



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 041 172 A1** 2010.03.11

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 041 172.8**

(22) Anmeldetag: **12.08.2008**

(43) Offenlegungstag: **11.03.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F16B 5/00** (2006.01)

B23K 33/00 (2006.01)

B64C 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(72) Erfinder:

**Bense, Rolf, 21635 Jork, DE; Biesek, Steffen,
21129 Hamburg, DE; Goehlich, Robert Alexander,
22761 Hamburg, DE; Herbst, Karl-Hinrich, 28199
Bremen, DE; Kreimeyer, Michael, 28816 Stuhr, DE;
Kulik, Christian, 27711 Osterholz-Scharmbeck,
DE; Pacchione, Marco, 22605 Hamburg, DE**

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

DE 10 2006 046080 A1

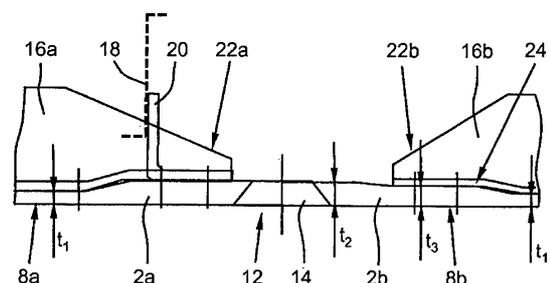
DE 698 23 746 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Leichtbaustruktur**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist eine Leichtbaustruktur, insbesondere für ein Flugzeug, die aus einer Vielzahl von mittels Schweißfügeverfahren verbindbaren Bauteilen gebildet ist. Erfindungsgemäß weist die Leichtbaustruktur eine im Fügebereich der zumindest einen Schweißverbindung gegenüber einer Dicke t_1 des Bauteiles außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke t_2 auf.



Beschreibung

1 gelöst.

[0001] Die Erfindung betrifft eine Leichtbaustruktur, insbesondere für ein Flugzeug, die aus einer Vielzahl von mittels Schweißfügeverfahren verbindbaren Bauteilen gebildet ist.

[0002] Bei der derzeitigen Fertigung von großflächigen Strukturbauteilen, beispielsweise Rumpfschalen für Flugzeuge, werden Hautbleche bzw. Hautfelder maximal möglicher Größe zur Herstellung der Rumpfstruktur verwendet, um die Anzahl der Längs- und Querverbindungen und damit das Strukturgewicht des Flugzeugrumpfes zu minimieren. Die Hautbleche werden durch Anbringen von Stringern und Spantsegmenten zu Schalen und anschließend zu Sektionen zusammengefügt, die abschließend mittels einer Querverbindung zu der Rumpfstruktur verbunden werden, wobei als Fügeverfahren neben dem Nieten und Kleben auch Schweißverfahren, wie insbesondere das Reibrührschweißen (s. g. "Friction Stir Welding", FSW), eingesetzt werden, um durch Wegfall der Befestigungselemente eine Gewichtsreduzierung der Strukturbauteile bei verringertem fertigungstechnischem Aufwand zu erreichen.

[0003] Derartige Reibrührschweißvorrichtungen weisen einen Reibrührschweißkopf mit einem um seine Längsachse drehenden, einseitig oder beidseitig des Werkstückes eine Werkzeugschulter aufweisenden Schweißstift auf. Infolge der durch die Rotation des Schweißstiftes und des Schulterwerkzeuges erzeugten Reibungswärme wird das Material im Nahtbildungsbereich plastifiziert, wobei der rotierende Schweißstift die Verrührung, und damit eine Vermischung des Materials der Bauteile bewirkt. Die Werkzeugschultern ermöglichen eine einseitige oder beidseitige Glättung der Nahtoberfläche in einem Arbeitsgang. Um eine ausreichende Festigkeit in den Fügebereichen, d. h. im Bereich der Längs- und Querschweißnähte zu gewährleisten, ist eine entsprechend den Strukturbelastungen dimensionierte Blechdicke der Hautbleche erforderlich, so dass derartige Strukturbauteile ein hohes Strukturgewicht aufweisen.

[0004] Fertigungstechnisch ist ferner nachteilig, dass beim Zusammentreffen einer Quernaht mit einer Überlapp-Längsnaht ein Dickensprung entsteht, der nicht mittels einer Reibrührschweißnaht überbrückbar ist.

[0005] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Leichtbaustruktur zu schaffen, bei der eine hohe mechanische Festigkeit bei minimalem Strukturgewicht und fertigungstechnischem Aufwand ermöglicht ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Leichtbaustruktur mit den Merkmalen des Patentanspruchs

[0007] Die erfindungsgemäße Leichtbaustruktur, insbesondere für ein Flugzeug, ist aus einer Vielzahl von mittels Schweißfügeverfahren verbindbaren Bauteilen gebildet. Erfindungsgemäß weist die Leichtbaustruktur im Fügebereich der zumindest einen Schweißverbindung eine gegenüber einer Dicke des Bauteiles außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke auf. Der Dickenverlauf wird vorzugsweise entsprechend dem Lastverlauf der Leichtbaustruktur ausgebildet, so dass eine, den hohen Ansprüchen an die Verbindungsqualität, insbesondere in der Luftfahrt, entsprechende Verbindung erreicht wird. Aufgrund der im Fügebereich an die Beanspruchung angepassten Bauteildicke, wird eine gewichtsoptimierte Struktur hoher Festigkeit ermöglicht. Dadurch sind gegenüber dem Stand der Technik großflächige Leichtbaustrukturen in der Montage, insbesondere in der so genannten "Major Component Assembly" (MCA) und "Final Assembly Line" (FAL) möglich.

[0008] Gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist zumindest ein Bauteil im Fügebereich der Schweißverbindung mit einer gegenüber einer Blechdicke des Bauteiles außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerten Blechdicke versehen.

[0009] Bei einer konkreten Ausführungsform ist die Schweißverbindung als eine Schweißstumpfnah ausgebildet, wobei die zu verbindenden Bauteile eine gegenüber einer Blechdicke des Bauteiles außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Blechdicke aufweisen. Vorzugsweise ist die Blechdicke der Bauteile im Fügebereich identisch ausgebildet, so dass eine bündige Anlage erreicht wird.

[0010] Die Schweißverbindung kann alternativ oder zusätzlich zumindest eine Überlappungsnah aufweisen.

[0011] Die Bauteile sind zur Ausbildung einer lastabhängigen Blechdicke vorzugsweise aus mehreren Blechen unterschiedlicher Dicke zusammengesetzt ("Tailored Blank"). Diese Lösung hat den Vorteil, dass die Bauteile nicht fertigungstechnisch aufwendig auf die gewünschte Blechdicke abgetragen werden müssen, um ein gewichtsoptimiertes Strukturbauteil zu erreichen.

[0012] Die Bauteile weisen bei einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel einen stufenförmigen Dickenverlauf auf, wobei die Blechdicke in Abhängigkeit der jeweiligen Last ortsabhängig ausgebildet ist.

[0013] Die Bauteile bilden erfindungsgemäß besonders bevorzugt ein Hautfeld einer Flugzeugrumpf-

struktur aus, wobei Profilteile wie Stringer und/oder Spante zur Verstärkung des Hautfeldes aufbringbar sind. Hierbei wird es besonders bevorzugt, wenn sich der Bereich mit vergrößerter Blechdicke bis in einen Verbindungsbereich der Profilteile erstreckt. Die Spante sind mittels Verbindungsclips oder aufgrund des an die Belastung angepassten Dickenverlaufs der Hautbleche direkt an dem Hautfeld fixierbar.

[0014] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel wird die im Fügebereich vergrößerte Bauteildicke der Leichtbaustruktur durch zumindest ein Verstärkungsblech zur Ausbildung eines zusätzlichen Lastpfades erreicht. Als fertigungstechnisch besonders vorteilhaft hat es sich hierbei erwiesen, wenn die zu fügenden Bauteile im Fügebereich in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, wobei das Verstärkungsblech die Endabschnitte der Bauteile zumindest abschnittsweise überlappt und mittels einer Schweißverbindung mit diesen verbunden ist. Die Hautbleche können hierbei beabstandet zueinander angeordnet sein, so dass ein toleranzkompensierendes Querschnittskonzept erreicht wird.

[0015] Das zumindest eine Verstärkungsblech ist vorzugsweise als ein im Bereich der Stringerenden zurückgesetztes, die Stringerenden abschnittsweise umgreifendes Kammblech ausgebildet. Die Geometrie des Kammblech ermöglicht einen Toleranzausgleich für die Quernaht ohne dabei die Nullausrichtung der Stringerenden verändern zu müssen, bzw. Verbindungselemente (Stringerkupplungen) zu verwenden. Die Kammbleche bilden einen Lastpfad aus und ermöglichen dadurch ein Auslaufen der Stringer vor dem Nahtbereich. Somit kann im Sektionsstoß auf eine Kupplung der Stringerenden mittels Verbindungselementen verzichtet werden. Zusätzlich können die Stringerenden einzelner oder aller gegenüberliegend angeordneter Stringer mittels Verbindungselementen verbunden sein. Dadurch kann eine nochmals verbesserte Bauteilfestigkeit und Ausfallsicherheit erreicht werden.

[0016] Erste Bauteile bilden bei einem konkreten Ausführungsbeispiel der Erfindung zumindest eine innere Blechhaut und zweite Bauteile eine äußere Blechhaut aus, die über eine als genietete, geklebte oder geschweißte Überlappungsverbindung ausgebildete Längsverbindung zu einer Sektion zusammengefügt sind. Die Sektionen sind vorzugsweise über eine als Schweißstumpfnah ausgebildete Quernaht verbindbar, wobei der Fügebereich der ersten Blechhaut derart zurückgesetzt ist, dass die zweite Blechhaut im Wesentlichen bis zu einer Abschlusskante schweißbar ist. Vorzugsweise sind die äußeren Hautbleche im Bereich der Quernaht jeweils mit einer Ausklinkung versehen, die sich von einer Außenkante über die Abschlusskante der inneren Hautbleche erstreckt, so dass die Quernaht im Bereich der inneren Hautbleche unabhängig von der Quernaht der

äußeren Hautbleche ausgebildet werden kann.

[0017] Fertigungstechnisch kann besonderes vorteilhaft eine Reibrührschweißvorrichtung mit zwei Werkzeugschultern ("Bobbin-Tool") zum Fügen der Rumpfsktionen verwendet werden, die auf beiden Seiten der Leichtbaustruktur eine im Wesentlichen glatte Oberfläche erzeugt. Die Entnahme des zweisehultrigen Reibschweißwerkzeuges nach der Bearbeitung kann vorteilhaft über die von den Ausklinkungen gebildete Ausnehmung erfolgen, so dass keine weiteren Durchbrüche erforderlich sind. In dem Bereich der Ausklinkungen ist vorzugsweise zumindest ein Dopplerblech zur Abdeckung der Ausnehmung vorgesehen.

[0018] Erfindungsgemäß wird das Reibrührschweißen besonders bevorzugt, da Reibrührschweißverbindungen im Nahtbereich eine nahezu optimale Gefügestruktur aufweisen, die mit den ursprünglichen Materialeigenschaften der noch nicht gefügten Bauteile vergleichbar ist. Die Verbindung von Bauteilen mittels Reibrührschweißen ermöglicht daher die Herstellung von mechanisch hochbelastbaren Strukturen. Alternativ oder zusätzlich können Laserstrahlschweißverfahren und/oder Schmelzschweißverfahren verwendet werden.

[0019] Sonstige vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Bestandteil der weiteren Unteransprüche.

[0020] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) Eine als Rumpfstruktur für Flugzeuge ausgebildete Leichtbaustruktur gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

[0022] [Fig. 2](#) eine Schnittdarstellung der Rumpfstruktur aus [Fig. 1](#) im Bereich der auf Stoß verbundenen Sektionen,

[0023] [Fig. 3](#) eine Schnittdarstellung von durch Reibrührschweißen entlang ihrer Längskanten verbundener Bauteile gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0024] [Fig. 4](#) eine Draufsicht auf die Rumpfstruktur aus [Fig. 1](#) im Bereich der Quernaht und die Hautbleche verbindenden Längsverbindungen,

[0025] [Fig. 5](#) eine Draufsicht einer Rumpfschale aus zwei durch ein Reibrührschweißverfahren entlang ihrer Längskanten verbundenen Bauteilen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0026] [Fig. 6](#) eine Schnittdarstellung entlang der Li-

nie A-A aus [Fig. 5](#),

[0027] [Fig. 7](#) eine Draufsicht auf die mit einer weiteren Rumpfschale zu einer Rumpfsektion verbundene Rumpfschale aus [Fig. 5](#),

[0028] [Fig. 8a](#) eine Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie A-A aus [Fig. 7](#),

[0029] [Fig. 8b](#) eine Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie B-B aus [Fig. 7](#) und

[0030] [Fig. 8c](#) eine Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie C-C aus [Fig. 7](#).

[0031] [Fig. 1](#) zeigt eine als Rumpfstruktur für Flugzeuge ausgebildete Leichtbaustruktur **1**, aus Hautblechen **2**, die mittels genieteten Längsverbindungen **4** zu sogenannten Rumpfschalen **6** und diese zu Sektionen **8a**, **8b** zusammengefügt sind. Die Sektionen **8a**, **8b** werden anschließend, wie in [Fig. 1](#) schematisch angedeutet, über Querstöße **10** zur Rumpfstruktur **1** des Flugzeuges verbunden. Der Aufbau einer derartigen Rumpfstruktur **1** wird im Folgenden anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) näher erläutert.

[0032] In [Fig. 2](#) ist eine Schnittdarstellung der Rumpfstruktur **1** aus [Fig. 1](#) im Bereich der durch ein Reibrührschweißverfahren auf Stoß verbundenen Sektionen **8a**, **8b** dargestellt, wobei während des Reibrührprozesses in einem Füge- oder Nahtbildungsbereich **12** mittels eines Schweißstiftes und beidseitig der Hautbleche **2a**, **2b** angeordneten Werkzeugschultern eine keilförmige Schweißstumpfnah (Quernaht) **14** von außen, d. h. in [Fig. 2](#) von unten, ausgebildet wurde. Erfindungsgemäß weist die Leichtbaustruktur **1** im Fügebereich **12** der Schweißverbindung eine gegenüber einer Dicke des Bauelements außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke auf. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind beide Hautbleche **2a**, **2b** im Fügebereich **12** der Schweißverbindung mit einer gegenüber einer Blechdicke t_1 der Hautbleche **2a**, **2b** außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerten Blechdicke t_2 versehen. Die Blechdicke t_2 der Hautbleche **2a**, **2b** im Fügebereich **12** ist identisch ausgebildet, so dass eine bündige Anlage erreicht wird. Der Dickenverlauf ist entsprechend dem Lastniveau etwa stufenförmig ausgeführt, so dass eine den hohen Ansprüchen an die Verbindungsqualität, insbesondere in der Luftfahrt, entsprechende Verbindung erreicht wird. Aufgrund der im Fügebereich **12** an die Beanspruchung angepassten Bauteildicke wird eine gewichtsoptimierte Struktur hoher Festigkeit ermöglicht.

[0033] Zur Verstärkung der Hautbleche **2a**, **2b** sind Profilverteiler wie Stringer **16a**, **16b** und Spante **18** vorgesehen. Die quer zur Flugzeuglängsachse verlaufen-

den, schematisch angedeuteten Rumpfspante **18** sind mittels Verbindungsclips **20** an dem Hautfeld fixiert, wobei sich der Bereich mit vergrößerter Blechdicke t_2 bis in einen Verbindungsbereich der Profilverteiler **16a**, **20** erstreckt. Aufgrund der Krafteinleitung in den Rumpfspant **18** ist der Verbindungsclip **20** in dem Bereich **12** mit großer Blechdicke t_2 angeordnet, wobei sich die Stringerenden **22a** bis kurz vor die Schweißnaht **14** erstrecken. Die Blechdicke t_2 ist nach dem Stringerende **22** und dem Anschlussbereich des Verbindungsclips **20** stringerseitig auf die verringerte Blechdicke t_1 reduziert. Auf dem benachbarten Hautblech **2b** enden die Stringer **16b** aufgrund der ohne Spantanbindung reduzierten Belastung in einem Übergangsbereich **24** mit einer Zwischendicke t_3 , die stufenförmig hin zu einem Anschlussbereich der Stringer **16b** mit nochmals verringerter Blechdicke t_1 abnimmt. Die Stringerenden **22a**, **22b** sind entsprechend der Blechdickenverläufe gekröpft ausgeführt und liegen im Wesentlichen flächig an den Hautblechen **2a**, **2b** an. Die Hautbleche **2a**, **2b** sind zur Ausbildung der lastabhängigen Blechdicke vorzugsweise aus mehreren Blechen unterschiedlicher Dicke beispielsweise durch ein Schweißverfahren zusammengesetzt ("Tailored Blank"), so dass die Hautbleche **2a**, **2b** nicht fertigungstechnisch aufwendig auf die gewünschte Blechdicke abgetragen werden müssen, um ein gewichtsoptimiertes Strukturbauteil **1** zu erreichen.

[0034] Gemäß [Fig. 3](#), die eine Schnittdarstellung von durch Reibrührschweißen verbundenen Hautblechen **2a**, **2b** gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt, sind die Rumpfspante **18** bei dieser Ausführungsform aufgrund des an die Belastung angepassten Dickenverlaufs der Bauteile direkt, d. h. ohne Verbindungsclips, an dem Hautfeld befestigt. Der Spant **18** ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mittels einer Nietverbindung mit dem Hautblech **2a** in dem Bereich großer Blechdicke t_2 verbunden. Auf beiden Hautblechen **2a**, **2b** enden die Stringer **16a**, **16b** aufgrund der ohne Spantanbindung reduzierten Belastung in einem Übergangsbereich **24** mit der Zwischendicke t_3 , die jeweils stufenförmig hin zu einem Anschlussbereich der Stringer **16a**, **16b** mit nochmals verringerter Blechdicke t_1 abnimmt.

[0035] Im Folgenden wird die Ausbildung der Quernaht **14** im Bereich einer Längsverbindung **4** anhand [Fig. 4](#) beispielhaft erläutert, welche die Rumpfstruktur **1** aus [Fig. 1](#) im Bereich der Quernaht **14** und einer die Hautbleche **2a-2d** verbindenden Längsverbindung **4** zeigt.

[0036] Wie [Fig. 4](#) zu entnehmen ist, bilden die Hautbleche **2a**, **2b** eine innere Blechhaut und die Hautbleche **2c** und **2d** eine äußere Blechhaut aus, wobei die Hautbleche **2a**, **2c**; **2b**, **2d** bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel über die als genietete Überlap-

pungsverbindung ausgebildete Längsverbindung **4** zu Sektionen **8a**, **8b** zusammengefügt wurden. Die Sektionen **8a**, **8b** sind über die als Schweißstumpfnah **14a**, **14b** ausgebildete Quernaht verbunden, wobei der Fügebereich **12** der Hautbleche **2c**, **2d** derart zurückgesetzt ist, dass die Hautbleche **2a**, **2b** bis zu einer Abschlusskante **26** schweißbar sind. Hierzu sind die äußeren Hautbleche **2c**, **2d** im Bereich der Quernaht **14a**, **14b** jeweils mit einer Ausklinkung **28** versehen, die sich von einer Außenkante **30** über die Abschlusskante **26** der inneren Hautbleche **2a**, **2b** erstreckt, so dass die Quernaht **14a** im Bereich der inneren Hautbleche **2a**, **2b** unabhängig von der Quernaht **14b** der äußeren Hautbleche **2c**, **2d** ausgebildet werden kann. Fertigungstechnisch kann besonderes vorteilhaft eine Reibrührschweißvorrichtung mit zwei Werkzeugschultern zum Fügen der Rumpfsektionen **8a**, **8b** verwendet werden, die auf beiden Seiten der Leichtbaustruktur **1** eine im Wesentlichen glatte Oberfläche erzeugt. Die Entnahme des zweiseitigen Reibschweißwerkzeuges nach der Bearbeitung kann vorteilhaft über die von den Ausklinkungen **28** gebildete Ausnehmung erfolgen, so dass keine weiteren Durchbrüche erforderlich sind. Anschließend wird in dem Bereich der Ausklinkungen **28** ein etwa rechteckiges Dopplerblech **32** von einer Innenseite zur Abdeckung der Ausnehmung und Strukturverstärkung mittels einer Nietverbindung an der Struktur befestigt.

[0037] [Fig. 5](#) zeigt eine Draufsicht einer Rumpfschale **6a** aus zwei durch ein Reibrührschweißverfahren entlang ihrer Längskanten verbundenen, als Hautbleche **2a**, **2b** einer Rumpfstruktur **1** eines Flugzeuges ausgebildeten Bauteilen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung. Zur Versteifung der Rumpfschale **6a** sind mehrere parallel angeordnete und sich in Richtung der Flugzeuglängsachse erstreckende Stringer **16** vorgesehen.

[0038] Wie insbesondere [Fig. 6](#) zu entnehmen ist, die eine Schnittdarstellung entlang der Linie A-A aus [Fig. 5](#) zeigt, ist die Längsverbindung bei diesem Ausführungsbeispiel als Überlappungsnah **34** ausgebildet, wobei zumindest ein zu verbindendes Hautblech **2a**, **2b** eine gegenüber einer Blechdicke des Hautbleches außerhalb des Fügebereiches **12** entsprechend den Belastungen vergrößerte Blechdicke aufweist. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die beiden Hautbleche **2a**, **2b** im Fügebereich **12** jeweils mit einer Aufdickung versehen, die eine Blechdicke t_2 aufweist. Die Blechdicke t_2 nimmt nach dem Fügebereich **12** etwa stufenförmig auf eine minimale Dicke t_1 ab und anschließend über mehrere Zwischenbereiche mit zunehmender Blechdicke lastabhängig zu. Im Bereich der Stringeranbindung ist die Blechdicke zur Verbesserung der Krafterleitung ebenfalls vergrößert.

[0039] Die [Fig. 7](#) zeigt eine Draufsicht auf die mit ei-

ner weiteren, Hautbleche **2c**, **2d** aufweisenden Rumpfschale **6b** zu einer Rumpfsektion **8** verbundene Rumpfschale **6a** aus [Fig. 5](#). Die Leichtbaustruktur weist im Fügebereich **12** der Querverbindung **10** eine gegenüber einer Dicke des Bauelements außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke auf. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die im Fügebereich vergrößerte Bauteildicke der Leichtbaustruktur mittels einer Verstärkungsblechanordnung erreicht, die ein in [Fig. 7](#) oberes Verstärkungsblech **36a** und ein unteres Verstärkungsblech **36b** zur Ausbildung eines Lastpfades aufweist. Die Verstärkungsbleche **36a**, **36b** sind als im Bereich der Stringerenden **22** zurückgesetzte, die Stringerenden **22** beabstandet umgreifende Kammbleche ausgebildet, die sich im Bereich des Längsstoßes überlappen (siehe [Fig. 8c](#)), wobei die Kammbleche **36a**, **36b** jeweils durch zwei jedem Hautblech **2a** bis **2d** zugeordnete, abschnittsweise parallel verlaufende Schweißnähte **38a**, **38b** mit den Hautblechen **2a–2d** verbunden sind. Die stringerseitige Schweißnah **38a** ist jeweils entsprechend der Außenkontur der Kammbleche **36a**, **36b** im Bereich der Stringerenden **22** zurückgesetzt ausgebildet. Zusätzlich zu den Kammblech **36a**, **36b** können die Stringerenden **22** einzelner oder aller einander gegenüberliegend angeordneter Stringer **16** mittels Verbindungselementen (Kopplungselemente) verbunden sein. Dadurch kann eine nochmals verbesserte Bauteilfestigkeit und Ausfallsicherheit erreicht werden.

[0040] Wie den [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#) zu entnehmen ist, die Schnittdarstellungen entlang der Schnittlinie A-A bzw. B-B aus [Fig. 7](#) zeigen, hat es sich als fertigungstechnisch besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die zu fügenden Hautbleche **2a**, **2c** im Fügebereich **12** in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, wobei das Kammblech **36a** die Endabschnitte der Hautbleche **2a**, **2c** innenseitig abschnittsweise überlappt und mittels der Schweißverbindung **38** mit diesen verbunden ist. Die Leichtbaustruktur weist dadurch im Fügebereich der Querverbindung **10** eine gegenüber einer Dicke t_1 des Bauelements außerhalb des Fügebereiches entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke t_2 auf. Ferner ist die Blechdicke der Hautbleche **2a**, **2c** im Verbindungsbereich ohne Stringeranbindung gegenüber der Blechdicke t_1 jeweils auf eine Blechdicke t_3 erhöht (vgl. [Fig. 8a](#)). Die Verbindung der Hautbleche **2b**, **2d** erfolgt entsprechend über das Kammblech **36b**, so dass eine diesbezügliche Erläuterung entbehrlich ist.

[0041] Gemäß [Fig. 8c](#), die eine Schnittdarstellung entlang der Schnittlinie C-C aus [Fig. 7](#) zeigt, wird mittels einer Dopplerlasche aus den Kammblech **36a**, **36b** eine lochfreie Rumpfschale erreicht. Das Kammblech **36a** verläuft hierzu im Fügebereich in einer gemeinsamen Ebene mit dem Hautblech **2b**, wobei ein Endabschnitt des Kammblech **36a** von dem

Kammblech **36b** überlappt wird und mit diesem und dem Hautblech **2a** über eine Längsschweißnaht **40** verbunden ist, so dass eine geschlossene Struktur ausgebildet ist. Das Kammblech **36b** ist weiterhin mittels einer Längsschweißnaht **42** mit dem Hautblech **2b** verbunden.

[0042] Die erfindungsgemäße Leichtbaustruktur ist nicht auf das beschriebene Reibrührschweißverfahren beschränkt, vielmehr können unterschiedliche aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannte Schweißfügeverfahren, wie das Laserstrahlschweißen oder Schmelzschweißen, Verwendung finden. Das Reibrührschweißen wird jedoch erfindungsgemäß besonders bevorzugt, da Reibrührschweißverbindungen im Nahtbereich eine nahezu optimale Gefügestruktur und dadurch eine hohe statische und dynamische Festigkeit aufweisen.

[0043] Offenbart ist eine Leichtbaustruktur **1**, insbesondere für ein Flugzeug, die aus einer Vielzahl von mittels Schweißfügeverfahren verbindbaren Bauteilen **2** gebildet ist. Erfindungsgemäß weist die Leichtbaustruktur **1** eine im Fügebereich **12** der zumindest einen Schweißverbindung gegenüber einer Dicke t_1 des Bauteiles außerhalb des Fügebereiches **12** entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke t_2 auf.

Bezugszeichenliste

1	Rumpfstruktur
2	Hautblech
4	Längsverbindung
6	Rumpfschale
8	Sektion
10	Querstoß
12	Fügebereich
14	Schweißstumpfnah (Quernaht)
16	Stringer
18	Spant
20	Verbindungsclip
22	Stringerende
24	Übergangsbereich
26	Abschlusskante
28	Ausklindung
30	Außenkante
32	Dopplerblech
34	Überlappungsnaht
36	Verstärkungsblech
38	Schweißnaht
40	Längsschweißnaht
42	Längsschweißnaht

Patentansprüche

1. Leichtbaustruktur, insbesondere für ein Flugzeug, die aus einer Vielzahl von mittels Schweißfügeverfahren verbindbaren Bauteilen (**2**, **6**) gebildet ist, gekennzeichnet durch eine im Fügebereich (**12**) der

zumindest einen Schweißverbindung gegenüber einer Dicke t_1 des Bauteiles (**2**; **6**) außerhalb des Fügebereiches (**12**) entsprechend den Belastungen vergrößerte Bauteildicke t_2 .

2. Leichtbaustruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Bauteil (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) im Fügebereich (**12**) der Schweißverbindung eine gegenüber einer Blechdicke t_1 des Bauteiles (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) außerhalb des Fügebereiches (**12**) entsprechend den Belastungen vergrößerte Blechdicke t_2 aufweist.

3. Leichtbaustruktur nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schweißverbindung zumindest eine Schweißstumpfnah (**14**) aufweist, wobei die zu verbindenden Bauteile (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) eine gegenüber einer Blechdicke t_1 des Bauteiles (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) außerhalb des Fügebereiches (**12**) entsprechend den Belastungen vergrößerte Blechdicke t_2 aufweisen.

4. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schweißverbindung zumindest eine Überlappungsnaht (**34**) aufweist, wobei zumindest ein zu verbindendes Bauteil (**2a**, **2b**) eine gegenüber einer Blechdicke t_1 des Bauteiles (**2a**, **2b**) außerhalb des Fügebereiches (**12**) entsprechend den Belastungen vergrößerte Blechdicke t_2 aufweist.

5. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Bauteil (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) zur Ausbildung einer lastabhängigen Blechdicke aus mehreren Einzelblechen zusammengesetzt ist (Tailored Blank).

6. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile (**2a**, **2b**, **2c**, **2d**) eine Rumpfschale (**6**) eines Flugzeuges ausbilden, wobei Profilteile, wie insbesondere Stringer (**16**) und/oder Spante (**18**), zur Verstärkung der Rumpfschale (**6**) vorgesehen sind.

7. Leichtbaustruktur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Bereich mit vergrößerter Bauteildicke t_2 bis in einen Verbindungsreich der Profilteile (**16**, **18**) erstreckt.

8. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Spant (**18**) im Bereich des Fügebereichs (**12**) befestigt ist.

9. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen im Wesentlichen stufenförmigen, lastabhängigen Dickenverlauf.

10. Leichtbaustruktur nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Fügebereich (12) zumindest ein Verstärkungsblech (36a, 36b) zugeordnet ist.

11. Leichtbaustruktur nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zu fügenden Bauteile (6a, 6b) im Fügebereich (12) in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, wobei Verstärkungsbleche (36a, 36b) die Randbereiche der Bauteile (6a, 6b) zumindest abschnittsweise überlappen und mittels einer Schweißverbindung mit diesen verbunden sind.

12. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile mit Stringern (16) verstärkte Hautbleche (2a, 2b, 2c, 2d) eines Flugzeuges sind, wobei die Verstärkungsbleche (36a, 36b) im Bereich der Stringerenden (22) zurückgesetzte, die Stringerenden (22) abschnittsweise umgreifende Kammbleche sind.

13. Leichtbaustruktur nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Stringerenden (22) gegenüberliegend angeordneter Stringer (16) mittels Verbindungselementen verbindbar sind.

14. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile (2a, 2b, 2c, 2d) zumindest eine innere Blechhaut und eine äußere Blechhaut ausbilden, die mittels einer als Überlappungsverbindung ausgebildeten Längsverbindung (4) zu einer Sektion (8a, 8b) zusammengefügt sind, wobei die Sektionen (8a, 8b) durch eine Quernaht (14) verbindbar sind und der Fügebereich einer Blechhaut derart zurückgesetzt ist, dass die zweite Blechhaut bis zu einer Abschlusskante (26) schweißbar ist.

15. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Schweißfügeverfahren ein Reibrührschweißverfahren, Laserstrahlschweißverfahren und/oder Schmelzschweißverfahren verwendet wird.

16. Leichtbaustruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine zumindest zweischultrige Reibrührschweißvorrichtung zum Fügen verwendet wird, wobei ein Durchbruch zur Entnahme des Werkzeuges nach der Bearbeitung mittels mindestens einem Dopplerblech (32) verschließbar ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

1 von 7

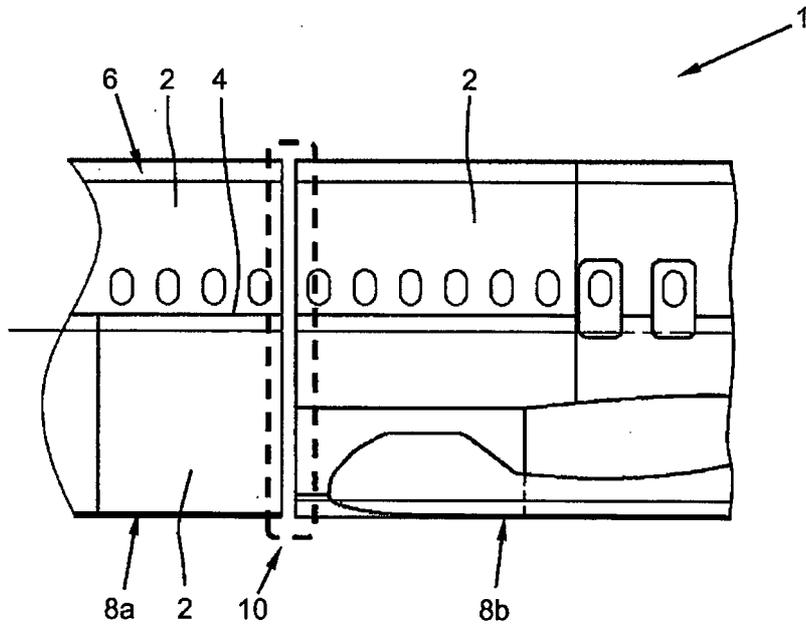


Fig. 1

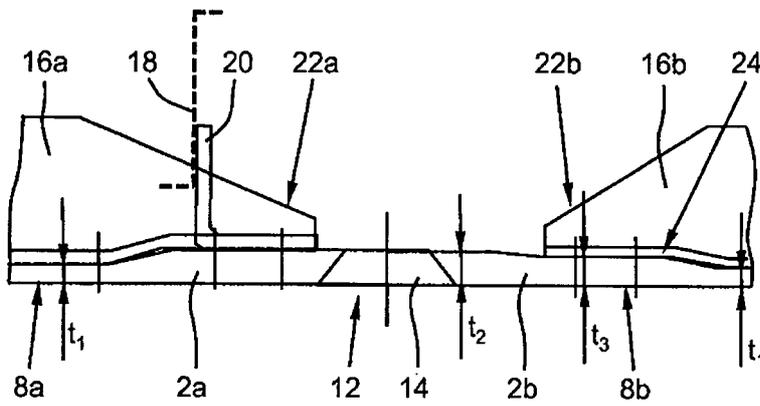


Fig. 2

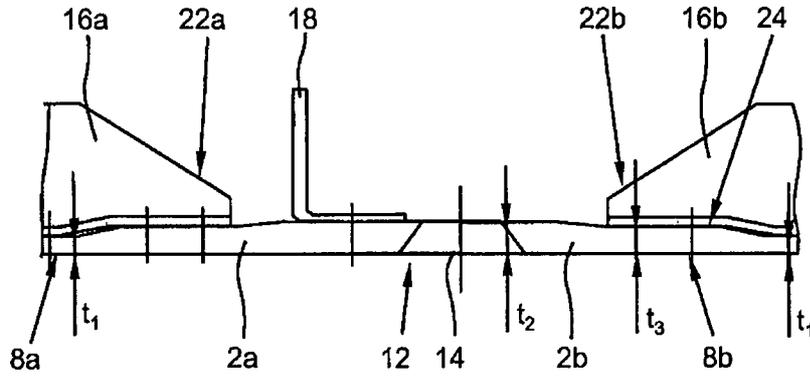


Fig. 3

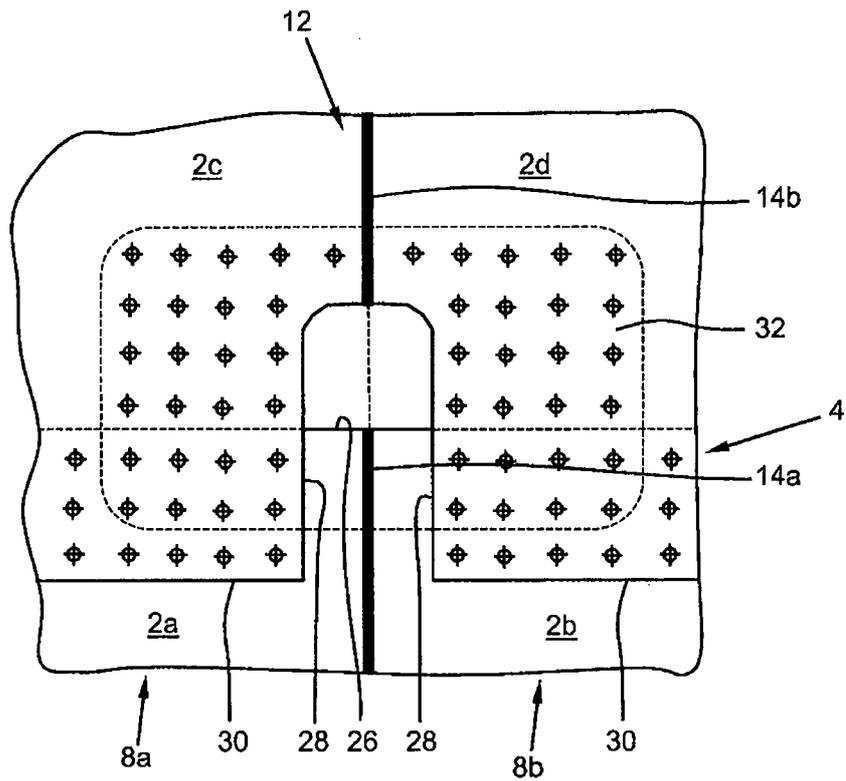


Fig. 4

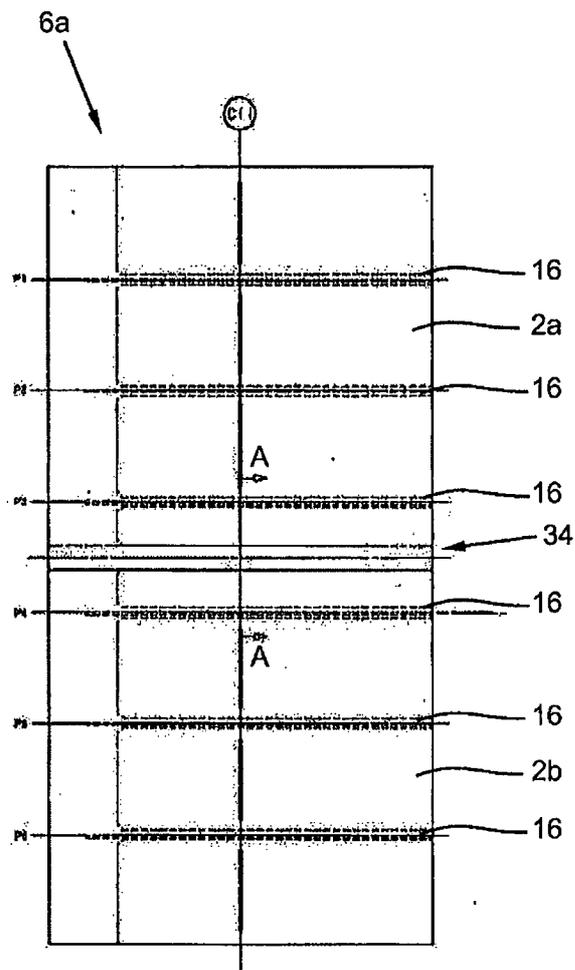


Fig. 5

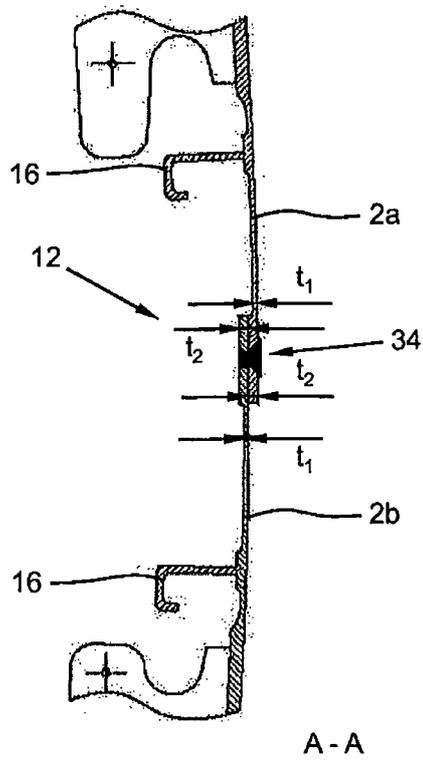


Fig. 6

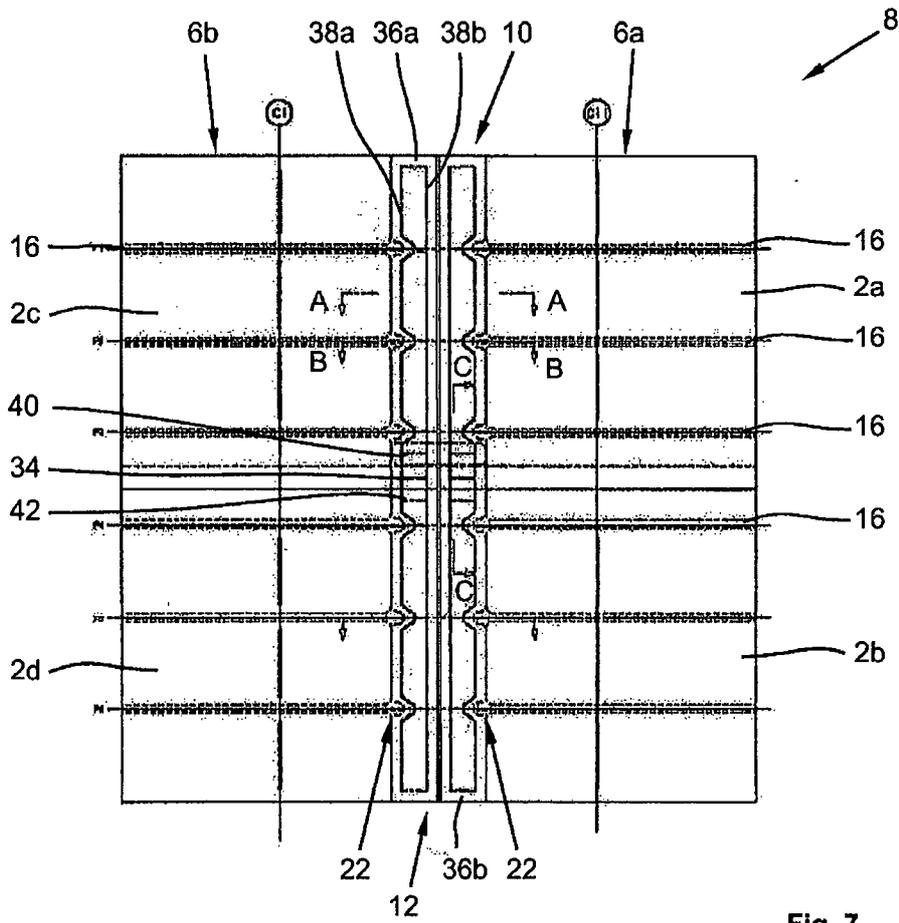
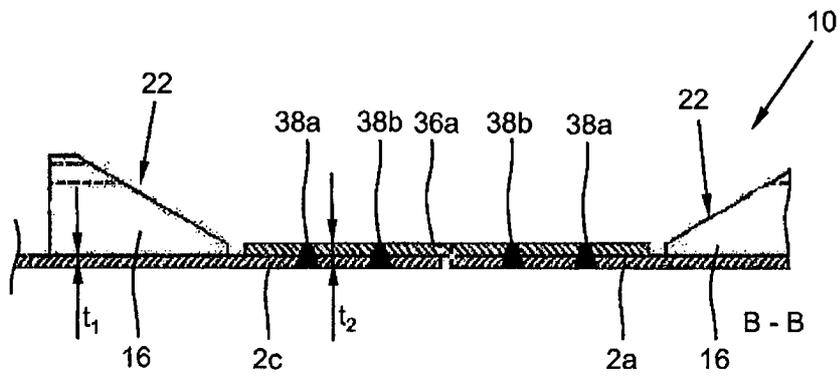
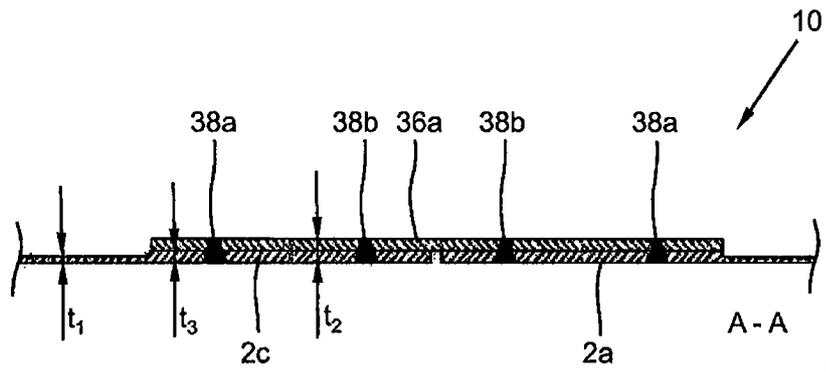


Fig. 7



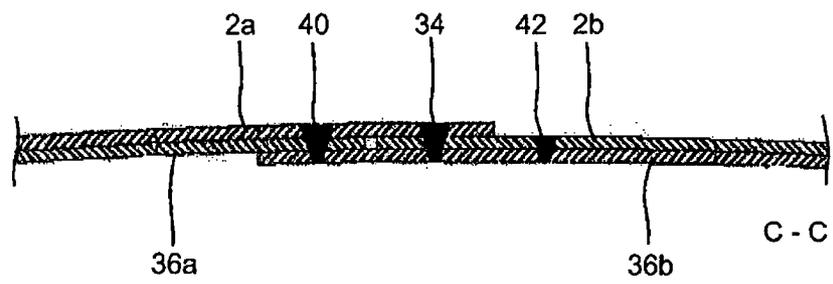


Fig. 8c