermöglicht. Darüber hinaus wird mittels der zweiten Deckschicht auch an einer zweiten Außenseite des Bauteils eine beispielsweise zum Korrosionsschutz umliegender Bauteile aus Metall beitragende Schicht, insbesondere eine Glaslage, bereitgestellt.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Schritt des Fügens der Platinen zu einem gemeinsamen Bauteil den Schritt eines Verpressens. Das Verpressen kann je nach Werkstoffauswahl der thermoplastischen Matrix der Platinen eine an den Werkstoff angepasste Wärmebehandlung mit umfassen. Durch das Verpressen werden vorteilhaft Hohlräume, welche durch die materialabtragende Bearbeitung der ersten Seite (und gegebenenfalls der dritten Seite) entstehen, insbesondere durch eine Umformung der ersten und/oder zweiten Platine, geschlossen.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung wird der materialabtragend bearbeitete Abschnitt der ersten Platine bei dem Verpressen umgeformt und mit der dritten Seite der zweiten Platine stoffschlüssig verbunden. Vorteilhaft wird so ein vollständig verbundenes Fa-

serverbundbauteil hergestellt. In gleicher Weise wie bei der ersten Platine kann, falls auch die zweite Platine materialabtragend bearbeitet wird, der materialabtragend bearbeitete Abschnitt der zweiten Platine bei dem Verpressen umgeformt werden. In diesem Fall wird der materialabtragend bearbeitete Abschnitt der zweiten Platine entweder mit dem materialabtragend bearbeiteten Abschnitt der ersten Platine oder mit einem anderen Abschnitt der ersten Seite der ersten Platine stoffschlüssig verbunden. Weiterhin ist es auch möglich, falls an der zweiten Platine kein materialabtragend bearbeiteter Abschnitt vorgesehen ist, die zweite Platine in einem sich mit dem materialabtragend bearbeiteten Abschnitt der ersten Platine in Deckung befindenden Abschnitt mit umzuformen. Die Deckschicht der jeweiligen umgeformten Platine wird stets mit umgeformt und bleibt dabei vorzugsweise unversehrt.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform werden die erste Platine und die zweite Platine mit jeweils einer Mehrzahl von Faserlagen vorgesehen. Vorteilhaft ist somit mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine große Variationsbreite des Schichtaufbaus ermöglicht. Beispielsweise kann es sich dabei um unterschiedlich orientierte Faserlagen handeln.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform wird die zweite Platine mit einer konstanten Dicke vorgesehen. Die Dicke ist dabei insbesondere durchgehend konstant. In diesem Fall wird die zweite Platine an der dritten Seite nicht oder nicht materialabtragend bearbeitet. Vorteilhaft ist somit nur ein Bearbeitungsschritt notwendig. Bei dem Verpressen wird dann die erste Platine mit ihrer ersten Seite und ihrem materialabtragend bearbeiteten Abschnitt mit der unbearbeiteten dritten Seite der zweiten Platine stoffschlüssig verbunden. Dabei kann in der Anordnung im Werkzeug die Oberseite einer unteren Platine oder die Unterseite eine oberen Platine die bearbeitete erste Seite darstellen.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform wird die dritte Seite der zweiten Platine vor dem Positionieren zur lokalen Reduzierung einer Dicke der zweiten Platine materialabtragend bearbeitet. Somit kann eine Symmetrie des Lagenaufbaus der ersten und der zweiten Platine erreicht werden. Auch eine andere als eine symmetrische Ausbildung ist möglich. Die zweite Deckschicht bleibt bei der materialabtragenden Bearbeitung der dritten Seite vorzugsweise unversehrt.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform wird die Reduzierung der Dicke der zweiten Platine symmetrisch zu der ersten Platine vorgesehen. Die Reduzierung der Dicke der zweiten Platine wird dazu vorzugsweise spiegelverkehrt zur Reduzierung der Dicke der ersten Platine, d. h. symmetrisch zu einer Mittellinie zwischen der ersten und zweiten Platine, vorgesehen. Somit kann im herzustellenden Bauteil ein Lagenauf-

bau erreicht werden, welcher bezogen auf eine Mittellinie der Bauteilkontur symmetrisch ist. Auch eine bezogen auf die Mittellinie symmetrische Bauteilkontur wäre denkbar.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform werden die Faserlagen und die Deckschichten der Platinen bei dem Verpressen in eine zu einer Mittellinie einer Bauteilkontur zumindest überwiegend symmetrische Anordnung umgeformt. Unter einem zumindest überwiegend symmetrischen Umformen ist hierbei eine Symmetrie zumindest an denjenigen Abschnitten, an welchen kein Übergang einer Dickenänderung vorgesehen ist, zu verstehen. Hinsichtlich der Dicke konstant bzw. eben geänderte und unveränderte Abschnitte weisen demnach eine Symmetrie zu einer Mittellinie auf. In Abschnitten einer sich verändernden Dicke kann hingegen eine unsymmetrische Ausbildung vorgesehen sein. Bevorzugt ist aber auch an diesen Abschnitten mit einer sich verändernden Dicke eine Symmetrie vorzusehen, insbesondere falls die beiden Platinen zuvor in symmetrischer Weise bearbeitet werden.

[0032] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform eines Faserverbundbauteils ist an einer ersten Außenseite des Faserverbundbauteils eine erste Decklage angeordnet. An einer zweiten Außenseite des Faserverbundbauteils ist eine zweite Decklage angeordnet. Zwischen der ersten und zweiten Decklage ist ferner eine teilweise durchgehende Faserlage angeordnet. Somit kann vorteilhaft eine lokale Dickenänderung und auch eine lokale Änderung des Schichtaufbaus des Bauteils bereitgestellt werden.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform weist das thermoplastische Faserverbundbauteil zumindest eine erste durchgehende Faserlage und eine zweite durchgehende Faserlage auf. Vorzugsweise ist die teilweise durchgehende Faserlage zwischen der ersten durchgehenden Faserlage und der zweiten durchgehenden Faserlage angeordnet. Vorteilhaft sind somit trotz der Dickenänderung und der Änderung der Anzahl der Lagen in einem Außenbereich des Bauteils durchgehende Faserlagen vorgesehen, was strukturmechanisch vorteilhaft ist.

[0034] Gemäß einer Weiterbildung verlaufen die erste durchgehende Faserlage und die zweite durchgehende Faserlage sowie die erste Decklage und die zweite Decklage zumindest überwiegend symmetrisch zu einer Mittellinie der Bauteilkontur. Unter einem zumindest überwiegend symmetrischen Verlauf ist hierbei eine Symmetrie zumindest an denjenigen Abschnitten, an welchen keine Änderung im Verlauf der Dicke stattfindet, zu verstehen. Vorteilhaft ist eine derartige symmetrische bzw. zumindest überwiegend symmetrische Ausbildung strukturmechanisch vorteilhaft.

[0035] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Insbesondere lassen sich sämtliche Merkmale des Verfahrens zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils auf ein thermoplastisches Faserverbundbauteil übertragen, und umgekehrt.

[0036] Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

[0037] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren der Zeichnung näher erläutert. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

[0038] Von den Figuren zeigen:

[0039] Fig. 1A eine schematische Darstellung einer Platine;

[0040] Fig. 1B eine schematische Darstellung eines spanend bearbeiteten Bauteils;

[0041] Fig. 2A eine schematische Darstellung zweier Platinen;

[0042] Fig. 2B die Platinen gemäß Fig. 2A nach einer spanenden Bearbeitung;

[0043] Fig. 2C die Platinen gemäß Fig. 2B nach einem Positionieren;

[0044] Fig. 2D ein aus den Platinen gemäß Fig. 2C durch Verpressen gefügtes Faserverbundbauteil;

[0045] Fig. 3 eine Seitenansicht eines Faserverbundbauteils eines Luft- oder Raumfahrzeugs; und

[0046] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht des Faserverbundbauteils gemäß Fig. 3.

[0047] In den Figuren bezeichnen dieselben Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

[0048] Fig. 1A zeigt eine schematische Darstellung einer Platine, die an ihren Oberflächen jeweils eine Glaslage **101**, **102** aufweist. Die Platine **100** weist mehrere Faserlagen **103**, beispielsweise aus Kohlenstofffasern, und eine thermoplastische Matrix **104**

auf. Die Kohlenstofffasern **103** sind zu einer Bauteilmittellinie **105** symmetrisch angeordnet.

[0049] Fig. 1B zeigt eine schematische Darstellung eines spanend bearbeiteten Bauteils **200**. Es handelt sich um ein Faserverbundbauteil, welches aus der Platine **100** hergestellt ist.

[0050] Für die Herstellung wird eine lokale Verringerung der Dicke **106** und der Anzahl von Faserlagen **103** durch äußere spanende Bearbeitung vorgenommen. Dazu wird an einer der Außenseiten, hier beispielhaft an der Oberseite, Material abgetragen. Der Materialabtrag kann beispielsweise mittels Fräsen erfolgen.

[0051] Auf diese Weise werden die Dicke und die Anzahl der Faserlagen des Bauteils **200** lokal verringert. Allerdings wird dabei eine Glaslage **101** an der spanend bearbeiteten Oberfläche des Bauteils **200** teilweise mit abgetragen.

[0052] Dabei bleibt der Faserverlauf in seiner ursprünglichen Form erhalten. Es werden lediglich oberflächennahe Faserlagen **103** teilweise abgetragen. Der Verlauf der Faserlagen **103** und der Glaslage **101**, **102** ist somit in dem bearbeiteten Abschnitt **107** asymmetrisch zu einer Mittellinie **105** der Bauteilkontur.

[0053] Fig. 2A zeigt eine schematische Darstellung zweier Platinen **2**, **3**.

[0054] Eine erste Platine **2** weist eine erste Seite **4** und eine zweite Seite **10** auf. Eine Dicke **6** der ersten Platine **2** ist zunächst durchgehend konstant.

[0055] Die erste Platine **2** weist an ihrer zweiten Seite **10** eine erste Deckschicht **9** auf, welche als eine korrosionsschützende Glaslage ausgebildet sein kann. Ferner weist die erste Platine **2** ein Faserverbundmaterial **5** auf, welches auch an der ersten Seite **4** ohne eine Deckschicht vorliegt. Derartige Platinen werden beispielsweise durch die Firma TenCate unter der Bezeichnung „Cetex®“ vertrieben.

[0056] Das Faserverbundmaterial **5** enthält Faserlagen **8**, **8'**, **8''** und eine thermoplastische Matrix, in welche die Faserlagen **8**, **8'**, **8''** eingebettet sind. Die Darstellung der Faserlagen **8**, **8'**, **8''** ist rein illustrativ zu verstehen. Es handelt sich dabei vorzugsweise um eine Mehrzahl verschieden orientierter Faserlagen, beispielsweise eine -45° , eine $+45^\circ$, eine 90° und eine 0° orientierte Faserlage. Es können auch eine andere Anzahl und/oder Orientierung von Faserlagen vorgesehen sein.

[0057] Die zweite Platine **3** weist eine dritte Seite **7** und eine vierte Seite **12** auf. Sie ist mit einer Dicke **14** gebildet, welche ebenfalls durchgehend konstant ist.

[0058] Die zweite Platine **3** weist an der vierten Seite **12** eine zweite Deckschicht **11** auf, welche beispielsweise als korrosionsschützende Glaslage ausgebildet sein kann. Im Übrigen weist auch die zweite Platine **3** ein Faserverbundmaterial **5** auf, welches in gleicher Weise wie die erste Platine **2** in eine thermoplastische Matrix eingebetteten Faserlagen **16**, **16'**, **16''** aufweist.

[0059] In der dargestellten Ausführungsform sind die erste Platine **2** und die zweite Platine **3** rein beispielhaft gleich ausgebildet und spiegelverkehrt zueinander angeordnet. Bei weiteren Ausführungsformen kann zweite Platine **3** jedoch auch eine sich von der ersten Platine **1** unterscheidende Gestalt, beispielsweise eine unterschiedliche, insbesondere größere oder kleinere, Dicke **14**, eine unterschiedliche Anzahl von Faserlagen **16**, **16'**, **16''**, ..., keine oder eine andere Art von Deckschicht **12**, eine größere oder kleinere Länge oder andere Unterscheidungsmerkmale aufweisen, wobei auch Kombinationen von Unterscheidungsmerkmalen möglich sind.

[0060] Bei den Platinen **2**, **3** handelt es sich um konsolidierte Halbzeuge.

[0061] Fig. 2B zeigt die Platinen gemäß Fig. 2A nach einer spanenden Bearbeitung. Bei der spanenden Bearbeitung handelt es sich um einen Materialabtrag, sodass ein materialabtragend bearbeiteter Abschnitt **13**, **13'** erzeugt wird.

[0062] Der materialabtragend bearbeitete Abschnitt **13** erstreckt sich an der ersten Platine **2** in das Faserverbundmaterial **5** so weit, dass eine nahe an der ersten Seite **4** liegende erste Faserlage **8** teilweise mit abgetragen wird. Die weiteren Faserlagen **8'**, **8''** und die erste Decklage **9** bleiben unversehrt.

[0063] In dazu symmetrischer Weise erstreckt sich der materialabtragend bearbeitete Abschnitt **13'** an der zweiten Platine **3** in deren Faserverbundmaterial **5** so weit, dass eine nahe an der dritten Seite **7** liegende Faserlage **16** teilweise abgetragen wird, wobei die übrigen Faserlagen **16'**, **16''** sowie die zweite Decklage **11** unversehrt bleiben.

[0064] Fig. 2C zeigt die Platinen gemäß Fig. 2B nach einem Positionieren. Beim Positionieren werden die Platinen **2**, **3** derart angeordnet, dass die erste Seite **4** in Deckung mit der dritten Seite **7** ist.

[0065] In der dargestellten Ausführungsform, in welcher die Platinen symmetrisch ausgebildet und in symmetrischer Weise materialabtragend bearbeitet sind, liegen unbearbeitete Abschnitte der ersten Seite **4** und der dritten Seite **7** direkt aufeinander auf.

[0066] Darüber hinaus sind in der dargestellten Ausführungsform auch die materialabtragend bearbeitete

ten Abschnitte **13**, **13'** der ersten Platine **2** und der zweiten Platine **3** in Deckung zueinander angeordnet, sodass insgesamt eine zu einer eingezeichneten fiktiven Mittellinie **15'** symmetrische Anordnung der Platinen **2**, **3** vorliegt.

[0067] Bei anderen Ausführungsformen, bei welchen die Platinen nicht symmetrisch ausgebildet sind oder nicht in symmetrischer Weise bearbeitet werden, kann sich diese Anordnung hinsichtlich der Symmetrie unterscheiden. Jedoch ist auch bei unterschiedlich ausgebildeten oder bearbeiteten Platinen nach dem Positionieren eine Deckung der ersten Seite **4** mit der dritten Seite **7** vorgesehen.

[0068] Fig. 2D zeigt ein aus den Platinen **2**, **3** gemäß Fig. 2C durch Verpressen gefügtes Bauteil **1**.

[0069] Bei dem Schritt des Verpressens, welcher angepasst an den verwendeten Thermoplastwerkstoff der Matrix gegebenenfalls eine vorgelagerte, nachgelagerte oder gleichzeitige Wärmebehandlung beinhalten kann, werden die erste Seite **4** und die dritte Seite **7** der Platinen **2**, **3** stoffschlüssig miteinander verbunden. Ferner wird der materialabtragend bearbeitete Abschnitt **13** der ersten Platinen **2** bei dem Verpressen umgeformt und mit der dritten Seite **7** der zweiten Platine **3** stoffschlüssig verbunden.

[0070] Bei der hier gezeigten Ausführungsform wird der materialabtragend bearbeitete Abschnitt **13** der ersten Platine **2** im Bereich des gegenüberliegend angeordneten materialabtragend bearbeiteten Abschnitts **13'** der zweiten Platine **3** mit der dritten Seite **7** stoffschlüssig verbunden, sodass die beiden materialabtragend bearbeiteten Abschnitte **13**, **13'** bündig miteinander gefügt werden.

[0071] Das auf diese Weise entstehenden Bauteil **1** weist sodann einen Faserverlauf der Faserlagen **8**, **8'**, **8''** und **16**, **16'**, **16''** auf, welcher in einem ersten Bereich **19**, in welchem keine Änderung der Dicke der Platinen vorgenommen wurde und in einem zweiten Bereich **20**, in dem eine konstante Änderung der Dicke der Platinen vorgenommen wurde, symmetrisch zu einer Mittellinie **15** der Bauteilkontur verlaufen.

[0072] Auch in einem Übergangsbereich **21**, in welchem sich die Dicke in ihrem Verlauf verändert, weist der Faserverlauf eine Symmetrie zu der Mittellinie **15** auf.

[0073] Bei weiteren Ausführungen kann dadurch bedingt, dass vor dem Verpressen die Dicke **6**, **14** der jeweiligen Platinen **2**, **3** zur Anpassung zwischen einem hinsichtlich der Dicke durch den Materialabtrag geänderten Abschnitt zu einem hinsichtlich der Dicke nicht geänderten Abschnitt eine Änderung aufweist, auch eine Asymmetrie vorliegen. Insgesamt ist der Faser-

verlauf dennoch stets zumindest weitgehend symmetrisch zur Mittellinie **15** der Bauteilkontur.

[0074] Somit weist eine erste Außenseite **17** des Bauteils **1** einen von außen sichtbaren Übergangsbereich **21** auf, an welchem sich die Dicke des Bauteils ändert. Eine zweite Außenseite **18** ist hingegen eben ausgebildet.

[0075] Bei einer weiteren Ausführungsform wäre es aber ebenso denkbar, die materialabtragend bearbeiteten Abschnitte **13**, **13'** der ersten Platine **2** und der zweiten Platine **3** in gleicher Weise zu verformen, sodass diese sich in einer Bauteilmitte bzw. auf einer Mittellinie **15** der Bauteilkontur treffen und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. In diesem Fall wäre eine ideale Symmetrie der Faserlagen zu einer Mittellinie **15** ermöglicht.

[0076] Bei einer noch weiteren Ausführungsform, bei welcher lediglich die erste Platine **2** mit einem materialabtragend bearbeiteten Abschnitt **13** versehen wird und die zweite Platine **3** nicht materialabtragend bearbeitet wird, ist der Faserverlauf in ähnlicher Weise vorgesehen, wobei jedoch alle Faserlagen **16**, **16'**, **16''** der zweiten Platine **3** durchgehend erhalten bleiben und sich somit die erste Faserlage **8** und die weiteren Faserlagen **8'**, **8''** sowie die der Decklage **9** der ersten Platine **2** in geringerem Maße abwickeln.

[0077] Auch hierbei kann der Dickenunterschied entweder nur durch eine Umformung des materialabtragend bearbeiteten Abschnitts **13** der ersten Platine **2** oder zusätzlich auch durch eine gleichzeitig entgegengesetzte Umformung des damit Deckung liegenden Bereichs der zweiten Platine **3** ausgeglichen werden.

[0078] Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht eines Faserverbundbauteils **1'** eines Luft- oder Raumfahrzeugs. Es handelt sich dabei um einen L-förmigen Clip, der beispielsweise zur Anbindung eines Spants an eine Haut dient.

[0079] Der L-förmigen Clip weist einen längeren Arm **22** und einen kürzeren Arm **23** auf. Im Bereich des längeren Arms **22** weist der Clip einen Übergangsbereich **21** auf, an welchem sich die Dicke der Bauteilkontur ändert.

[0080] Zur Herstellung eines derartigen Clips werden zwei Platinen in der in Bezug auf die Fig. 2A bis Fig. 2D beschriebenen Weise angeordnet, materialabtragend bearbeitet, zueinander positioniert und zum Formen des Clips miteinander verpresst und dabei gefügt. Bei dem Verpressen wird zusätzlich zum Fügen der ersten und zweiten Platinen auch ein Umformen zum Abwinkeln des kürzeren Arms **23** zum längeren Arm **22** vorgenommen, sodass die L-Form hergestellt wird.

[0081] Somit wird ein L-förmiger Clip bereitgestellt, welcher in seinem Verlauf eine Dickenänderung aufweist und vollständig durchgehend unversehrte äußere Deckschichten, insbesondere umliegende Bauteile aus Metall vor Korrosion schützende Glaslagen, aufweist.

[0082] Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht des Faserverbundbauteils **1'** gemäß Fig. 3.

[0083] Mit gestrichelten Linien ist hier jeweils eine Konturänderung an der Oberfläche angedeutet. Es handelt sich dabei um die Konturänderung auf einer der Abwinkelung des kürzeren Arms **23** entgegengesetzten Außenseite **17**, welche vollständig mit einer Deckschicht **9** überzogen ist.

[0084] Obwohl die vorliegende Erfindung hier anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

[0085] Beispielsweise muss die materialabtragende Bearbeitung der Platinen nicht notwendigerweise durch eine spanende Bearbeitung erfolgen. Denkbar wären darüber hinaus optional oder zusätzlich auch entsprechend abgestimmte Trennprozesse, beispielsweise mittels Laserstrahl-, Elektronenstrahl oder Wasserstrahlschneiden, oder dergleichen.

[0086] Darüber hinaus ist das Verfahren auch auf Platinen ohne Deckschicht anwendbar. Ferner können auch anders geartete Deckschichten vorgesehen sein, beispielsweise als Faserlage ausgebildete Deckschichten.

[0087] Anstatt eines L-förmigen Clips können beliebige andere Faserverbundbauteile, insbesondere auch komplexere Bauteile, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Bezugszeichenliste

1, 1'	Faserverbundbauteil
2	erste Platine
3	zweite Platine
4	erste Seite
5	Faserverbundmaterial
6	Dicke
7	dritte Seite
8	erste Faserlage
8', 8''	weiteren Faserlagen
9	Deckschicht
10	zweite Seite
11	Deckschicht
12	vierte Seite
13, 13'	materialabtragend bearbeiteter Abschnitt
14	Dicke
15, 15'	Mittellinie

16	Faserlage
16', 16"	weitere Faserlagen
17	erste Außenseite
18	zweite Außenseite
19	erster Bereich
20	zweiter Bereich
21	Übergangsabschnitt
22	längerer Arm
23	kürzerer Arm
100	Platine
101, 102	Glaslage
103	Faserlagen
104	Matrix
105	Mittellinie
106	Dicke
107	spanend bearbeiteter Abschnitt
200	Bauteil

ZITATE ENHALTEN 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 8771575 B2 [0003]
- DE 102013202046 A1 [0006]
- DE 19738388 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines thermoplastischen Faserverbundbauteils (1; 1'), insbesondere für ein Luft- oder Raumfahrzeug, mit den folgenden Verfahrensschritten:

Materialabtragendes Bearbeiten einer ersten Seite (4) einer ersten Platine (2), wobei die erste Platine (2) ein thermoplastisches Faserverbundmaterial (5) aufweist und durch das materialabtragende Bearbeiten der ersten Seite (4) eine lokale Reduzierung einer Dicke (6) der ersten Platine (2) vorgenommen wird; Positionieren einer zweiten Platine (3) relativ zu der ersten Platine (2) derart, dass die erste Seite (4) der ersten Platine (2) in Deckung mit einer dritten Seite (7) der zweiten Platine (3) gebracht wird; und Fügen der ersten Platine (2) mit der zweiten Platine (3) zu einem gemeinsamen Bauteil (1; 1'), wobei die Oberfläche der ersten Seite (4) der ersten Platine (2) mit der Oberfläche der dritten Seite (7) der zweiten Platine (3) stoffschlüssig verbunden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Platine (2) zumindest eine erste Faserlage (8) aufweist, welche bei dem materialabtragenden Bearbeiten teilweise abgetragen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Platine (2) eine erste Deckschicht (9) aufweist, welche an einer der ersten Seite (4) gegenüberliegenden zweiten Seite (10) angeordnet vorgesehen wird und bei dem materialabtragenden Bearbeiten und/oder bei dem Fügen unversehrt bleibt.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Platine (3) ein thermoplastisches Faserverbundmaterial (5) und eine zweite Deckschicht (11) aufweist, welche an einer der dritten Seite (7) gegenüberliegenden vierten Seite (12) angeordnet vorgesehen wird.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt des Fügens der Platinen (2, 3) zu einem gemeinsamen Bauteil (1; 1') den Schritt eines Verpressens umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein materialabtragend bearbeiteter Abschnitt (13) der ersten Platine (2) bei dem Verpressen umgeformt und mit der dritten Seite (7) der zweiten Platine (3) stoffschlüssig verbunden wird.

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Platine (2) und die zweite Platine (3) mit jeweils einer Mehrzahl von Faserlagen (8, 8', 8'') vorgesehen werden.

8. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Platine (3) mit einer konstanten Dicke (14) vorgesehen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Seite (7) der zweiten Platine (3) vor dem Positionieren zur lokalen Reduzierung einer Dicke (14) der zweiten Platine (3) materialabtragend bearbeitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reduzierung der Dicke (14) der zweiten Platine (3) symmetrisch zu der ersten Platine (2) vorgesehen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserlagen (8, 8', 8'') und die Deckschichten (9, 11) der Platinen (2, 3) bei dem Verpressen in eine zu einer Mittellinie (15) einer Bauteilkontur zumindest überwiegend symmetrische Anordnung umgeformt werden.

12. Thermoplastisches Faserverbundbauteil (1; 1') für ein Luft- oder Raumfahrzeug, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche.

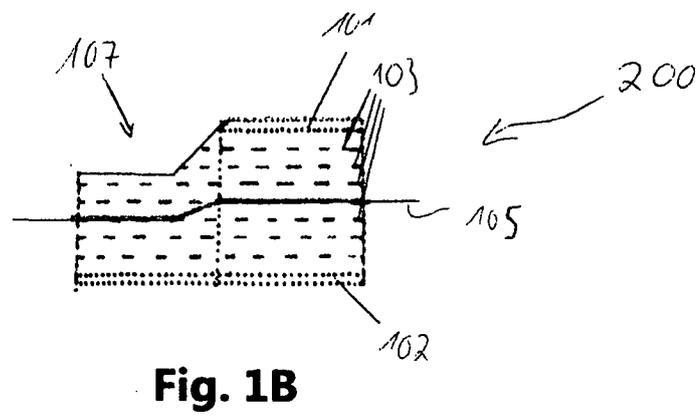
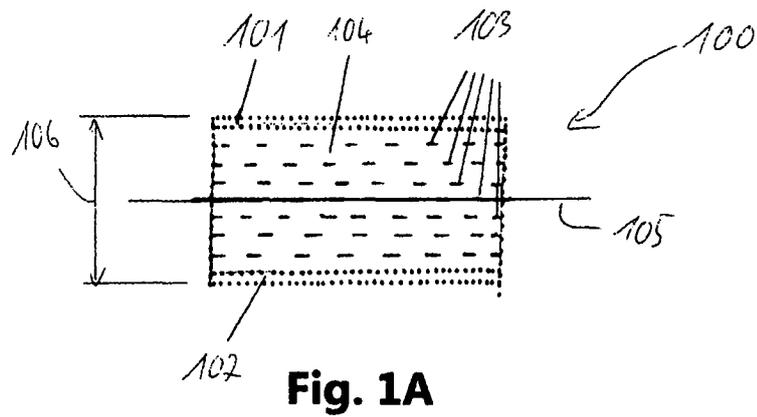
13. Faserverbundbauteil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer ersten Außenseite (17) des Faserverbundbauteils (1; 1') eine erste Decklage (9) angeordnet ist, an einer zweiten Außenseite (18) des Faserverbundbauteils (1; 1') eine zweite Decklage (11) angeordnet ist, und zwischen der ersten und der zweiten Decklage (9; 11) eine teilweise durchgehende Faserlage (8; 16) angeordnet ist.

14. Faserverbundbauteil nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das thermoplastische Faserverbundbauteil (1; 1') zumindest eine erste durchgehende Faserlage (8'; 8'') und eine zweite durchgehende Faserlage (16'; 16'') aufweist, wobei die teilweise durchgehende Faserlage (8; 16) zwischen der ersten durchgehenden Faserlage (8'; 8'') und der zweiten durchgehenden Faserlage (16'; 16'') angeordnet ist.

15. Faserverbundbauteil nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste durchgehende Faserlage (8'; 8'') und die zweite durchgehende Faserlage (16'; 16'') sowie die erste Decklage (9) und die zweite Decklage (11) zumindest überwiegend symmetrisch zu einer Mittellinie (15) der Bauteilkontur verlaufen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



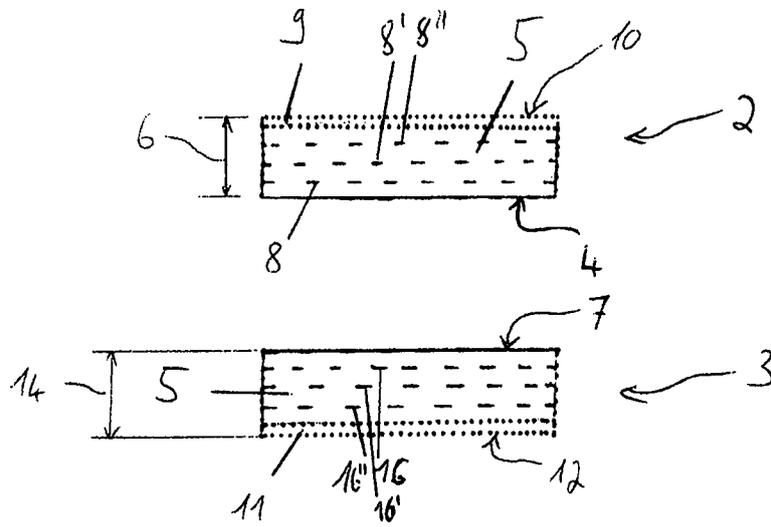


Fig. 2A

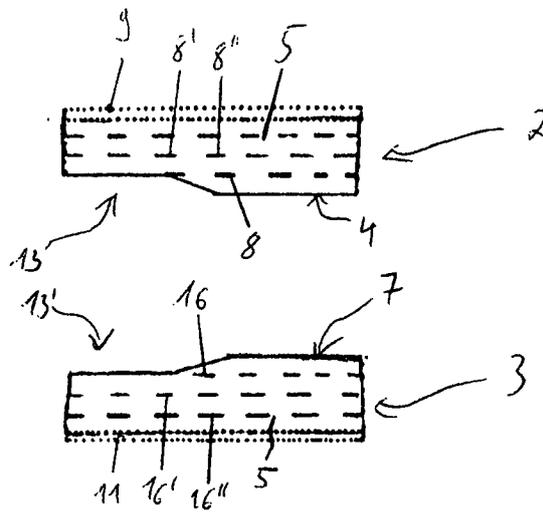


Fig. 2B

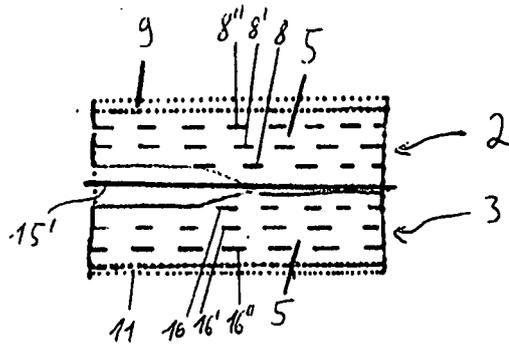


Fig. 2C

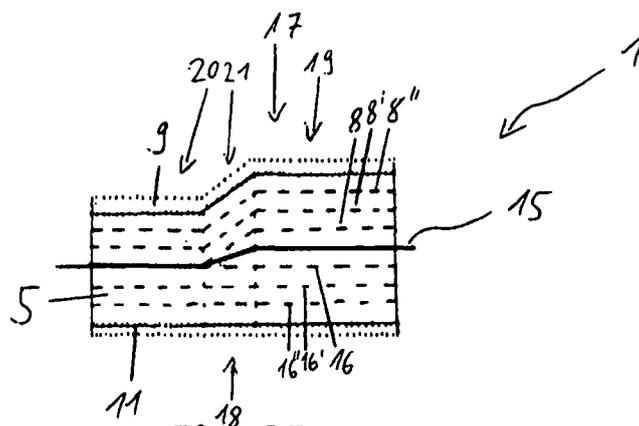


Fig. 2D

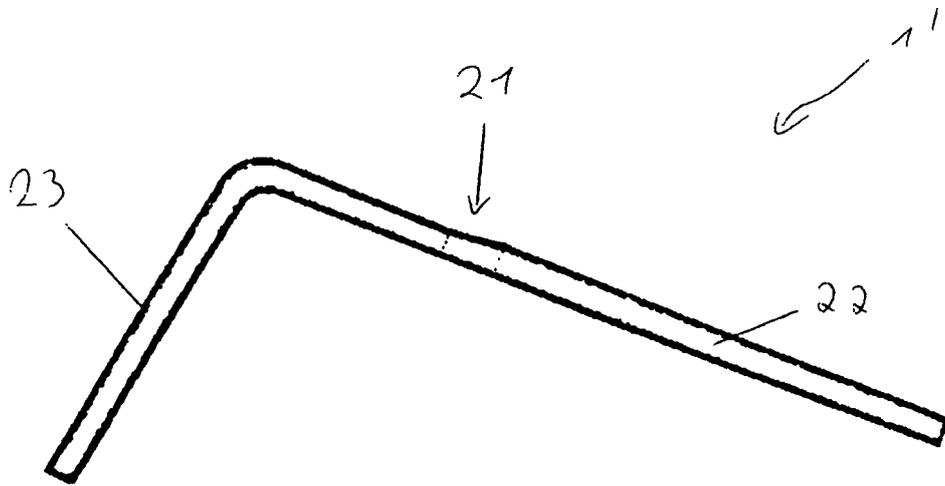


Fig. 3

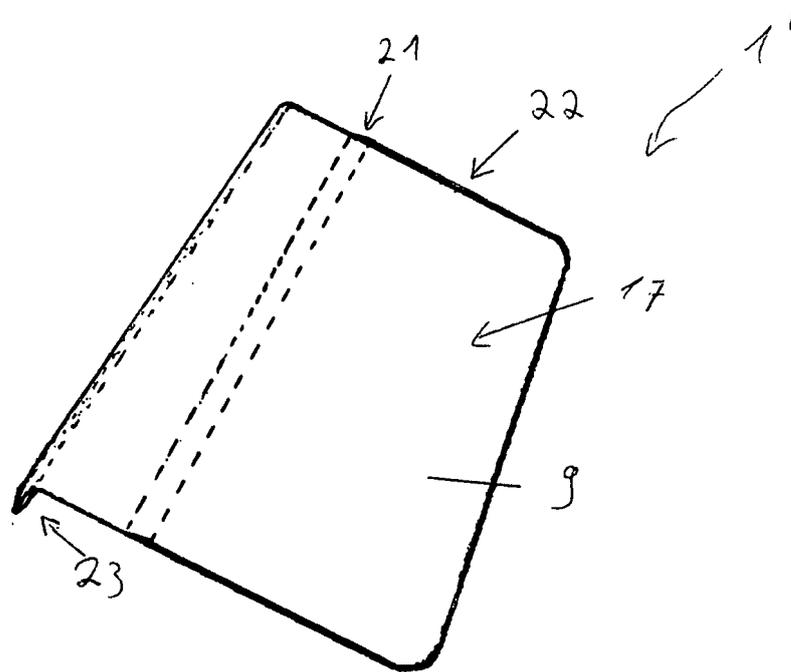


Fig. 4