

(51)Int.Cl.⁷

B 6 4 C 1/26

F I

B 6 4 C 1/26

テーマコード(参考)

審査請求 有 請求項の数10 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願2002-368307(P2002-368307)
(22)出願日 平成14年12月19日(2002.12.19)

(71)出願人 390014306
防衛庁技術研究本部長
東京都新宿区市谷本村町5番1号
(74)代理人 100067323
弁理士 西村 教光
(72)発明者 伊藤 真
東京都立川市栄町1-6-1-943
(72)発明者 三宅 司朗
東京都新宿区大久保2-25-22
(72)発明者 月ヶ瀬 元美
愛知県名古屋市港区大江町10番地 三菱
重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製
作所内

最終頁に続く

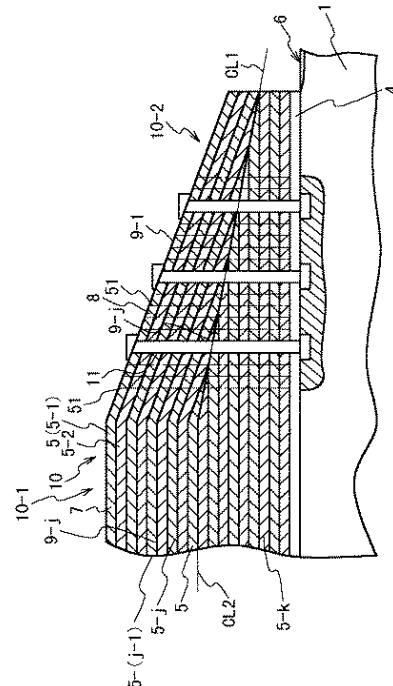
(54)【発明の名称】 3次元複合材継ぎ手

(57)【要約】 (修正有)

【課題】層間せん断応力集中部を持たせないこと。

【解決手段】ラウンド強化繊維がそれぞれに埋め込まれた層5が重なり合う多層構造10-2が形成される。層5は、第1層と、第1層の上面側に接合する第2層と、第2層の上面側に接合する第3層とから構成されている。第3層の翼端側端縁は第2層の先端より長く延び、第2層の翼端側端縁は第1層の先端より長く延び、第3層の上面は主翼の基準接合対象面6に対して傾斜する斜面9-1として形成され、接合対象に対してボルト接合される。ボルトに加わるせん断荷重を強度の低い層間を介さずに、強度の高い面内強化繊維の引張又は圧縮荷重に変換する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

面内強化繊維が配された層が重なり合う多層構造を具え、
前記多層構造は、
第 1 層と、
前記第 1 層の上面側で前記第 1 層に対して積層される第 2 層と、
前記第 2 層の上面側で前記第 2 層に対して積層される第 3 層とを備え、
前記第 3 層は接合対象の接合面に対して傾斜し、
前記多層構造は前記接合対象に締付軸で締め付けられて結合され、
前記多層構造には重なり方向に穴が開けられ、
前記締付軸は、
前記穴に通る軸部分と、
前記接合対象に結合する結合部分と、
前記第 3 層の上面であるテーパ面に接合する接合斜面を持つ頭部分とを備える 3 次元複合材継ぎ手。

10

【請求項 2】

前記第 3 層は前記第 2 層の先端まで届き、前記第 2 層は前記第 1 層の先端まで届いている請求項 1 記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 3】

面外強化繊維が更に配され、前記面外強化繊維は前記第 1 層から前記第 3 層まで延びている請求項 1 又は 2 記載の 3 次元複合材継ぎ手。

20

【請求項 4】

前記面外強化繊維はモノフィラメントである請求項 3 記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 5】

前記面内強化繊維はモノフィラメントである請求項 4 記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 6】

前記多層構造は前記接合対象に締付軸で締め付けられて結合される請求項 1 ~ 5 から選択される 1 請求項記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 7】

前記第 3 層は前記第 2 層を全面的に被覆し、前記第 2 層は前記第 1 層を全面的に被覆している請求項 1 ~ 6 から選択される 1 請求項記載の 3 次元複合材継ぎ手。

30

【請求項 8】

面外強化繊維が更に配され、前記面外強化繊維は前記第 1 層から前記第 3 層まで延びている請求項 7 記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 9】

前記多層構造は、前記接合面に対して傾斜する基準対称面に対して対称である部分構造を有する請求項 1 ~ 8 から選択される 1 請求項記載の 3 次元複合材継ぎ手。

【請求項 10】

前記接合対象は航空機の主翼である請求項 1 ~ 9 から選択される 1 請求項記載の 3 次元複合材継ぎ手。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、3次元複合材継ぎ手に関し、特に、航空機の主翼のような接合対象に対する結合の強度を強化する3次元複合材継ぎ手に関する。

【0002】

【従来の技術】

航空機の構造に複合材が適用されて久しい。複合材として、FRP がしばしば用いられる。炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維のような繊維で強化された複合材は、航空機の主翼のような高強度が要求される構造体に広く用いられている。その優れた物性は、航空機

50

の翼胴結合構造のようなフィッティングに利用されることが期待される。

【 0 0 0 3 】

航空機の主翼と胴体は、フィッティングにより結合される。3次元複合材フィッティングは、特開平7-40895号、特開平7-156888号で知られているように、面内強化遷移が複数層に積層されて構造化された多層構造を有し、テンションボルト荷重をラウンド形状により分散して局所的に集中しない応力分散性を持ち、且つ、軽量である構造を有している。

【 0 0 0 4 】

図8と図9は、そのような3次元複合材フィッティングの継ぎ手部の製造方法を示している。継ぎ手部101は、面内強化繊維102が多層に形成されて多層構造化されている。このように多層化された多層形成体103は、断面上で、実線と1点鎖線で囲まれる長方形に現れる。次に、翼端側に向かってその厚みが薄くなって、切断面104が基底面105に対して傾斜する斜面になるように加工される。この結果、継ぎ手部101は、胴側の結合付け根部位の厚みaが翼端側部位の厚みbより大きくなる。テーパ加工により、面内強化繊維が継ぎ手部の途中で削り落とされ、その繊維にかかる負荷は層間せん断に切り替わって、より下層に伝達される。

【 0 0 0 5 】

切断面104の側に、ボルト座ぐり穴106が加工され、更に、ボルト座繰り穴106の座ぐり面から底面105に届くボルト穴107が加工される。ボルト穴107にボルトが通され、ボルトの先端側部位は主翼と結合され、ボルト頭はボルト座ぐり穴106の座ぐり面に圧着する。ボルト座ぐり穴106の座ぐり面は、面内強化繊維積層面と平行であるため、負荷を伝達するせん断面積を狭めている。更に、座ぐり面が断面上で直角に現れる座ぐり穴形状は、座ぐり穴の周囲に対する応力の集中を誘発する。

【 0 0 0 6 】

このように、公知の3次元複合材継ぎ手構造は、強度が低い層間せん断強度依存率が高く、強度を向上させる点で障害を含んでいる。繊維の3次元構造配置のみによらずに、3次元目の補強が重要である。

【 0 0 0 7 】

局所的応力集中を効果的に抑制することが求められ、特に、層間せん断応力集中部を持たないことが求められる。機械加工工程数の削減が次に求められる。材料費の低減化が更に

【 0 0 0 8 】

【 発明が解決しようとする課題 】

本発明の課題は、局所的応力集中をより効果的に抑制することができ繊維の3次元構造配置のみによらずに3次元目の強力な補強が可能である3次元複合材継ぎ手を提供することにある。

本発明の他の課題は、次に、層間せん断応力集中をより抑制することができる3次元複合材継ぎ手を提供することにある。

本発明の他の課題は、更に次に、機械加工工程数を削減することができる3次元複合材継ぎ手を提供することにある。

本発明の更に他の課題は、更に次に、材料費を低減化することができる3次元複合材継ぎ手を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

【 課題を解決するための手段 】

その課題を解決するための手段が、下記のように表現される。その表現中に現れる技術的事項には、括弧()つきで、番号、記号等が添記されている。その番号、記号等は、本発明の実施の複数の形態又は複数の実施例のうちの少なくとも1つの実施の形態又は複数の実施例を構成する技術的事項、特に、その実施の形態又は実施例に対応する図面に表現されている技術的事項に付せられている参照番号、参照記号等に一致している。このような参照番号、参照記号は、請求項記載の技術的事項と実施の形態又は実施例の技術的事項と

の対応・橋渡しを明確にしている。このような対応・橋渡しは、請求項記載の技術的事項が実施の形態又は実施例の技術的事項に限定されて解釈されることを意味しない。

【 0 0 1 0 】

本発明による 3 次元複合材継ぎ手は、面内強化繊維 (2 4) が配された層 (5) が重なり合う多層構造が形成されている。その多層構造は、第 1 層 (5 - t) と、第 1 層 (5 - t) の上面側で第 1 層 (5 - t) に対して積層される第 2 層 (5 - u) と、第 2 層 (5 - u) の上面側で第 2 層 (5 - u) に対して積層される第 3 層 (5 - v) とから形成されている。第 3 層 (5 - t) は第 2 層 (5 - u) の先端まで届き、第 2 層 (5 - u) は第 1 層 (5 - t) の先端まで届いていることが好ましい。第 3 層 (5 - v) は接合対象 (4) の接合面 (6) に対して傾斜している。

10

【 0 0 1 1 】

第 3 層 (5 - v) の下側面である斜面により押さえつけられる第 2 層の中で、その押さえ付け力が応力として広域に伝達され、第 2 層 (5 - u) は更に下層の第 1 層 (5 - t) を広域的に押さえつけ、第 3 層と第 2 層の間の剥離作用が低く抑えられる。このように面外方向 (接合面に対する法線方向又は法線方向成分を持つ方向) に剥離作用が抑えられ、面内と面外に 3 次元的に強度が強化される。多層構造は、接合対象 (4) に締付軸 (1 3) で締め付けられて結合され、多層構造には重なり方向に穴 (1 1) が開けられる。締付軸 (1 3) は、穴 (1 1) に通る軸部分 (1 4) と、接合対象 (4) に結合する結合部分と、第 3 層 (5 - v , v = 1) の上面であるテーパ面 (9 - 1) に接合する接合斜面 (1 6) を持つ頭部分 (1 5) とを備えている。頭部分 (1 5) を嵌めこむ座ぐり穴がないので、層間せん断面積がより広く、継ぎ手構造の内的充実性が更に一層に高い。締付軸 (1 3) は、3 次元目の強度を強力に補充し、且つ、継ぎ手構造の内的充実性を損なうことを効果的に抑制する。

20

【 0 0 1 2 】

層の数は、実際には、図に示される数よりもはるかに多い。上下に重なって隣り合う任意の 2 層のうちの上層は必ず下層を被覆しているとは限らない。既述の第 1 層と第 2 層と第 3 層の組合せが少なくとも 1 つ存在している。面内繊維は、面内の応力集中を有効に抑制し、且つ、曲げ応力の分散を効果的にし、且つ、接合面 (6) に対する斜面で層間が面外方向に接合することにより、面内の応力分散と面外の応力分散との相乗作用により、3 次元応力分散を実現して応力集中を緩和することができ、結果的に 3 次元強度を有効に強化する。

30

【 0 0 1 3 】

面外強化繊維が更に配されることが重要である。面外強化繊維は、積極的に面外応力集中を緩和する。面外強化繊維は、第 1 層 (5 - t) から第 3 層 (5 - v) まで延びていて、層間強度を拡充する。面外強化繊維は、3 次元強度を更に強化する。多層構造は、接合対象 (4) に締付軸 (1 4) で締め付けられて結合される。締付軸 (1 4) に加わるせん断荷重を強度の高い面内強化繊維の引張又は圧縮荷重に変換する。締付軸 (1 4) と面外強化繊維との相乗作用は、3 次元強度を更に強化する。

【 0 0 1 4 】

第 3 層 (5 - v) は第 2 層 (5 - u) を全面的に被覆し、第 2 層 (5 - u) は第 1 層 (5 - t) を全面的に被覆している。面外強化繊維はモノフィラメントであることが特に好ましい。モノフィラメントは、面内応力を広域に効果的に且つ確実に伝播させ、面内応力を広域に均等化し応力集中をより効果的に緩和する。

40

【 0 0 1 5 】

多層構造は、接合面 (6) に対して傾斜する基準対称面 (C L 1) に対して対称である部分構造を有する。このような対称性は、応力の分散効果を更に高めることができる。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

図に対応して、本発明による 3 次元複合材継ぎ手 1 0 の実施の形態は、板のような接合対象に対して結合される。本発明による 3 次元複合材継ぎ手を航空機の翼胴結合フィッティ

50

ングに適用される場合、その主翼（片側主翼）1は、図1に示されるように、胴体2に結合している。3次元複合材継ぎ手10は、胴体2の胴体側バルクヘッド3と接合対象である主翼1の主翼外板4（図3参照）に対して結合している。

【 0 0 1 7 】

図2は、胴体2の中心軸線Lに直交する断面上で上側の3次元複合材継ぎ手10を示している。3次元複合材継ぎ手10は、図3に示されるように、多層化された面内強化繊維層5の集合として形成されている。主翼1の上面が、基準接合対象面として設定される。その基準接合対象面は、仮想的基準平面6として設定される。面内強化繊維層5は、仮想的基準平面6に平行である胴体側平行面形成部位7と、仮想的基準平面6に平行ではなく翼端側で仮想的基準平面6に向かって傾斜する翼端側斜面形成部位8とから構成されている。胴体側平行面形成部位7と翼端側斜面形成部位8は、一体構造面体である。

10

【 0 0 1 8 】

最上層の面内強化繊維層5-1は、翼端側に最も長く延びて形成されている。中心面CL1, CL2より上半分の領域では、中位層の1層である面内強化繊維層5-(j-1)は、これより1層だけ下層側に配置される面内強化繊維層5-jよりも、翼端側により長く延びている。中心面CL1, CL2より上層側の領域の積層構造は、中心面CL1, CL2より下層側の領域の積層構造と中心面CL1, CL2に対して対称なパターンに形成されている。このような対称性は、積層構造の全範囲で成立する必要は必ずしもなく、その対称構造は全構造の内の部分構造であり得る。より上層側に配置される面内強化繊維層5-jは、より下層側に配置される面内強化繊維層5-kに対して上側から被さり面内強化繊維層5-kを被覆している。翼端側斜面形成部位8の集合である3次元複合材継ぎ手10の翼端側継ぎ手部分の面内強化繊維層5-1の上面側は、最上斜面9-1として形成されている。任意の面内強化繊維層5-jの翼端側末端は、最上斜面9-1としては現れない。任意の面内強化繊維層5-kの翼端側末端は、これより上層側にある任意の面内強化繊維層5-jの中位斜面9-jに現れない。

20

【 0 0 1 9 】

このような被覆関係は、全ての面内強化繊維層5で成立する必要は必ずしもなく、2層の面内強化繊維層5-j, kについて、下層側の面内強化繊維層5-kの翼端側末端は、上層側の面内強化繊維層5-jに被覆されている。表現が替えられれば、2層の面内強化繊維層5-j, kについて、上層側の面内強化繊維層5-jは、下層側の面内強化繊維層5-kよりも翼端側により長く延びていて、上層側の面内強化繊維層5-jの翼端側末端線は、下層側図の面内強化繊維層5-kの翼端側末端線よりもより翼端側に位置している。更に、表現が替えられれば、上層側の面内強化繊維層5-jは、下層側の面内強化繊維層5-kを被覆している。上層側3層5-1, 2, 3の翼端側末端と下層側3層5-16, 17, 18の翼端側末端は、平面視で、最上層5-1の最上斜面9-1の末端に現れている。

30

【 0 0 2 0 】

3次元複合材継ぎ手10は、既述の通り、胴体側平行面形成部位7の集合である胴体側多層部位10-1と、翼端側斜面形成部位8の集合である翼端側多層部位10-2とから形成されている。翼端側多層部位10-2には、図3に示されるように、複数箇所、仮想的基準平面6に直交する方向に締付けボルト穴11が貫通的に開けられている。複数の締付けボルト穴11は、図4に示されるように、翼端方向12に並んで配置されている。締付けボルト穴11の穴径は、通されるボルトの軸部分の軸径に対して適正である直径を有し、概ねその軸径に等しい。

40

【 0 0 2 1 】

翼端方向12に通されるボルト13は、図5に示されるように、その軸部分14とボルト頭15とから形成されている。軸部分14の先端部位にはねじが切れ、その先端部位は主翼外板4に強固に螺合する。ボルト頭15は、翼端側多層部位10-2に接合する接合斜面16を有している。接合斜面16は、最上斜面9-1に面接合している。重なり合う面内強化繊維層5は、樹脂と共に一体複合材化されている。

50

【 0 0 2 2 】

図 6 (a) , (b) は、公知の多層体と本発明による 3 次元複合材継ぎ手 1 0 の多層体との比較を示している。主翼外板 4 に強固に締め付けられる図 6 (a) に示される本発明によるボルト 1 3 は、接合斜面 1 6 で確実に最上層の面内強化繊維層 5 - 1 の表面 9 - 1 に接合し、ボルト 1 3 が主翼外板 4 から受けるせん断力 S は、そのときのボルト 1 3 面内当たり面及び接合斜面 1 6 を介して、面内強化繊維層 5 - 1 , 2 に確実に伝達される。その面内応力は、面内強化繊維層 5 - 1 , 2 の面内で翼端側方向に広く伝達される。

【 0 0 2 3 】

図 6 (b) に示される公知の上層の面内強化繊維層 1 0 5 - 1 は、下層の面内強化繊維層 1 0 5 - 2 に被さっていないので、公知のせん断力 S' は上層の面内強化繊維層 1 0 5 - 1 に有効に伝達されず、又は、公知のせん断力 S' が面内強化繊維層 1 0 5 - 1 と面内強化繊維層 1 0 5 - 2 の層間に伝達される応力成分は局所的であり、応力集中を発生させる。本発明による翼端側多層部位 1 0 - 2 は、公知のものに比べて、内部的に一様な応力発生分布を示し、全体的に一体性を高く保持することができる。

【 0 0 2 4 】

公知技術では、低いせん断力の負荷によって図 6 (b) に示されるように、上層の面内強化繊維層 1 0 5 - 1 と下層の面内強化繊維層 1 0 5 - 2 の面との間の端部で層間剥離が生じる。このような層間剥離が、複数の層間ごとに発生する。このように、3次元複合材継ぎ手 1 0 1 に作用する負荷が層間せん断に切り替わって下層に伝達される公知の多層体に対し、本発明による多層体は面が湾曲する方向の曲げに強く層間せん断特性に優れている。

【 0 0 2 5 】

本発明の翼端側多層部位 1 0 - 2 に開けられる穴の断面積は、ボルト 1 3 の断面積の程度であり、図 8 , 9 に示される座ぐり面積が大きいボルト座ぐり穴 1 0 6 がなく、せん断面積が広い点でも構造上層間せん断特性に優れている。

【 0 0 2 6 】

3次元複合材継ぎ手 1 0 は、図 2 に示されるように、胴体側多層部位 1 0 - 1 と翼端側多層部位 1 0 - 2 とが、中心軸線 L に直交する対称基準面に対して対称に形成されて主翼 1 に接合していて、フォーク形状又は馬蹄形状に形成されている。両側の胴体側多層部位 1 0 - 1 は、中央のラウンド部 1 0 - 3 で連続的に連結して一体化されている。ラウンド部 1 0 - 3 の軸端側面は、半円筒面に形成され、その半円筒面にバレルナット 2 1 が接合する。バレルナット 2 1 の軸端側面からテンションボルト (図示されず) が通される。そのテンションボルトの内側部位は、胴体側バルクヘッド 3 に結合される。そのテンションボルトの軸心線 2 2 は、中心軸線 L に直交して点 2 3 で交叉している。

【 0 0 2 7 】

多数の面内強化繊維層 5 - j には、それぞれに異なる方向に延びる長繊維 (1 本の連続して延びる長い繊維 : モノフィラメント) が埋め込まれている。少なくとも 1 層の面内強化繊維層 5 - s には、テンションボルトの軸心線 2 2 の方向である胴向き方向に 4 5 度で交叉する第 1 方向に向く繊維が埋め込まれ、少なくとも他の 1 層の面内強化繊維層 5 - t には、胴向き方向に逆 4 5 度で交叉する第 2 方向に向く繊維が埋め込まれている。少なくとも 1 層好ましくは多くの面内強化繊維層 5 - u , v には、ラウンド繊維 2 4 が、図 7 に示されるように、埋め込まれている。

【 0 0 2 8 】

図 7 には、テンション方向 2 2 に平行に X 軸が主翼 1 の表面 (仮想的平面) に設定され、その表面上で X 軸に直交する軸が設定されている。 X 軸と Y 軸の交点を通り仮想的基準平面 6 (XY 平面) に直交する向きに Z 軸が設定されている。ラウンド繊維 2 4 は、 X 軸上にある翼端側前方点 A から ZX 平面上で X 軸方向と Z 軸方向に点 B まで傾斜して延び、点 B から ZX 平面上で X 軸方向に点 C まで真っ直ぐに延び、点 C から既述の対称面に対して対称である点 D まで半円弧上で回転的に延び、点 D から ZX 平面に平行である面上で X 軸負方向に点 E まで真っ直ぐに後退的に延び、更に、点 E から既述の斜面上で Z 軸負方向に

10

20

30

40

50

点 A の対称点である点 F まで傾斜して延びている。このようなラウンド繊維 2 4 の多数本が、層の面内強化繊維層 5 - u , v に配されている。

【 0 0 2 9 】

積層である立体の中で、図 3 に示されるように、面外強化繊維 5 1 が面内強化繊維に交叉して配されることは特に重要である。面外強化繊維 5 1 は、接合面 6 に対して交叉し特に直交し、3 次元的に応力が伝播する立体中で、2 次元的面内強化繊維と 2 次元的面外強化繊維が 3 次元的に配されて、3 次元的に強度が強化された 3 次元複合材継ぎ手 1 0 を形成する。

【 0 0 3 0 】

翼 1 に捻れを含む揚力変化 F が生じて、翼 1 に機体の中心線まわりの回転モーメントが生じる。3 次元複合材継ぎ手 1 0 は、揚力変化 F に伴って内部に発生する内部応力を 3 次元的に拡散させ、その応力は広域に伝播して内部応力が均等化されて分散する。3 次元複合材継ぎ手 1 0 の多数の層はより上層（又は下層）の層から押さえつけられ、F に対向して効果的に翼を復元する。その復元は、層の斜面の押さえつけと面内繊維と面外繊維による力学的フィードバックにより効果的に実現する。ボルト穴は従来通りに開いているが座ぐり面積が少なく、層間せん断力の増大は抑制されている。

【 0 0 3 1 】

【 発明の効果 】

本発明による 3 次元複合材継ぎ手は、より高強度な継ぎ手構造を実現している。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明による 3 次元複合材継ぎ手の実施の形態を示す斜軸投影図である。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 の一部を拡大した斜軸投影図である。

【 図 3 】 図 3 は、図 2 の - 線断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、図 2 の部分を示す断面図である。

【 図 5 】 図 5 は、図 3 の一部のを示す断面図である。

【 図 6 】 図 6 (a) , (b) は、比較のためにそれぞれに多層部位を示す断面図である。

【 図 7 】 図 7 は、繊維の配向を示す斜軸投影図である。

【 図 8 】 図 8 は、公知の複合材継ぎ手を示す断面図である。

【 図 9 】 図 9 は、図 8 の平面図である。

【 符号の説明 】

- 1 ... 主翼
- 2 ... 胴体
- 5 ... 層
- 5 - t ... 第 1 層
- 5 - u ... 第 2 層
- 5 - v ... 第 3 層
- 6 ... 基準接合対象面
- 9 - 1 ... 斜面
- 1 0 - 2 ... 多層構造
- 1 0 - 3 ... ラウンド部
- 1 1 ... ボルト穴
- 1 3 ... ボルト
- 1 4 ... 軸部分
- 1 5 ... 頭部分
- 1 6 ... テーパー面
- 2 4 ... ラウンド繊維

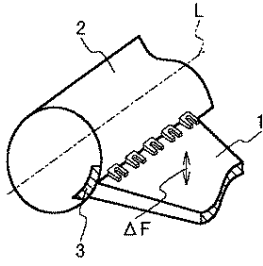
10

20

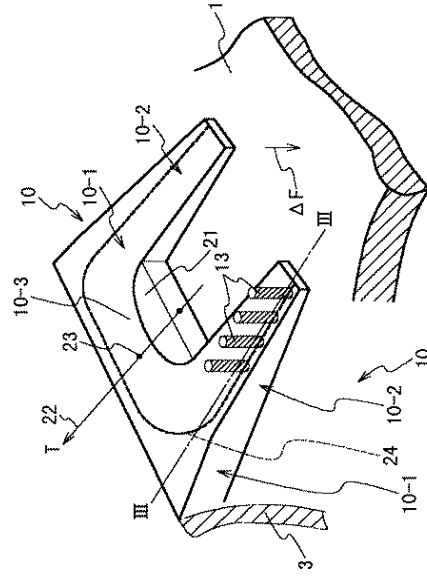
30

40

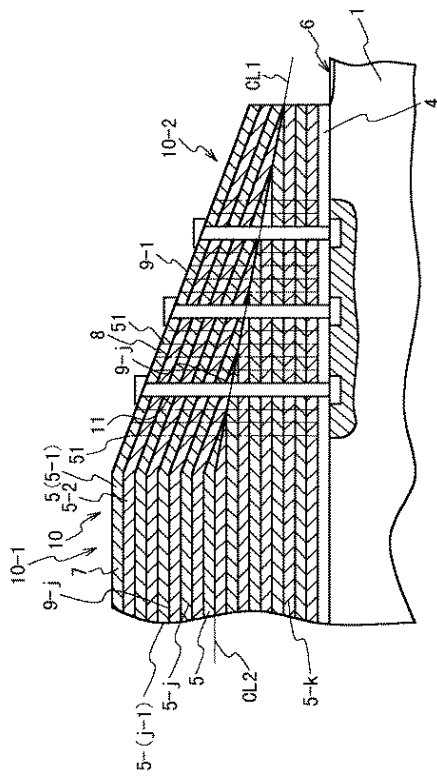
【 図 1 】



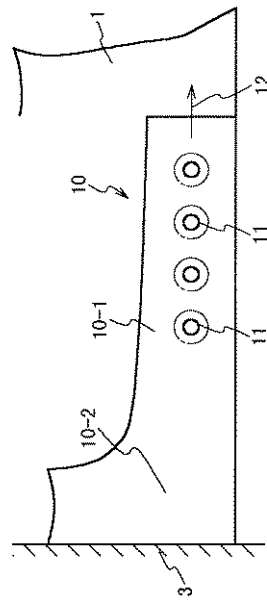
【 図 2 】



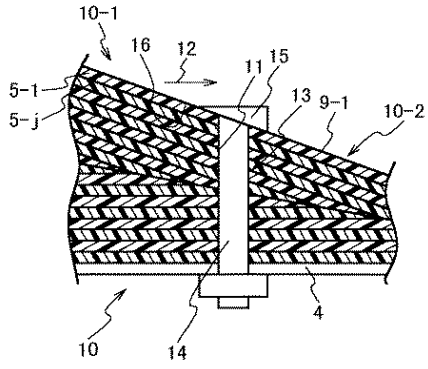
【 図 3 】



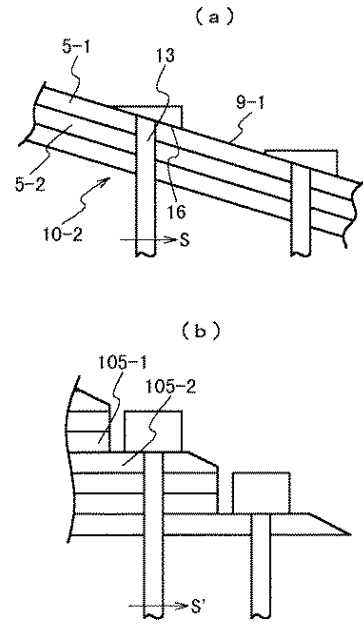
【 図 4 】



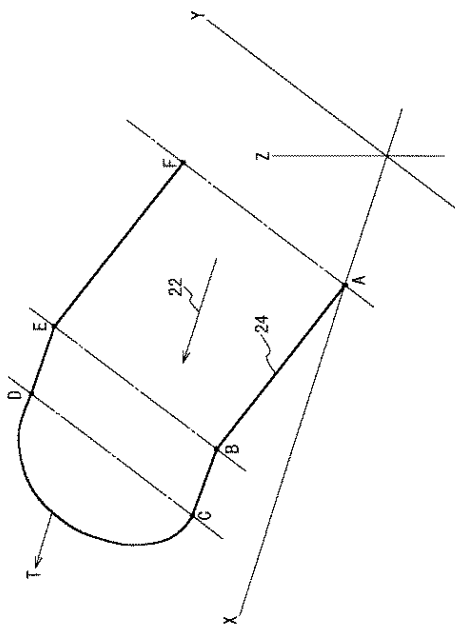
【 図 5 】



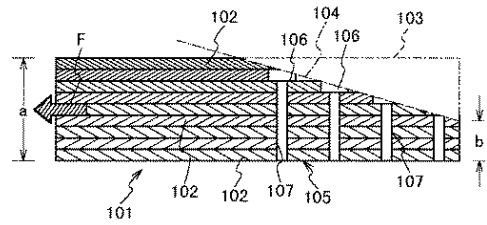
【 図 6 】



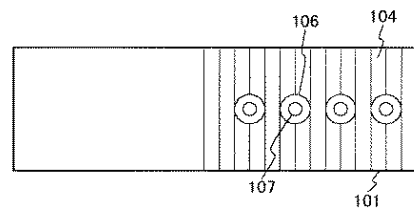
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 豊己

愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内

(72)発明者 西山 茂

愛知県名古屋市港区大江町 1 0 番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内