

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6469951号  
(P6469951)

(45) 発行日 平成31年2月13日 (2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日 (2019.1.25)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>B 3 2 B</b> 5/08 (2006.01)	B 3 2 B	5/08
<b>B 6 4 C</b> 1/00 (2006.01)	B 6 4 C	1/00
<b>B 6 4 C</b> 3/26 (2006.01)	B 6 4 C	3/26
<b>B 3 2 B</b> 37/00 (2006.01)	B 3 2 B	37/00

請求項の数 10 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-28193 (P2014-28193)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成26年2月18日 (2014.2.18)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-214027 (P2015-214027A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成27年12月3日 (2015.12.3)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成29年2月17日 (2017.2.17)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	13/780,382	(74) 代理人	100109726
(32) 優先日	平成25年2月28日 (2013.2.28)		弁理士 園田 吉隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101199
			弁理士 小林 義敦
		(72) 発明者	キシュマルトン, マックス ユー,
			アメリカ合衆国 ワシントン 98124
			, シアトル, メール コード 4イー
			-93, ピー.オー. ボックス 37
			07

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 縮小されたクロスプライ角度を有する複合材の積層板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長手方向に関して縦方向の強度のための長手方向に関してプラスマイナス の角度に方向付けられた強化用繊維 (12) の第1の複数のプライ (10) と、長手方向に関してプラスマイナス の平均角度の周りの互いに異なった角度に方向付けられる前記強化用繊維 (12) の第2の複数のプライ (10) と、長手方向に関して角度 に方向付けられる前記強化用繊維 (12) の第3の複数のプライ (10) とを備え、前記 は2度以上かつ12度以下の範囲内に含まれ、前記 は15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれ、前記 は87度以上かつ92度以下の範囲内に含まれる、複合材の積層板 (110)。

【請求項 2】

前記 が25度である、請求項1に記載の複合材の積層板 (110)。

【請求項 3】

- 繊維が平均角度 の周りの互いに異なった角度に方向付けられる、請求項1又は2に記載の複合材の積層板 (110)。

【請求項 4】

母材をさらに備え、前記強化用繊維 (12) が前記母材の中に埋め込まれている、請求項1から3のいずれか1項に記載の複合材の積層板 (110)。

【請求項 5】

前記母材はプラスチックの母材であり、前記強化用繊維 (12) は前記プラスチックの母材に埋め込まれている炭素繊維を含む、請求項4に記載の複合材の積層板 (110)。

10

20

## 【請求項 6】

第 1 の複数のプライ ( 1 0 ) において、第 2 の複数のプライ ( 1 0 ) よりも大きな割合の繊維が使用されている、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の複合材の積層板 ( 1 1 0 ) 。

## 【請求項 7】

x - 軸を有する板 ( 1 1 0 ) を形成する方法であって、前記 x - 軸に関してプラスマイナス の角度に方向付けられている第 1 の複数の強化用繊維 ( 1 2 ) 、及び前記 x - 軸に関してプラスマイナス の平均角度の周りの互いに異なった角度に方向付けられている第 2 の複数の強化用繊維 ( 1 2 ) 、を含むプライスタックを形成することを備え、前記 が 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲内に含まれ、前記 が 2 度以上かつ 1 2 度以下の範囲内に含まれ、前記 x - 軸に関して の角度に方向付けられている第 3 の複数の強化用繊維 ( 1 2 ) をレイアップすることをさらに備え、前記 が 8 7 度以上かつ 9 2 度以下の範囲内に含まれる、方法。

10

## 【請求項 8】

前記プライスタック ( 6 1 0 ) の上に一体的な縦通材をレイアップすることをさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記強化用繊維 ( 1 2 ) を樹脂に埋め込むこと、及び前記プライスタック ( 6 1 0 ) を硬化させること、をさらに備える、請求項 7 又は 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

硬化された前記プライスタック ( 6 1 0 ) の中の前記強化用繊維 ( 1 2 ) を切断することをさらに備える、請求項 9 に記載の方法。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【背景技術】

## 【0001】

民間航空機の複合材の翼は、( 曲げ荷重が支配的な ) 通常の条件の下で、曲げ強度及び剛性に対応して設計される。炭素繊維強化プラスチック ( C F R P ) などのような複合材料から作られるウイングスキンは、曲げ強度の主要な荷重方向に関して 0 度方向付けられる強化用繊維の複数のプライを含む。

30

## 【0002】

ウイングスキンはまた、曲げ剛性の ( 主要な荷重方向に関して ) 9 0 度方向付けられる強化用繊維の複数のプライを含む。これらの 9 0 度の繊維はまた、横強度及び支圧強度を増加させる。

## 【0003】

ウイングスキンはまた、損傷許容性に対応して設計される。( 主要な荷重方向に関して ) プラス 4 5 度及びマイナス 4 5 度の方向に向けられる強化用繊維の複数のプライは、それらを用いなければ、スキンが大きな貫通性の損傷を受けて繊維が破壊される場合に生じる縦方向のスキンの分裂を抑制するために、加えられる。これらのプラスマイナス 4 5 度の繊維はまた、せん断強度、ねじれ強度、及び曲げ剛性を増加させる。

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

強化用繊維の各々のプライは、ウイングスキンに重さを加える。重さが加えられるので、燃料コストその他の航空機を操業するためのコストが増加する。

## 【0005】

ここに、曲げ強度、曲げ剛性、及び損傷許容性を犠牲にすることなしに、ウイングスキンの重さを減少させるという課題が存在する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

50

本明細書における実施形態にしたがって、複合材の積層板は、主要な荷重方向において縦方向の強度の強化用繊維の第1の複数のプライ、及び主要な荷重方向に関してプラスマイナス、ちなみに は15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれる、の角度に方向付けられる強化用繊維の第2の複数のプライを備える。

【0007】

本明細書における別の実施形態にしたがって、主要な荷重方向を有する構造は、x - 軸に関してプラス 及びマイナス の角度に方向付けられる - 繊維の複数のプライ、並びに x - 軸に関してプラス 及びマイナス の角度に方向付けられる - 繊維の複数のプライを含む複合材の積層板を備える。角度 は、15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれ、及び角度 は0度であるか又は2度以上かつ12度以下の範囲に含まれる。

10

【0008】

本明細書における別の実施形態にしたがって、複合材の箱形はりは、強化するための基礎構造、基礎構造の一側面を覆う第1の積層板、及び基礎構造の反対側の側面を覆う第2の積層板を備える。各々の板は、基礎構造の長手方向の軸に関して15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれる角度に方向付けられる第1の複数の強化用繊維を含む。

【0009】

本明細書の別の実施形態にしたがって、x - 軸を有する板を形成する方法は、x - 軸に関してプラスマイナス の角度に方向付けられる第1の複数の強化用繊維、ちなみに は0度であるか又は2度以上かつ12度以下の範囲内に含まれる、及びx - 軸に関して の角度に方向付けられる第2の複数の強化用繊維、ちなみに は15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれる、を含むプライスタックを形成することを備える。

20

【0010】

これらの特徴及び機能は、種々の実施形態において単独で達成すること、他の実施形態において組み合わせること、実施形態のさらなる詳細は、下記の説明及び図面を参照することによって理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】図1Aは、強化用繊維のプライ及びプライ座標系を示す図である。

【図1B】図1Bは、板のx - 軸に関して異なる角度に向けられる強化用繊維のプライを含む複合材の積層板を示す図である。

30

【図2】図2は、複合材の積層板の全体的な強度における異なる繊維角度の効果を示す図である。

【図3】図3は、出願人により行われた一連の複合材クーポンの大きな切欠き引張試験の概略的な結果を示す図である。

【図4】図4は、出願人により行われた一連の複合材クーポンの穴を充填した引張試験の概略的な結果を示す図である。

【図5】図5は、複合材の積層板を形成する方法を示す図である。

【図6】図6は、強化用繊維のプライスタックを示す図である。

【図7】図7は、複合材の積層板を含む箱形はりを示す図である。

【図8】図8は、複合材の積層板を含む異なるはりを示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0012】

強化用繊維12のプライ10及びプライ座標系を示す図1Aが参照される。プライ座標系は、1 - 軸、2 - 軸、及び3 - 軸を含む。繊維12は、単向性であり1 - 軸に沿って延伸する。2 - 軸は、1 - 軸と同一平面内にあるが、1 - 軸に対して垂直である。3 - 軸は、1 - 軸及び2 - 軸の平面の外にあるが、1 - 軸及び2 - 軸に対して垂直である。プライ10は、1 - 軸に対して非常に強い方向性を有するが、(2 - 軸及び3軸に沿った)繊維にわたり非常に弱い方向性を有する。

【0013】

母材の中に埋め込まれた強化用繊維の複数のプライを含む複合材の積層板110を示す

50

図 1 B が参照される。強化用繊維及び母材は、何らかの特定の複合材に限定されない。強化用繊維の材料の例は、炭素、繊維ガラス、ケブラー、及びチタニウムを含むが、それらに限定されるものではない。母材の材料の例は、プラスチック及び金属を含むが、それらに限定されるものではない。第 1 の例として、板 1 1 0 は、プラスチックの母材に埋め込まれた炭素繊維を含む。第 2 の例として、板 1 1 0 は、チタニウムの母材に埋め込まれた炭素繊維を含む。

#### 【 0 0 1 4 】

板 1 1 0 は、点線によって描かれる x 方向の軸を有する。例えば、x - 軸は、板 1 1 0 の主要な荷重方向と一致し、それにより x - 軸の方向に引っ張り及び圧縮の力が加えられる。板はまた、x - 軸と同じ平面内にある y - 軸、並びに x - 軸及び y - 軸の平面の外にある z - 軸 ( y - 軸及び z - 軸は図示されていない ) を有する。x - 軸、y - 軸、及び z - 軸は、直交している。

10

#### 【 0 0 1 5 】

強化用繊維 1 2 0 の第 1 の複数のプライは、x - 軸に関してプラス 及び マイナス の角度に方向付けられる。これらの繊維は、以下、本明細書において、 - 繊維 1 2 0 として言及され、x - 軸の方向において縦方向の強度を提供する。いくつかの実施形態において、 = 0 度は、縦方向の最大の強度を意味する。

#### 【 0 0 1 6 】

第 2 の複数の強化用繊維 1 3 0 は、x - 軸に関してプラス 及び マイナス の角度、ちなみに は 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲に含まれる、に方向付けられる。これらの繊維は、以下、本明細書において、 - 繊維 1 3 0 として言及される。いくつかの実施形態において、 は約 2 5 度である。

20

#### 【 0 0 1 7 】

- 繊維の全てが同じ角度に方向付けられる場合、これらの - 繊維の方向においてプライの分裂が生じる可能性がある。プライの分裂を抑制するために、 - 繊維はわずかに異なる方向に向けられ、すなわち、 の角度は「あいまい」にされる。 = 2 5 度の例について考察する。プラス 2 5 度だけに方向付けられる - 繊維を伴うプライを使用する代わりに、いくつかのプライはプラス 2 2 度に方向付けられる - 繊維を有し、他のいくつかのプライはプラス 2 5 度に方向付けられる 繊維を有し、及び他のいくつかのプライはプラス 2 8 度であり、これにより - 繊維の平均角度はプラス 2 5 度になる。同様に、マイナス 2 2 度に方向付けられるいくつかの - 繊維、マイナス 2 5 度の他のいくつかの - 繊維、及びマイナス 2 8 度の他のいくつかの - 繊維により、マイナス 2 5 度の平均角度が得られる。

30

#### 【 0 0 1 8 】

いくつかの実施形態において、強化用繊維の第 3 の複数のプライは、主要な荷重方向に関してプラス 及び マイナス の角度に方向付けられ、ここで は 8 7 度以上かつ 9 2 度以下の範囲に含まれる。これらの繊維は、以下、本明細書において、 - 繊維 1 4 0 として言及され横強度及び横剛性を提供し、並びにまた支圧強度を高める。いくつかの実施形態において、 = 9 0 度である。

#### 【 0 0 1 9 】

図 1 B の板 1 1 0 において、従来の 4 5 度のクロスプライ繊維に代わり、 - 繊維が使用される。出願人は、1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲に含まれる角度 は 4 5 度の繊維よりも少しばかり低いせん断強度を提供するが、4 5 度の繊維よりも非常に大きい縦方向の強度を提供する、ということを見出した。出願人はさらに、主要な荷重方向に関する縦方向の強度及び剛性並びに損傷許容性を犠牲にすることなく、 - 繊維のプライの数を減らすことができる、ということを理解した。その結果もたらされる / / 積層板は、同様の縦方向の強度及び剛性並びに損傷許容性を有する従来の 0 / 4 5 / 9 0 の板よりも薄くて軽い。

40

#### 【 0 0 2 0 】

( x - 軸に沿った ) 長手方向のプライの分裂の抑制及び遅延は、0 度の代わりに 2 度以

50

上かつ12度以下の範囲内に含まれる角度に方向付けられる - 繊維を使用することにより、さらに高めることができる。いくつかの実施形態において、角度の範囲は3度以上かつ5度以下である。 - 繊維の角度はまた、あいまいにされる（すなわち、 - 繊維は平均角度を獲得するためにわずかに異なる角度に方向付けられる）。例えば、0度の平均角度は、プラス5度に方向付けられる - 繊維のいくつかのプライ、及びマイナス5度に方向付けられる - 繊維のいくつかのプライにより得られる。

#### 【0021】

複合材の積層板の全体的な強度における異なる繊維角度の効果を示す図2が、参照される。0度以上かつ90度以下の範囲内に含まれる異なる繊維角度の値が水平軸の上に指し示され、及び板の強度が垂直軸の上に指し示される。概略的には、縦方向の強度は、繊維角度が増加するにしたがって線形的には減少しない。一方、せん断は、繊維角度が45度まで増加するにしたがって非線形的に増加し、その後、繊維角度がさらに増加するにしたがって非線形的に減少する。繊維角度が従来の45度から35度まで減少する場合、約5パーセントのみのせん断の減少が存在するが、しかし縦方向の強度における増加は約30パーセントである。繊維角度が15度に向かってさらに減少するにしたがい、このトレードオフは続き、それによりせん断の減少のパーセントは縦方向の強度の増加のパーセントよりも少ない。

#### 【0022】

図3及び図4は、出願人により行われた試験の概略的な結果を示している。各々の試験は、 = 5度 に方向付けられた - 繊維、 = 90度 に方向付けられた - 繊維、及び15度以上かつ45度以下の範囲内で変化する - 繊維を有する一連の複合材クーポンについて行われた。図3及び図4において、水平軸は が15度から45度まで増加する異なった / / のクーポンを指し示し、及び垂直軸は縦方向の強度を指し示している。

#### 【0023】

図3は、一連の複合材クーポンの大きな切欠き引張試験の概略的な結果を示している。大きな切欠き引張試験は、強化用繊維を破壊する大きな貫通性の損傷をシミュレートしている。これらの試験は、損傷を受けたクーポンの縦方向の強度に関する情報を提供する。黒く塗りつぶされた正方形は、従来の0 / 45 / 90の繊維方向を有するクーポンの強度を指し示している。相対的な繊維のパーセンテージは、0度の繊維に対して50パーセントであり、プラスマイナス45度の繊維に対して40パーセントであり、及び90度の繊維に対して10パーセントである（すなわち、50 / 40 / 10パーセント）。しかしながら、このクーポンにおいてプライの分裂が生じた。

#### 【0024】

プライの分裂を避けるために、0 / 45 / 90のクーポンにおける繊維の比率が、30 / 60 / 10パーセントに変えられた。0 / 45 / 90のクーポンの結果は、黒丸により指し示されている。プライの分裂は避けられたが、縦方向の強度は減少した。

#### 【0025】

その後、大きな切欠き引張試験が、15度以上かつ40度以下の - 繊維を有する異なるクーポンに対して行われた。さらに、これらのクーポンは、 - 繊維よりも大きな - 繊維のパーセンテージ（すなわち、「ソフトな」積層）を有していた。 / / のソフトな積層におけるこれらの試験の概略的な結果が、白丸により指し示されている。これらの結果は、クーポンは0 / 45 / 90のソフトな積層のクーポンよりも大きな縦方向の強度を有したが、0 / 45 / 90のハードな積層のクーポンよりは大きな強度を有さなかった、ことを指し示している。

#### 【0026】

大きな切欠き引張試験は、 - 繊維よりも大きな - 繊維のパーセンテージ（すなわち、「ハードな」積層）を有する数個のクーポンに対して行われた。 / / のハードな積層のクーポンに対するこれらの試験の概略的な結果が、中が白い正方形により指し示されている。これらの結果は、15度以上かつ35度以下の範囲内に含まれる を有するクーポンが、0 / 45 / 90のハードな積層のクーポンよりも大きな縦方向の強度を有した

10

20

30

40

50

、ことを指し示している。いくつかの理由で、 $\theta = 25^\circ$  のハードな積層のクーポンの縦方向の強度は、 $\theta = 25^\circ$  の時に最大であった。

【0027】

これらの試験は、 $5/25/90$  のハードな積層のプライの数を、 $0/45/90$  のハードな積層と同じ縦方向の強度を提供するまで減少させることができる、ことを指し示している。しかしながら、 $5/25/90$  のハードな積層は  $0/45/90$  のハードな積層よりも少ないプライを有しているので、それはより細くより軽い。さらに、 $5/25/90$  のハードな積層は、プライの分裂に関してより大きな損傷許容性を有する。

【0028】

ここで、穴を充填した引張試験の概略的な結果を示す図4が、参照される。例えば、クーポンに穴を開けること及びそのドリル穴を通してボルトを挿入することによって、充填された穴がクーポンに作り出される。穴が開けられるにしたがって、強化用繊維は切断されるが、しかしクーポンは損傷されたとはみなされない。それ故、この試験は、損傷されていないクーポンの縦方向の強度に関する情報を提供する。

【0029】

(中が白い正方形及び黒く塗りつぶされた正方形により表される) ハードな積層は、(白丸及び黒丸により表される) ソフトな積層よりも大きな縦方向の強度を有する。さらに、 $\theta = 20^\circ$  度方向付けられた  $\theta = 20^\circ$  繊維を有するハードな積層は、(黒く塗りつぶされた) 従来の  $0/45/90$  のハードな積層と同様な縦方向の強度を有する。

【0030】

ここで、積層板を製造する方法を示す図5が、参照される。ブロック510において、プライスタックが形成される。スタックは、 $\theta = 20^\circ$  繊維のプライ、 $\theta = 45^\circ$  繊維のプライ、及び  $\theta = 90^\circ$  繊維のプライを含む。強化用繊維は、レイアップの前又は後に、樹脂に含浸される。

【0031】

これらの強化用繊維のプライは、レイアップツール(例えば、マンドレル又はモールド・ツール)の上に配置される。いくつかの実施形態において、各々のプライは単一方向に方向付けられる繊維を伴った単向性のテープである。他のいくつかの実施形態において、各々のプライは1つ以上の方向に方向付けられた繊維の織物である。例えば、織物は、プラス  $\theta = 20^\circ$  方向付けられるいくつかの繊維、及び  $\theta = 45^\circ$  方向付けられるいくつかの繊維を有している。さらに他のいくつかの実施形態において、「カートリッジ」は、 $x$ -軸に関して正しい繊維方向(例えば、プラス  $\theta = 20^\circ$  及び  $\theta = 45^\circ$ )を有する予め準備されたプライを含む。

【0032】

プライの  $1$ -軸は、積層板の  $x$ -軸と平行に並べられる。すなわち、 $1$ -軸は、主要な荷重方向と平行に並べられる。

【0033】

ブロック520において、プライスタックは、硬化されて複合材の積層板を生み出す。ブロック530において、積層板は、随意に機械加工される。例えば、締結穴又は他の種類の開口が、積層板に対して開けられ又は切り込まれる。 $\theta = 20^\circ$  繊維は、これらの穴における縦方向の分裂を抑制し又は遅延させる。プライの分裂はさらに、 $2$ 度以上かつ  $12$ 度以下の範囲内に含まれる角度  $\theta = 20^\circ$  に方向付けられる  $\theta = 20^\circ$  繊維により、抑制され又は遅延される。

【0034】

以下のプライの配列を有するプライスタック610の例を示す図6が、参照される。すなわち、(  $\theta = 20^\circ$  ,  $\theta = 45^\circ$  ,  $\theta = 90^\circ$  ,  $\theta = 20^\circ$  ,  $\theta = 45^\circ$  ,  $\theta = 90^\circ$  ,  $\theta = 20^\circ$  ,  $\theta = 45^\circ$  ,  $\theta = 90^\circ$  ) S。ここで、ターム「S」は対称性を表す。すなわち、積層板の中間の平面の上のプライは、中間の平面の下これらの対称の像である。

【0035】

この例の目的は、単純に、各々のプライが同じ繊維方向を伴う繊維を収容し、及び異なるプライは異なる繊維方向を有する、ということを示すことである。この特定の例におい

10

20

30

40

50

て、繊維の配分は、60パーセントの - 繊維、30パーセントの - 繊維、及び10パーセントの - 繊維（すなわち、60 / 30 / 10パーセント）である。他のいくつかの例は、他のプライの配列、及び他の相対的な繊維のパーセンテージを有する。

#### 【0036】

ここで、図8が参照される。本明細書における積層板は、主要な荷重方向を有する構造において使用される。そのような構造の一つの例は、長手方向の軸に沿った主要な荷重方向を有する細長いはりである。いくつかの具体例において、はりは、ウェブ810、少なくとも一つのフランジ820、及び少なくとも一つの複合材のキャップ830を含む。ウェブ810及びフランジ820は、金属の又は複合材の材料から作られる。少なくとも一つのキャップ830は、はりの主要な荷重方向に関して方向付けられる - 繊維及び - 繊維を含む。キャップ830はまた、 - 繊維を含む。

10

#### 【0037】

これらの実施形態は、いかなる特定の形状に対しても限定されるものではない。はり形状の例は、帽子枠、C - チャンネル、Z - はり、J - はり、T - はり及びI - はり、並びにブレード補強はりを含むが、それらに限定されるものではない。図8において、帽子枠800a、Z - はり800b、及びC - チャンネル800cが、示されている。

#### 【0038】

他のいくつかの実施形態において、はりは、箱形の補強された基礎構造及び枠を覆う1つ以上の複合材の積層板を含む箱形はりである。1つ以上の板は、箱形はりの主要な荷重方向に関して方向付けられる - 繊維及び - 繊維を含む。

20

#### 【0039】

ここで、（箱形はりの一種である）ウイングボックス710、前縁720、及び後縁730を含む航空機の翼700を示す図7が、参照される。ウイングボックス710は、スパー712（例えば、フロントスパー及びリアスパー）及びリブ714の補強された基礎構造を含む。スパー712は、幅方向において延伸し、リブ714は、翼弦方向におけるスパーの間で延伸する。ウイングボックス710は、マルチ - スパー又はマルチ - リブの構成を有する。マルチ - リブの構成は、長い翼のアスペクト比を有する民間航空機に対して好ましい。

#### 【0040】

ウイングボックス710はさらに、スパー712及びリブ714を覆う複合材のスキン716を含む。スキン716は、上側のスキン716a及び下側のスキン716bを含む。

30

#### 【0041】

操業の最中において、翼は、曲げ荷重及びねじれ荷重に晒される。例えば、突風又は重い荷重が、翼700に対して上方への曲げを強いて、それにより上側のスキン716aは縦方向の圧縮を受け、下側のスキン716bは縦方向の引張を受ける。曲げ荷重が、主要である。縦方向の荷重を処理するために、各々のスキン716a及び716bは、主要な荷重方向に関して方向付けられる - 繊維及び - 繊維を含む1つ以上の複合材の積層板から成る。 - 繊維は、縦方向の荷重のほとんどを担うため、曲げ強度を提供する。

#### 【0042】

- 繊維は、それらが用いられなければ、スキン716が大きな貫通性の損傷を受けて繊維が破壊される場合の縦方向のスキンの分裂を抑制する。 - 繊維はまた、せん断強度、ねじれ強度、及び曲げ剛性を増加させる。

40

#### 【0043】

- 繊維はまたいくつかの縦方向の荷重を担うので、従来の0 / 45 / 90のハードな積層と比較して、曲げ強度、曲げ剛性、及び損傷許容性を犠牲にすることなしに、 - 繊維のプライの数を減少させることができる。 - 繊維のプライの数を減少させることにより、スキン716の間隔及び重さを減少させることができる。従来の0 / 45 / 90の板に代わりに、そのようなスキン716を使用することによって、何千ポンドもの重さの減少をもたらすことができる。それは燃料コストその他の航空機を操業するためのコストを

50

減少させるので、重さの減少は極めて望ましい。

【 0 0 4 4 】

いくつかの実施形態において、スキン 7 1 6 はわずかに不安定である。いくつかの実施形態において、スキンはわずかに非対称である。

【 0 0 4 5 】

ウイングボックス 7 1 0 の補強された基礎構造はさらに、スキン 7 1 6 を補強することを含むが、それに限定されない機能を働かせる縦通材 7 1 8 を含む。縦通材 7 1 8 はまた、幅方向において延伸する。

【 0 0 4 6 】

スパー 7 1 2、リブ 7 1 4、及び縦通材 7 1 8 は、金属又は安定した複合材の材料から作られる。縦通材 7 1 8 は、キャップ、フランジ、及びウェブを有するはりとして構成される。キャップは、それらの縦通材 7 1 8 の長手方向の軸に関して方向付けられる - 繊維、 - 繊維、及び - 繊維を含む複合材料の板から作られる。

10

【 0 0 4 7 】

縦通材 7 1 8 が複合材料から作られる実施形態において、縦通材 7 1 8 はスキン 7 1 6 と一体に形成されてもよい。プライスタックの構築の間に、縦通材 7 1 8 の強化用繊維は、スキン 7 1 6 の強化用繊維の上に配置される。

【 0 0 4 8 】

スパー 7 1 2 は、 - 繊維、 - 繊維、及び - 繊維のプライを有する複合材料から作られるキャップを含む。リブ 7 1 4 は、 - 繊維、 - 繊維、及び - 繊維のプライを有する複合材料から作られる翼弦を含む。

20

【 0 0 4 9 】

さらに、本開示は、下記の条項にしたがう実施形態を備える。

【 0 0 5 0 】

条項 1 主要な荷重方向に関して縦方向の強度の強化用繊維の第 1 の複数のプライ、及び主要な荷重方向に関してプラスマイナス の角度に方向付けられる強化用繊維の第 2 の複数の前記プライを備え、前記 は 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲内に含まれる、複合材の積層板。

【 0 0 5 1 】

条項 2 前記 が約 2 5 度である、条項 1 に記載の板。

30

【 0 0 5 2 】

条項 3 前記 - 繊維の角度があいまいである、条項 1 に記載の板。

【 0 0 5 3 】

条項 4 強化用繊維の前記第 1 の複数の前記プライが主要な荷重方向に関してプラスマイナス の角度に方向付けられ、前記 は 2 度以上かつ 1 2 度以下の範囲内に含まれる、条項 1 に記載の板。

【 0 0 5 4 】

条項 5 前記 - 繊維の角度があいまいである、条項 4 に記載の板。

【 0 0 5 5 】

条項 6 主要な荷重方向に関して角度 に方向付けられる強化用繊維の第 3 の複数のプライをさらに備え、前記 は 8 7 度以上かつ 9 2 度以下の範囲内に含まれる、条項 1 に記載の板。

40

【 0 0 5 6 】

条項 7 母材をさらに備え、前記繊維が前記母材の中に埋め込まれている、条項 1 に記載の板。

【 0 0 5 7 】

条項 8 前記母材はプラスチックの母材であり、前記繊維は前記プラスチックの母材に埋め込まれている炭素繊維を含む、条項 7 に記載の板。

【 0 0 5 8 】

条項 9 より大きなパーセンテージの繊維が前記第 2 の複数のプライよりも前記第 1 の

50



複数のプライにおいて使用されている、条項 1 に記載の板。

【 0 0 5 9 】

条項 1 0 x - 軸に関してプラス 及びマイナス の角度に方向付けられている - 繊維の複数のプライ、及び x - 軸に関してプラス 及びマイナス の角度に方向付けられている - 繊維の複数のプライを含む複合材の積層板を備え、前記 が 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲内に含まれ、前記 が 2 度以上かつ 1 2 度以下の範囲内に含まれる、主要な荷重方向を有する構造。

【 0 0 6 0 】

条項 1 1 x - 軸に沿って縦方向の力を作り出す曲げに晒される基礎構造を補強する箱形はりをさらに備え、前記板が補強のための前記基礎構造に取り付けられている、条項 1 0 に記載の構造。

10

【 0 0 6 1 】

条項 1 2 ウェブ及びフランジを含むはりをさらに備え、前記板がキャップとして前記フランジに取り付けられている、条項 1 0 に記載の構造。

【 0 0 6 2 】

条項 1 3 補強のための基礎構造、前記基礎構造の 1 つの側面を覆う第 1 の積層板、及び前記基礎構造の反対側の側面を覆う第 2 の積層板を備え、各々の前記板が前記基礎構造の長手方向の軸に関して 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲内に含まれる角度に方向付けられている第 1 の複数の強化用繊維を含む、箱形はり。

20

【 0 0 6 3 】

条項 1 4 前記各々の板が、前記基礎構造の長手方向の軸に関して 2 度以上かつ 1 2 度以下の範囲内に含まれる角度に方向付けられている第 2 の複数の強化用繊維をさらに含む、条項 1 3 に記載の箱形はり。

【 0 0 6 4 】

条項 1 5 より大きなパーセンテージの繊維が前記第 1 の複数の強化用繊維よりも前記第 2 の複数の強化用繊維において使用されている、条項 1 4 に記載の箱形はり。

【 0 0 6 5 】

条項 1 6 x - 軸を有する板を形成する方法であって、前記 x - 軸に関してプラスマイナス の角度に方向付けられている第 1 の複数の強化用繊維、及び前記 x - 軸に関してプラスマイナス の角度に方向付けられている第 2 の複数の強化用繊維を、含むプライスタックを形成することを備え、前記 が 1 5 度以上かつ 3 5 度以下の範囲内に含まれ、前記 が 0 度であるか又は 2 度以上かつ 1 2 度以下の範囲内に含まれる、方法。

30

【 0 0 6 6 】

条項 1 7 x - 軸に関して の角度に方向付けられている第 3 の複数の繊維をレイアップすることをさらに備え、前記 が 8 7 度以上かつ 9 2 度以下の範囲内に含まれる、条項 1 6 に記載の方法。

【 0 0 6 7 】

条項 1 8 前記プライスタックの上に一体的な縦通材をレイアップすることをさらに備える、条項 1 6 に記載の方法。

40

【 0 0 6 8 】

条項 1 9 前記繊維を樹脂に埋め込むこと、及び前記プライスタックを硬化させることを、さらに備える、条項 1 6 に記載の方法。

【 0 0 6 9 】

条項 2 0 硬化された前記プライスタックの中の繊維を切断することをさらに備える、条項 1 9 に記載の方法。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 0 】

1 0 プライ

1 2 強化用繊維

4 5 従来のクロスプライ

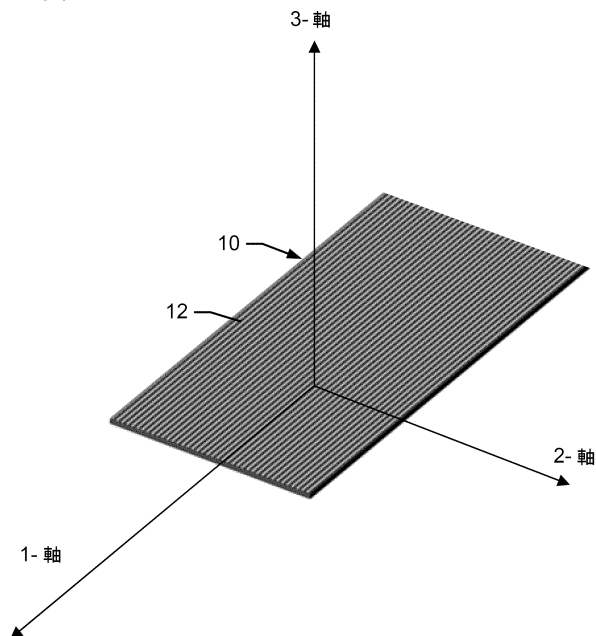
50

- 1 1 0 複合材の積層板
- 1 2 0 第 1 の複数のプライ ( - 繊維 )
- 1 3 0 第 2 の複数のプライ ( - 繊維 )
- 5 1 0 ブロック
- 5 2 0 ブロック
- 5 3 0 ブロック
- 6 1 0 プライスタック
- 8 0 0 a 帽子枠
- 7 0 0 航空機の翼
- 7 1 0 ウイングボックス
- 7 1 2 スパー
- 7 1 4 リブ
- 7 1 6 複合材のスキン
- 7 1 6 a 上側のスキン
- 7 1 6 b 下側のスキン
- 7 1 8 縦通材
- 7 2 0 前縁
- 7 3 0 後縁
- 8 0 0 b Z - はり
- 8 0 0 c C - チャンネル
- 8 1 0 ウェブ
- 8 2 0 フランジ
- 8 3 0 キャップ

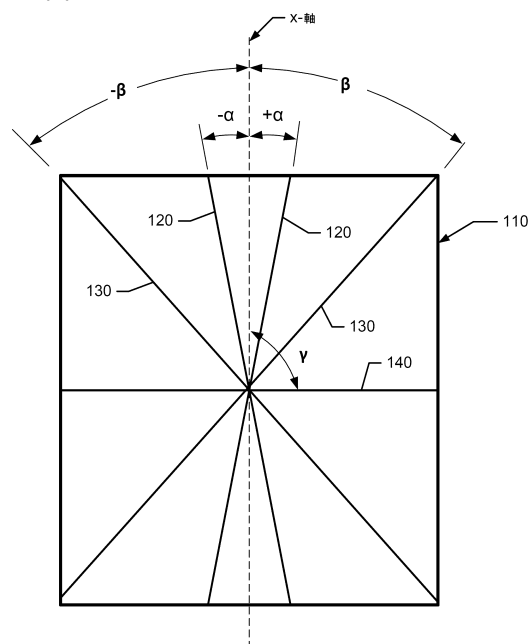
10

20

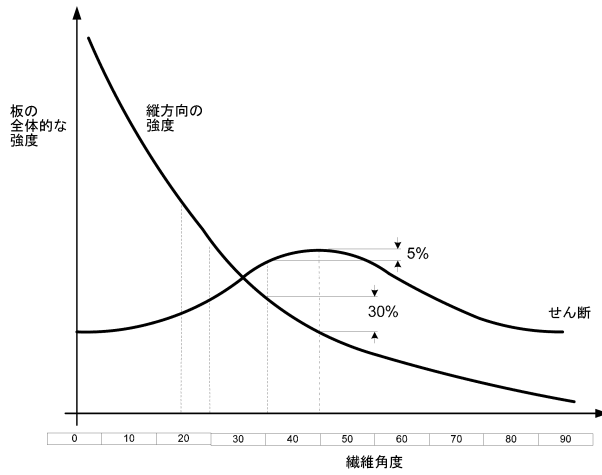
【図 1 A】



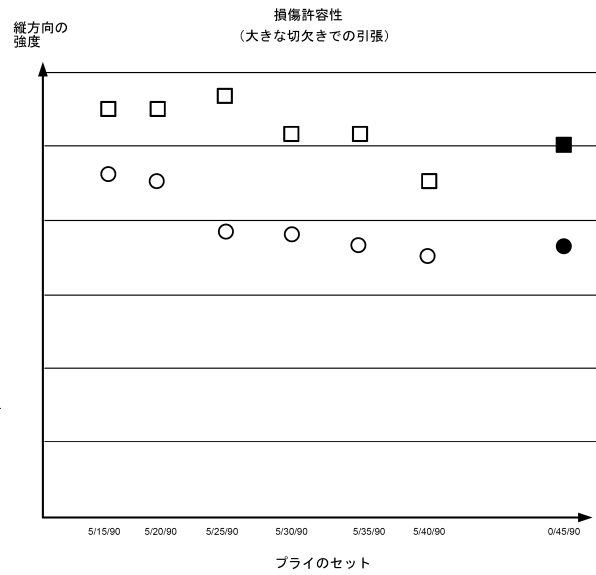
【図 1 B】



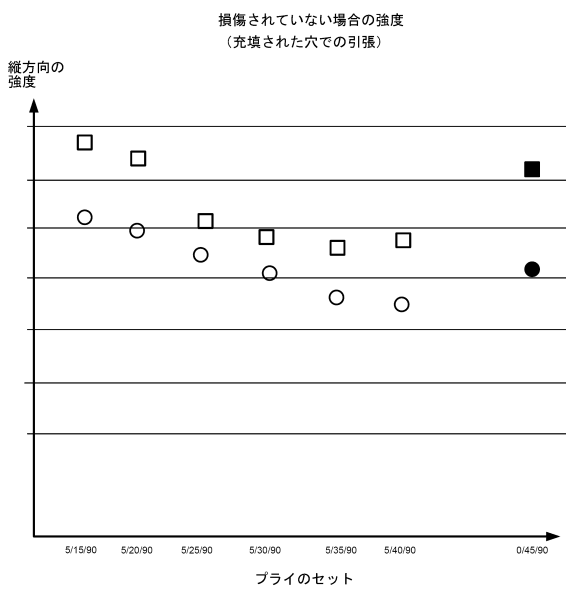
【図 2】



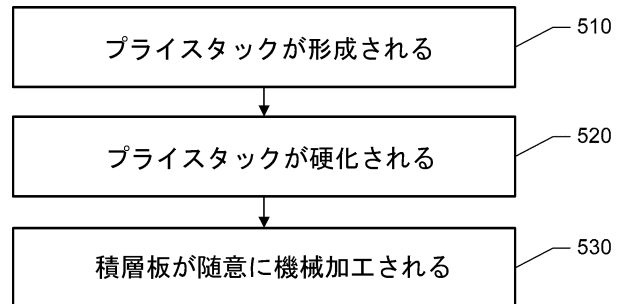
【図 3】



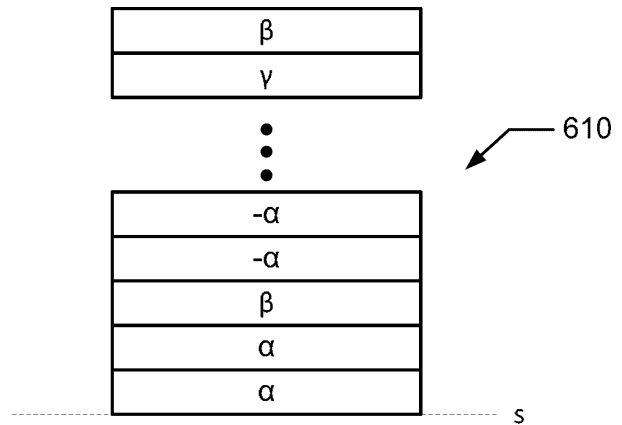
【図 4】



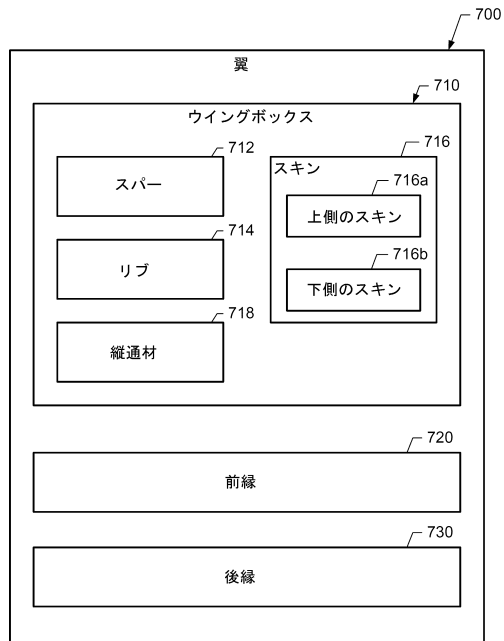
【図 5】



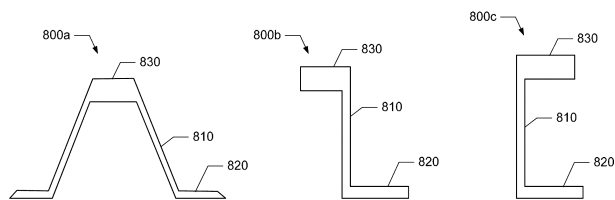
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

審査官 増永 淳司

(56)参考文献 国際公開第2011/142920(WO, A1)  
特開2003-019763(JP, A)  
特開2010-274910(JP, A)  
特開2012-192564(JP, A)  
米国特許出願公開第2010/0219294(US, A1)  
米国特許出願公開第2010/0320320(US, A1)  
米国特許出願公開第2006/0222837(US, A1)  
国際公開第2011/014920(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B32B 5/08  
B32B 37/00  
B64C 1/00  
B64C 3/26