

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7336202号

(P7336202)

(45)発行日 令和5年8月31日(2023.8.31)

(24)登録日 令和5年8月23日(2023.8.23)

(51)国際特許分類

F I

B 6 4 C 1/06 (2006.01)

B 6 4 C 1/06

B 6 4 C 1/00 (2006.01)

B 6 4 C 1/00

B

B 2 9 C 70/30 (2006.01)

B 2 9 C 70/30

請求項の数 15 外国語出願 (全24頁)

(21)出願番号 特願2019-29006(P2019-29006)  
(22)出願日 平成31年2月21日(2019.2.21)  
(65)公開番号 特開2019-194066(P2019-194066  
A)  
(43)公開日 令和1年11月7日(2019.11.7)  
審査請求日 令和4年2月21日(2022.2.21)  
(31)優先権主張番号 15/907,224  
(32)優先日 平成30年2月27日(2018.2.27)  
(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

(73)特許権者 500520743  
ザ・ボーイング・カンパニー  
The Boeing Company  
アメリカ合衆国、6 0 6 0 6 - 1 5 9 6  
イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサ  
イド・プラザ、1 0 0  
(74)代理人 110002077  
園田・小林弁理士法人  
(72)発明者 チェン、ジアンティエン  
アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 -  
2 0 1 6、シカゴ、ノース リバーサ  
イド プラザ 1 0 0  
(72)発明者 シュローダー、イアン イー・  
アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 -  
2 0 1 6、シカゴ、ノース リバーサ  
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中実積層ストリング

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

航空機で使用するための中実積層ストリング(100)であって、

補強材料の第1の複数のプライ(102)を含むベースセグメント(101)であって、前記ベースセグメント(101)の第1の積み重ねられたプライ(105)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するベースセグメント(101)と、

補強材料の第2の複数のプライ(202)を含む、前記ベースセグメント(101)に隣接する移行セグメント(201)であって、前記ベースセグメント(101)の前記側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成する移行セグメント(201)と、

補強材料の第3の複数のプライ(302)を含む、前記移行セグメント(201)に隣接する上部セグメント(301)であって、前記上部セグメント(301)が、前記移行セグメント(201)の前記凹状側部(203)と連続する側部(303)を有する第2の概ね台形の断面を形成し、前記側部(303)が、前記ベースセグメント(101)の前記第1の積み重ねられたプライ(105)に対して前記第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する、上部セグメント(301)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を含む第1のオーバーラップ層(401)であって、前記上部セグメント(301)、前記移行セグメント(201)、および前記ベースセグメント(101)の少なくとも一部を覆う第1のオーバーラップ層(401)

10

20

)と、

補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を含む第2のオーバーラップ層(501)であって、前記第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、前記ベースセグメント(101)を覆う第2のオーバーラップ層(501)と、  
を備えるストリング(100)。

【請求項2】

前記第1のオーバーラップ層(401)の前記補強材料の少なくとも1つのプライ(402)が、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して1.5度から2.5度の間および-1.5度から-2.5度の間の範囲内の1つ以上の角度で配置されている、請求項1に記載の中実積層ストリング(100)。

10

【請求項3】

前記上部セグメント(301)が、少なくとも0.38cm(0.15インチ)の半径を有する凸状の弧(306)で前記上部セグメント(301)の各側部(303)と接合する上部表面(305)を備える、請求項1または2に記載の中実積層ストリング(100)。

【請求項4】

前記移行セグメント(201)の前記凹状側部(203)が、少なくとも0.64cm(0.25インチ)の半径を有する1つ以上の弧を含み、前記補強材料の第2の複数のプライ(202)が、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、2.5度から3.5度の間および-2.5度から-3.5度の間の範囲内の角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第2の複数のプライ(202)の4.2%~4.8%が0度に配置されている角度で配置されたプライを含む、請求項1から3のいずれか一項に記載の中実積層ストリング(100)。

20

【請求項5】

前記上部セグメント(301)の前記第2の傾斜角度(304)が、6.0度から7.5度の間の範囲内であり、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)が、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、2.0度から2.5度の間および-2.0度から-2.5度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)の4.5%~6.0%が0度に配置されている角度で配置されたプライを含む、請求項1から4のいずれか一項に記載の中実積層ストリング(100)。

30

【請求項6】

前記ベースセグメント(101)の前記第1の傾斜角度(104)が、1.0度から1.5度の間の範囲内であり、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)が、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の3.8%~4.4%が0度に配置されている角度で配置されたプライを含む、請求項1から5のいずれか一項に記載の中実積層ストリング(100)。

【請求項7】

40

前記上部セグメント(301)が、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をさらに含み、前記キャップチャージ(307)が、補強材料の第4の複数のプライ(308)を含み、前記補強材料の第4の複数のプライ(308)が、前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に対して、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の前記角度と実質的に同じである角度で配置されている、請求項6に記載の中実積層ストリング(100)。

【請求項8】

前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に対する前記第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、前記ベースセグメント(101)と前記キャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称であり、前記ストリング

50

(100)の高さ(604)が前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に沿って減少するように、複数の終端プライ(603)が、近似的に前記対称線(602)で、前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に連続的に終端されている、請求項7に記載の中実積層ストリング(100)。

【請求項9】

構造システム(700)の中実積層ストリング(100)を製造する方法(800)であって、

前記ストリング(100)のベースセグメント(101)を表面(707)上にレイアップすることであって、前記ベースセグメント(101)をレイアップすることが、前記ベースセグメント(101)が、前記表面(707)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることを含む、ベースセグメント(101)をレイアップすることと、

10

前記ベースセグメント(101)に隣接する前記ストリング(100)の移行セグメント(201)をレイアップすることであって、前記移行セグメント(201)をレイアップすることが、前記移行セグメント(201)が、前記ベースセグメント(101)の前記側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることを含む、移行セグメント(201)をレイアップすることと、

前記移行セグメント(201)に隣接する前記ストリング(100)の上部セグメント(301)をレイアップすることであって、前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、前記上部セグメント(301)が、前記表面(707)に対して前記第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する側部(303)を有する、前記移行セグメント(201)と連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることを含む、上部セグメント(301)をレイアップすることと、

20

第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることであって、前記第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることが、前記上部セグメント(301)、前記移行セグメント(201)、および前記ベースセグメント(101)の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を積み重ねることを含む、第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることと、

30

第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることであって、前記第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることが、前記第2のオーバーラップ層(501)が、前記第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、前記ベースセグメント(101)を覆うように、かつ、前記第2のオーバーラップ層(501)が、前記ベースセグメント(101)に隣接する前記表面(707)の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を積み重ねることを含む、第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることと、

前記ベースセグメント(101)、前記移行セグメント(201)、前記上部セグメント(301)、前記第1のオーバーラップ層(401)、および前記第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることと、を含む方法(800)。

40

【請求項10】

前記移行セグメント(201)をレイアップすることが、

前記移行セグメント(201)の前記凹状側部(203)が、少なくとも0.64 cm (0.25インチ)の半径を有する1つ以上の弧を含むように、前記補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることと、

前記補強材料の第2の複数のプライ(202)を、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、2.5度から3.5度の間および-2.5度から-3.5度の間の範囲内の角度で、または0度、4.5度、-4.5度、および9.0度を含む角度であって、前記補強材

50

料の第2の複数のプライ(202)の4.2%~4.8%が0度に配置されている角度で、配置することと、  
をさらに含む、請求項9に記載の方法(800)。

【請求項11】

前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、

前記上部セグメント(301)の前記第2の傾斜角度(304)が、6.0度から7.5度の間の範囲内になるように、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることと、

前記補強材料の第3の複数のプライ(302)を、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、2.0度から2.5度の間および-2.0度から-2.5度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)の4.5%~6.0%が0度に配置される角度で、配置することと、  
をさらに含む、請求項9または10に記載の方法(800)。

10

【請求項12】

前記ベースセグメント(101)をレイアップすることが、

前記ベースセグメント(101)の前記第1の傾斜角度(104)が、1.0度から1.5度の間の範囲内になるように、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることと、

前記補強材料の第1の複数のプライ(102)を、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の3.8%~4.4%が0度に配置される角度で、配置することと、

20

をさらに含む、請求項9から11のいずれか一項に記載の方法(800)。

【請求項13】

前記表面(707)が、航空機部品の積層スキン(701)の内側表面(702)であり、前記方法(800)が、

前記ストリング(100)の前記ベースセグメント(101)をレイアップする前に、前記航空機部品の前記積層スキン(701)をレイアップすること、  
をさらに含む、前記ベースセグメント(101)、前記移行セグメント(201)、前記上部セグメント(301)、前記第1のオーバーラップ層(401)、および前記第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることが、前記航空機部品の前記積層スキン(701)を同時に硬化させることを、さらに含む、請求項9から12のいずれか一項に記載の方法(800)。

30

【請求項14】

前記ストリング(100)の前記上部セグメント(301)をレイアップすることが、前記補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をレイアップすることを、さらに含む、前記キャップチャージ(307)をレイアップすることが、前記ストリング(100)の軸方向(601)に対する前記補強材料の第1の複数のプライ(102)の配置と実質的に同じである前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に対する配置で、かつ、前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に対する前記第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、前記ベースセグメント(101)と前記キャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称になるように、補強材料の第4の複数のプライ(308)を積み重ねることを含む、請求項13に記載の方法(800)。

40

【請求項15】

前記方法(800)が、

前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に複数の終端プライ(603)を連続的に終端することであって、連続する各終端プライが、前記ストリング(100)のランアウト端部(605)から、より短い軸方向距離で、終端され、前記ストリング(10

50

0)の高さ(604)が前記軸方向(601)に沿って減少するように、前記複数の終端プライ(603)の各終端プライが、近似的に前記対称線(602)で終端されるように、複数の終端プライ(603)を連続的に終端することと、

前記ストリング(100)の前記高さ(604)が減少するにつれて、前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に沿って前記積層スキン(701)の厚さ(704)を増加させることと、

をさらに含み、

前記積層スキン(701)が、外側モールドライン(703)を含み、前記構造システム(700)が、前記積層スキン(701)の前記外側モールドライン(703)から距離(706)に位置する弾性重心(705)を含み、前記方法(800)が、

10

前記外側モールドライン(703)から前記弾性重心(705)までの前記距離(706)が、前記ストリング(100)の前記軸方向(601)に沿って近似的に一定となるように、前記積層スキン(701)の前記内側表面(702)上および前記ストリング(100)の前記高さ(604)が減少しているところで前記ストリング(100)に隣接して、構造的充填材料(708)をレイアップすることを、さらに含む、請求項14に記載の方法(800)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、航空機構造に使用するための中実積層ストリング、および中実積層ストリングを製造する方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

炭素繊維強化ポリマーから形成されたものなどの中実積層ストリングが、航空機部品のための構造システムの一部として一般的に使用されている。例えば、一連のストリングが、航空機の翼または胴体の内側スキンに積層され得る。航空機部品は、経時的な空気力学的荷重と温度変化との組み合わせに晒されるので、構造システムは、航空機部品の内側スキンからのストリングの層間剥離およびストリングの熱亀裂に耐えるように設計され得る。

【0003】

必要とされているのは、層間剥離強度が増加し、熱亀裂に対する抵抗力が改善された、改善された中実積層ストリングである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】米国特許第9242393号明細書

米国特許出願公開第2016/0207607号明細書

米国特許出願公開第2012/0052247号明細書

【発明の概要】

【0005】

一例では、補強材料の第1の複数のプライを有するベースセグメントを含む、航空機で使用するための中実積層ストリングが、記載され、ベースセグメントは、ベースセグメントの第1の積み重ねられたプライに対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成する。中実積層ストリングは、ベースセグメントに隣接する移行セグメントをさらに含み、移行セグメントは、補強材料の第2の複数のプライを有し、移行セグメントは、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成する。中実積層ストリングは、移行セグメントに隣接する上部セグメントをさらに含み、上部セグメントは、補強材料の第3の複数のプライを有し、上部セグメントは、移行セグメントの凹状側部と連続する側部を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部は、ベースセグメントの第1の積み重ねられたプライに対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する。中実積層ストリングは、補強材料の少なくとも1つのプライを有する第1のオーバ

40

50

ーラップ層をさらに含み、第1のオーバーラップ層は、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部を覆う。中実積層ストリングは、補強材料の少なくとも1つのプライを有する第2のオーバーラップ層をさらに含み、第2のオーバーラップ層は、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆う。

【0006】

別の例では、構造システムの中実積層ストリングを製造する方法が、記載される。この方法は、ストリングのベースセグメントを表面上にレイアップすることを含み、ベースセグメントをレイアップすることは、ベースセグメントが、表面に対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第1の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、ベースセグメントに隣接するストリングの移行セグメントをレイアップすることを、さらに含み、移行セグメントをレイアップすることは、移行セグメントが、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、移行セグメントに隣接するストリングの上部セグメントをレイアップすることを、さらに含み、上部セグメントをレイアップすることは、上部セグメントが、表面に対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する側部を有する、移行セグメントと連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライを積み重ねることを、含む。この方法は、第1のオーバーラップ層をレイアップすることを、さらに含み、第1のオーバーラップ層をレイアップすることは、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライを積み重ねることを、含む。この方法は、第2のオーバーラップ層をレイアップすることを、さらに含み、第2のオーバーラップ層をレイアップすることは、第2のオーバーラップ層が、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆うように、かつ、第2のオーバーラップ層が、ベースセグメントに隣接する表面の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライを積み重ねることを、含む。この方法は、ベースセグメント、移行セグメント、上部セグメント、第1のオーバーラップ層、および第2のオーバーラップ層を同時に硬化させることを、さらに含む。

【0007】

別の例では、航空機部品の積層スキンを含む構造システムが、記載されており、積層スキンは、内側表面を含む。構造システムは、積層スキンの内側表面に配置された中実積層ストリングを、さらに含む。中実積層ストリングは、補強材料の第1の複数のプライを含むベースセグメントを含み、ベースセグメントは、積層スキンの内側表面に対して第1の傾斜角度を有する側部を有する第1の概ね台形の断面を形成する。中実積層ストリングは、ベースセグメントに隣接する移行セグメントを、さらに含み、移行セグメントは、補強材料の第2の複数のプライを含み、移行セグメントは、ベースセグメントの側部と連続する凹状側部を有する断面を形成する。中実積層ストリングは、移行セグメントに隣接する上部セグメントを、さらに含み、上部セグメントは、補強材料の第3の複数のプライを含み、上部セグメントは、移行セグメントの凹状側部と連続する側部を有する第2の概ね台形の断面を形成し、側部は、積層スキンの内側表面に対して第1の傾斜角度より大きい第2の傾斜角度を有する。中実積層ストリングは、補強材料の少なくとも1つのプライを含む第1のオーバーラップ層を、さらに含み、第1のオーバーラップ層は、上部セグメント、移行セグメント、およびベースセグメントの少なくとも一部を覆う。中実積層ストリングは、補強材料の少なくとも1つのプライを含む第2のオーバーラップ層を、さらに含み、第2のオーバーラップ層は、第1のオーバーラップ層の少なくとも一部と重なって、ベースセグメントを覆い、第2のオーバーラップ層は、ベースセグメントに隣接する積層スキンの内側表面の少なくとも一部を、さらに覆う。

【0008】

説明した特徴、機能、および利点は、様々な例で独立に達成することができ、またはさらに他の例で組み合わせてもよく、そのさらなる詳細は、以下の説明および図面を参照し

10

20

30

40

50

て理解することができる。

【 0 0 0 9 】

例示的な実施例の特徴であると考えられる新規の特徴が、添付の特許請求の範囲に記載されている。しかしながら、例示的な実施例、ならびに好ましい使用モード、そのさらなる目的および説明は、添付の図面と併せて、本開示の例示的な実施例の以下の詳細な説明を参照することによって、最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの斜視図を示す。

【図 2】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの拡大図を示す。

【図 3】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのベースセグメントの断面平面図を示す。

【図 4】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの移行セグメントの断面平面図を示す。

【図 5】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの上部セグメントの断面平面図を示す。

【図 6】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの第 2 のオーバーラップ層の断面平面図を示す。

【図 7】例示的な実施態様による、中実積層ストリングを通る対称線を示す。

【図 8】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのキャップチャージの断面平面図を示す。

【図 9】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのランアウト部における複数の終端ブライの概略図を示す。

【図 10】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのランアウト部の斜視図を示す。

【図 11】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのランアウト部の断面図を示す。

【図 12】例示的な実施態様による、中実積層ストリングの弾性重心を示す。

【図 13】例示的な実施態様による、中実積層ストリングのランアウト部の弾性重心を示す。

【図 14】例示的な実施態様による、構造システムの中実積層ストリングを製造するための例示的な方法のフローチャートを示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

開示された例が、添付の図面を参照して、より十分に説明され、図面には、開示された例の全部ではないが、いくつかが表示されている。実際、いくつかの異なる例が、記載されているかもしれないが、本明細書に記載の例に限定されると解釈されるべきではない。むしろ、これらの例は、この開示が徹底的かつ完全であり、開示の範囲を当業者に十分に伝えるように、記載されている。

【 0 0 1 2 】

本明細書で論じる例は、中実積層ストリングおよび中実積層ストリングを製造するための方法を含む。ストリングは、層間剥離強度および熱亀裂に対する抵抗力を増大させる構成で補強材料の積み重ねられたブライを含む一連のセグメントを含み得る。ストリングはまた、ストリングのランアウトを容易にし、ストリングを含む構造システムにおける局所的な歪みまたは応力を低減し得る構成を含んでもよい。

【 0 0 1 3 】

量または測定値に関して「約」または「実質的」および「実質的に」または「近似的に」という用語は、列挙された特徴、パラメータ、または値が正確に達成される必要がないことを、意味する。むしろ、例えば公差、測定誤差、測定精度の限界、および当業者に知られている他の要因を含む偏差または変動は、特徴が提供することを意図した効果を排除しない量で起こり得る。

【 0 0 1 4 】

ここで図 1 および図 2 を参照すると、図 1 は、例示的な実施態様による、中実積層ストリング 100 の斜視図を示す。同様に、図 2 は、例示的な実施態様による、中実積層ストリング 100 の拡大図を示す。例えば、ストリング 100 は、胴体または翼などの航空機部品の内部積層スキン上の補強部材として使用することができる。層間剥離強度を向上させるために、ストリング 100 は、ストリング 100 の軸方向における可変の繊維濃度を通して剛性が徐々に変化する一連のセグメントにレイアップされてもよい。例えば、図 1 に示されるように、ストリング 100 は、ベースセグメント 101 を含み得る。

【0015】

ベースセグメント 101 は、第 1 の概ね台形の断面を形成する。例えば、図 1 および図 2 に示すように、ベースセグメント 101 の最上部および最下部のプライは、実質的に平行であり得る。ベースセグメント 101 は、ベースセグメント 101 の補強材料の第 1 の積み重ねられたプライ 105、すなわち最下部のプライに対して第 1 の傾斜角度 104 を有する側部 103 を、さらに含む。図 1 に示すように、例えば、第 1 の積み重ねられたプライ 105 は、航空機部品の積層スキン 701 の内側表面 702 と接触して、ストリング 100 の底部を形成してもよい。ベースセグメント 101 の連続的に積み重ねられたプライは、第 1 の積み重ねられたプライ 105 よりも幅がわずかに狭く、その結果、ベースセグメント 101 の台形断面が生じる。

【0016】

いくつかの実施態様では、ベースセグメント 101 の第 1 の傾斜角度 104 は、約 10 度から約 20 度の間の範囲内であり得る。例えば、ストリング 100 の両方の側部 103 の第 1 の傾斜角度 104 は、15 度であり得る。これにより、ベースセグメント 101 をストリング 100 の残りの部分よりも広げることができ、これにより、積層スキン 701 とベースセグメント 101 との間に作用し得る層間剥離応力を支えるためのより大きな単位面積が得られ、それによって層間剥離応力が減少する。

【0017】

ストリング 100 は、ベースセグメント 101 に隣接する移行セグメント 201 を、さらに含み得る。図 1 に示すように、移行セグメント 201 は、ベースセグメント 101 の上に配置されている。移行セグメント 201 は、ベースセグメント 101 の側部 103 と連続する凹状側部 203 を有する断面を形成する。いくつかの実施態様では、移行セグメント 201 の凹状側部 203 は、少なくとも約 0.25 インチの半径を有する 1 つ以上の弧を含むことができ、それによって、ベースセグメント 101 の側部 103 から上部セグメント 301 の側部 303 への連続的な移行がもたらされ得る。

【0018】

したがって、ストリング 100 は、移行セグメント 201 に隣接する上部セグメント 301 を含み得る。図 1 に示されるように、上部セグメント 301 は、移行セグメント 201 の上に位置し、移行セグメント 201 の凹状側部 203 と連続する側部 303 を有する第 2 の概ね台形の断面を形成する。側部 303 は、ベースセグメント 101 の第 1 の積み重ねられたプライ 105 に対して第 2 の傾斜角度 304 を有する。図 1 に見られるように、第 2 の傾斜角度 304 は、第 1 の傾斜角度 104 より大きい。いくつかの実施態様では、第 2 の傾斜角度 304 は、約 60 度から約 75 度の間の範囲内であり得る。例えば、ストリング 100 の両方の側部 303 の第 2 の傾斜角度 304 は、70 度であり得る。

【0019】

いくつかの実施形態では、上部セグメント 301 は、凸状の弧 306 で上部セグメント 301 の各側部 303 と接合する上部表面 305 を含むことができ、以下で議論されるように、これによって、いくつかの状況では、ストリング 100 の上方角部の近くまたは上方角部での熱亀裂の可能性を低減し得る。

【0020】

ストリングは、第 1 のオーバーラップ層 401 を、さらに含み得る。第 1 のオーバーラップ層 401 は、上部セグメント 301、移行セグメント 201、およびベースセグメント 101 の少なくとも一部を覆い得る。例えば、図 1 および図 2 に示す例では、第 1 のオ

10

20

30

40

50



オーバーラップ層 401 は、第 1 の端部 403 から第 2 の端部 404 まで延びており、ストリング 100 の両側でベースセグメント 101 の全幅を覆っている。

【0021】

上述のように、凸状の弧 306 は、上部セグメント 301 の側部 303 と上部表面 305 との間に滑らかな移行部を提供することができ、この移行部は、その後、第 1 のオーバーラップ層 401 において複製される。例えば、上部セグメント 301 の凸状の弧 306 は、少なくとも約 0.15 インチの半径を有することができる。これにより、第 1 のオーバーラップ層 401 の近くの上部セグメント 301 内の引張応力を、凸状の弧 306 にわたってより効果的に分散させることができる。逆に、側部と上部との間のより鋭い移行部を有する積層ストリングは、この位置で高い引張応力を受ける可能性があり、これはストリング 100 の亀裂を招く可能性がある。

10

【0022】

いくつかの実施態様では、ストリング 100 は、第 2 のオーバーラップ層 501 を、さらに含み得る。第 2 のオーバーラップ層 501 は、第 1 のオーバーラップ層 401 の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント 101 を覆ってもよい。図 1 に示すように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 1 の端部 503 が、移行セグメント 201 の最上部まで延びているとき、図 2 に見られるように、第 2 のオーバーラップ層 501 は、第 1 のオーバーラップ層 401 の一部を覆っている。あるいは、図 2 に示されるように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 1 の端部 503 は、移行セグメント 201 の近似的に中央にある端部まで先細になっていてもよい。

20

【0023】

第 2 のオーバーラップ層 501 はまた、積層スキン 701 の一部を覆ってもよい。さらに、第 2 のオーバーラップ層 501 は、ストリング 100 の上で連続していないので、ベースセグメント 101 の 2 つの側部 103 は、第 2 のオーバーラップ層 501 の 2 つの異なる部分によって覆われ得る。図 1 に見られるように、第 2 のオーバーラップ層 501 の第 2 の端部は、移行セグメント 201 の近似的に最上部まで延びている。

【0024】

上述のように、ストリング 100 は、ベースセグメント 101 から上部セグメント 301 へ、剛性が徐々に増加する一連のセグメントでレイアップされ得る。積層スキン 701 は、一般に、ストリング 100 よりも低い剛性を有するので、この配置は、ベースセグメント 101 が積層スキン 701 の剛性により近い剛性を有することを可能にし、それは有益であり得る。例えば、積層スキン 701 およびベースセグメント 101 などの 2 つの隣接する積層部品の材料特性の違いは、層間引張応力を高め、ある場合には、積層スキン 701 からのストリング 100 の剥離に寄与し得る。同じことが、隣接する積層部品間の熱膨張係数 (CTE) の違いから起こり得る。さらに、説明した構成では、高い剛性が、上部セグメント 301 において依然として提供され、曲げに対する最大の抵抗力が得られる。

30

【0025】

ストリング 100 内のセグメントの剛性は、各セグメントまたはオーバーラップ層のそれぞれのプライにおいて、ストリング 100 の軸方向 601 における繊維濃度を変えることによって、徐々に増加させることができる。ストリング 100 の従来のレイアップは、ストリング 100 の軸方向 601 に対して 0 度、45 度、-45 度および 90 度を含む角度で配置された補強材料のプライを含むことができる。従来のレイアップにおけるこれらの角度のそれぞれの間でプライの数は、例えば、均等に配分されてもよい。しかしながら、現在の例は、軸方向 601 における繊維濃度に影響を与えるいくつかの異なる角度で配置されたプライを有する従来と異なるレイアップ、ならびに軸方向 601 に配置されたプライ (すなわち、0 度のプライ) が多い、プライの不均等な配分を含む従来の 0 / 45 / -45 / 90 のレイアップを企図する。

40

【0026】

例えば、図 1 に示すように、第 1 のオーバーラップ層 401 は、ストリング 100 の軸方向 601 に対して約 15 度から約 25 度の間および約 -15 度から約 -25 度の間の範

50

図内の1つ以上の角度で配置された補強材料の少なくとも1つのプライ402を含むことができる。例えば、補強材料の少なくとも1つのプライ402は、それぞれ20度および-20度に配置された、その向きが図1に見られることができるテーププライの2つのプライを、含むことができる。これにより、プライがストリング100の軸方向601、すなわち0度に比較的近く配置されているので、第1のオーバーラップ層401のCTEと上部セグメント301のCTEとの間のミスマッチを減少させることができる。これらの特性は、上部セグメント301の向きに近づくことができ(後述)、それはまた、上部セグメント301と第1のオーバーラップ層401の中および間の層間引張応力を低減し得る。

#### 【0027】

同様に、ベースセグメント101は、図3に示されるベースセグメント101の断面平面図に見られるように、補強材料の第1の複数のプライ102を含む。補強材料の第1の複数のプライ102は、0度、45度、-45度および90度を含む角度で、従来のレイアップにおいてストリング100の軸方向601に対して配置されたプライを含むことができる。しかしながら、補強材料の第1の複数のプライ102の約38%~約44%が、0度に、すなわちストリング100の軸方向601と平行に配置されている。例えば、補強材料の第1の複数のプライ102におけるプライの40%が、0度のプライであってもよい。これは、積層スキン701の剛性よりも大きい、望ましくない層間引張応力が導入されるほど大きくはない、ベースセグメント101の全体的な剛性を、提供することができる。

#### 【0028】

さらに、移行セグメント201は、補強材料の第2の複数のプライ202を含み、その一例が、図4に示される移行セグメント201の断面平面図に見られる。例えば、補強材料の第2の複数のプライ202は、従来と異なるレイアップで配置された、約25度から約35度の間および約-25度から約-35度の間の範囲内の角度でストリング100の軸方向601に対して配置されたプライを含むことができる。いくつかの実施態様では、例えば、補強材料の第2の複数のプライ202は、図4のように、30度および-30度に配置されてもよい。この配置は、結果として生じる軸方向601における繊維濃度がより大きくなるために、上述したベースセグメント101の配置よりも大きい移行セグメント201の剛性を提供することができる。

#### 【0029】

あるいは、補強材料の第2の複数のプライ202は、従来の0/45/-45/90度のレイアップで配置されているが、補強材料の第2の複数のプライ202の約42%~約48%が0度に配置されているプライを含むことができる。例えば、補強材料の第2の複数のプライ202におけるプライの45%が、0度のプライであってもよい。この場合も同様に、上述したベースセグメント101の配置よりも大きい、後述する上部セグメント301の剛性よりも小さい移行セグメント201の剛性を提供することができる。

#### 【0030】

上部セグメント301は、補強材料の第3の複数のプライ302を含み、その一例が、図5に示される上部セグメント301の断面平面図に見られる。例えば、補強材料の第3の複数のプライ302は、従来と異なるレイアップにおいて、約20度から約35度の間および約-20度から約-35度の間の範囲内の角度でストリング100の軸方向601に対して配置されたプライを含むことができる。いくつかの実施態様では、例えば、補強材料の第3の複数のプライ302は、図5のように、22度および-22度に配置されてもよい。これは、結果として生じる軸方向601における繊維濃度がより大きくなるために、上述した移行セグメント201のいずれの配置よりも大きな上部セグメント301の剛性を提供することができる。

#### 【0031】

あるいは、補強材料の第3の複数のプライ302は、従来と異なるレイアップにおいて、10度、-10度、60度および-60度を含む角度の組み合わせで、ストリング100

10

20

30

40

50

0の軸方向601に対して配置されたプライを含むことができる。この場合も同様に、上記の移行セグメント201について論じられた選択肢よりも大きな軸方向601における繊維濃度をもたらし得る。

#### 【0032】

さらに別の例として、補強材料の第3の複数のプライ302は、従来の0/45/-45/90度のレイアップで配置されているが、補強材料の第3の複数のプライ302の約45%～約60%が0度に配置されているプライを含むことができる。例えば、補強材料の第3の複数のプライ302におけるプライの55%が、0度のプライであってもよく、これは、上記で移行セグメント201について論じたものよりも大きな割合であり、その結果、上部セグメント301の剛性がより大きくなる。

10

#### 【0033】

第2のオーバーラップ層501は、補強材料の少なくとも1つのプライ502を含み、その一例は、図6に示す第2のオーバーラップ層の断面平面図に見ることができる。例えば、補強材料の少なくとも1つのプライ502は、図6のように、それぞれ-45度および45度に配置されたファブリックの2つのプライを含むことができる。

#### 【0034】

ここで図7を参照すると、いくつかの実施態様では、中実積層ストリング100の上部セグメント301は、補強材料の第3の複数のプライ302に隣接するキャップチャージ307を、さらに含むことができる。例えば、キャップチャージ307は、図7のように、上部セグメント301の上部表面305の上に配置することができる。さらに、キャップチャージ307は、補強材料の第1の複数のプライ102の角度と実質的に同じ角度でストリング100の軸方向601に対して配置され得る補強材料の第4の複数のプライ308を含む。例えば、図8に見られるように、補強材料の第4の複数のプライ308は、図3に示すベースセグメント101における補強材料の第1の複数のプライ102と同じ0/45/-45/90度の角度で配置されている。さらに、従来のレイアップの角度の間でのプライの配分が、同様にベースセグメント101と実質的に同じであってもよい。例えば、ベースセグメント101と同様に、補強材料の第4の複数のプライ308におけるプライの40%が、0度のプライであってもよい。

20

#### 【0035】

キャップチャージ307がベースセグメント101のミラーであるストリング100のこの配置において、ストリング100の軸方向601に対する第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置は、図7に示すように、ベースセグメント101とキャップチャージ307との間の対称線602について近似的に対称であってもよい。対称性は、ストリング100の最上部の近くに対応するセグメントを有さない移行セグメント201のために、近似的であり得る。しかしながら、移行セグメント201は、ストリング100の高さ604の比較的小さい部分に寄与し得るので、対称線602の周りの対称性からの偏差は、比較的小さくなり得る。

30

#### 【0036】

上述のストリング100内のプライの近似的に対称な配置は、ストリング100のランアウト端部において有利であり得る。例えば、図9に示すように、ストリング100の中央に位置する複数の終端プライ603が、近似的に対称線602で、ストリング100の軸方向601に連続的に終端されることが、可能になり得る。例えば、プライが、ストリング100の中央から終端されると、ストリング100は、対称線602について近似的に対称のままであり得る。さらに、複数の終端プライ603の各プライは、ストリング100のランアウト端部605から、より短い軸方向距離で終端されることができ、それによって、ストリング100の軸方向601に沿ってストリング100の高さ604を減少させることができる。プライは、対称線602の真上から対称線602の真下へ交互に終端されることができ、これは、残りのプライの近似的な対称性を維持するのに役立ち得る。

40

#### 【0037】

複数の連続する終端プライ603の段階的構成を示すために、図9に示す概略図は、対

50

称線 6 0 2 に収束し、それによってストリング 1 0 0 の高さ 6 0 4 を減少させる残りのプライを、示していない。しかしながら、この効果は、図 1 0 および図 1 1 に見ることができる。

【 0 0 3 8 】

図 1 0 および図 1 1 は、ランアウト端部 6 0 5 に近づく、ストリング 1 0 0 のランアウト部の斜視図および断面図を、それぞれ示す。上述したように、複数の終端プライ 6 0 3 が、対称線 6 0 2 から終端されると、ストリング 1 0 0 の高さ 6 0 4 は、ランアウト端部 6 0 5 の方向に減少する。図 1 0 に示すように、高さ 6 0 4 がランアウト端部 6 0 5 に向かって減少するにつれて、ストリング 1 0 0 の幅もまた増加し得る。さらに、キャップチャージ 3 0 7 およびベースセグメント 1 0 1 は、それらがストリング 1 0 0 内に残る唯一のプライになるまで、ストリング 1 0 0 の最上部および最下部のプライのままである。他の配置もまた可能である。

10

【 0 0 3 9 】

次に図 1 2 を参照すると、例示的な実施態様による、構造システムの中実積層ストリングを製造するための方法 8 0 0 のフローチャートが示されている。図 1 2 に示される方法 8 0 0 は、例えば、図 1 ~ 図 1 1 に示され上で論じられたような、ストリング 1 0 0 と共に使用され得る方法の例を提示する。本明細書に開示されたこのおよび他のプロセスおよび方法について、フローチャートは本実施例の 1 つの可能な実施態様の機能および動作を示すことを、理解されたい。これに関して、フローチャート内の各ブロックは、プロセス内の特定の論理機能またはステップを実施または引き起こすためにプロセッサによって実行可能な 1 つ以上の命令を含むプログラムコードのモジュール、セグメント、または一部を表すことができる。たとえば、方法 8 0 0 は、ロボットアセンブリシステムの 1 つ以上のコンピューティングデバイスによって実施することができる。当業者によって理解されるように、関係する機能に応じて、実質的に同時であることを含めて、示されたまたは説明されたものとは異なる順序で機能が実行され得る代替の実施態様が、本開示の例の範囲内に含まれる。

20

【 0 0 4 0 】

ブロック 8 0 2 において、方法 8 0 0 は、図 1 3 および図 1 4 を参照して分かるように、構造システム 7 0 0 のストリング 1 0 0 のベースセグメント 1 0 1 を表面 7 0 7 上にレイアップすることを含む。表面 7 0 7 は、例えば、上記の例で論じたように、航空機部品の積層スキン 7 0 1 の内側表面 7 0 2 であってもよい。しかしながら、表面 7 0 7 は、ストリング 1 0 0 などの中実積層ストリングによる補強に適した他の任意の表面であり得、これらは組み合わせさせて構造システム 7 0 0 を形成し得る。

30

【 0 0 4 1 】

上記の例で論じたように、ベースセグメント 1 0 1 をレイアップすることは、ベースセグメント 1 0 1 が表面 7 0 7 に対して第 1 の傾斜角度 1 0 4 を有する側部 1 0 3 を有する第 1 の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 を積み重ねることを、含み得る。

【 0 0 4 2 】

いくつかの実施態様では、ベースセグメント 1 0 1 をレイアップすることは、ベースセグメント 1 0 1 の第 1 の傾斜角度 1 0 4 が約 1 0 度から約 1 5 度の間の範囲内になるように、補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 を積み重ねることを、含み得る。さらに、ベースセグメント 1 0 1 をレイアップすることは、ストリング 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して 0 / 4 5 / - 4 5 / 9 0 度を含む角度で補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 を配置することも、含み得る。ベースセグメント 1 0 1 内の補強材料の第 1 の複数のプライ 1 0 2 のうちの約 3 8 % ~ 約 4 4 % が、前に論じられ、図 3 に示されるように、0 度に配置され得る。

40

【 0 0 4 3 】

ブロック 8 0 4 において、方法 8 0 0 は、ベースセグメント 1 0 1 に隣接するストリング 1 0 0 の移行セグメント 2 0 1 をレイアップすることを含み、これは、前述のように、

50

図 1 および図 2 に示すように、移行セグメント 2 0 1 が、ベースセグメント 1 0 1 の側部 1 0 3 と連続する凹状側部 2 0 3 を有する断面を形成するように、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 を積み重ねることを、含み得る。

【 0 0 4 4 】

さらに、移行セグメント 2 0 1 をレイアップすることは、移行セグメント 2 0 1 の凹状側部 2 0 3 が少なくとも約 0 . 2 5 インチの半径を有する 1 つ以上の弧を含むように、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 を積み重ねることを、含み得る。移行セグメント 2 0 1 をレイアップすることはまた、上記のように、ストリング 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して約 2 5 度から約 3 5 度の間および約 - 2 5 度から約 - 3 5 度の間の範囲内の角度で補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 を配置することを、含み得る。あるいは、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 は、0 / 4 5 / - 4 5 / 9 0 度を含む角度で配置され、補強材料の第 2 の複数のプライ 2 0 2 の約 4 2 % ~ 約 4 8 % が 0 度に配置されていてもよい。

10

【 0 0 4 5 】

ブロック 8 0 6 において、方法 8 0 0 は、移行セグメント 2 0 1 に隣接するストリング 1 0 0 の上部セグメント 3 0 1 をレイアップすることを含み、これは、上部セグメント 3 0 1 が、移行セグメント 2 0 1 と連続する第 2 の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 を積み重ねることを、含み得る。さらに、上部セグメントは、前に論じたように、また図 1 および図 2 に一般的に示すように、表面 7 0 7 に対して第 1 の傾斜角度 1 0 4 より大きい第 2 の傾斜角度 3 0 4 を有する側部 3 0 3 を、含むことができる。

20

【 0 0 4 6 】

さらに、上部セグメント 3 0 1 をレイアップすることは、前述のように、上部セグメント 3 0 1 の第 2 の傾斜角度 3 0 4 が約 6 0 度から約 7 5 度の間の範囲内になるように、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 を積み重ねることを、含み得る。上部セグメント 3 0 1 をレイアップすることはまた、以前の例で考えられていたように、ストリング 1 0 0 の軸方向 6 0 1 に対して約 2 0 度から約 3 5 度の間および約 - 2 0 度から約 - 3 5 度の間の範囲内の角度で、または、1 0 度、- 1 0 度、6 0 度、および - 6 0 度を含む角度で、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 を配置することを、含み得る。あるいは、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 は、0 / 4 5 / - 4 5 / 9 0 度を含む角度で配置され、補強材料の第 3 の複数のプライ 3 0 2 の約 4 5 % ~ 約 6 0 % が、0 度に配置されていてもよい。

30

【 0 0 4 7 】

ブロック 8 0 8 において、方法 8 0 0 は、第 1 のオーバーラップ層 4 0 1 をレイアップすることを含み、これは、上部セグメント 3 0 1、移行セグメント 2 0 1、およびベースセグメント 1 0 1 の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも 1 つのプライ 4 0 2 を積み重ねることを、含み得る。

【 0 0 4 8 】

ブロック 8 1 0 において、方法 8 0 0 は、第 2 のオーバーラップ層 5 0 1 をレイアップすることを含み、これは、上述の例と同様に、第 2 のオーバーラップ層 5 0 1 が、第 1 のオーバーラップ層 4 0 1 の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント 1 0 1 を覆うように、かつ、第 2 のオーバーラップ層 5 0 1 が、ベースセグメント 1 0 1 に隣接する表面 7 0 7 の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも 1 つのプライ 5 0 2 を積み重ねることを、含み得る。

40

【 0 0 4 9 】

ブロック 8 1 2 において、方法 8 0 0 は、ベースセグメント 1 0 1、移行セグメント 2 0 1、上部セグメント 3 0 1、第 1 のオーバーラップ層 4 0 1、および第 2 のオーバーラップ層 5 0 1 を同時に硬化させることを含む。いくつかの実施態様では、表面 7 0 7 は、上述のように、航空機の積層スキン 7 0 1 の内側表面 7 0 2 であってもよい。加えて、ストリング 1 0 0 のベースセグメント 1 0 1 をレイアップする前に、方法 8 0 0 は、航空機部品の積層スキン 7 0 1 をレイアップすることを、含み得る。さらに、ベースセグメント 1 0 1、移行セグメント 2 0 1、上部セグメント 3 0 1、第 1 のオーバーラップ層 4 0 1

50

、および第2のオーバーラップ層501を同時に硬化させることは、航空機部品の積層スキン701を同時に硬化させることを、含んでもよい。

【0050】

いくつかの実施態様では、構造システム700のストリング100の上部セグメント301をレイアップすることは、補強材料の第3の複数のプライ302に隣接するキャップチャージ307をレイアップすることを、含んでもよい。上述したように、また図7～図8に示すように、キャップチャージ307をレイアップすることは、ストリング100の軸方向601に対する補強材料の第1の複数のプライ102の配置と実質的に同じであるストリング100の軸方向601に対する配置で、補強材料の第4の複数のプライ308を積み重ねることを、含むことができる。結果として、構造システム700は、前述のように、ベースセグメント101とキャップチャージ307との間の対称線602について近似的に対称である、ストリング100の軸方向601に対する第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置を、含むことができる。

10

【0051】

方法800は、ストリング100の軸方向601において複数の終端プライ603を終端することを、含むこともできる。図9に関して上述したように、連続する各終端プライは、ストリング100のランアウト端部605から、より短い軸方向距離で終端されることができる。さらに、複数の終端プライ603の各終端プライは、ストリング100の高さ604が軸方向601に沿って減少するように、近似的に対称線602で終端されることができる。

20

【0052】

いくつかの実施形態では、方法800はまた、ストリング100の高さ604が減少するにつれて、ストリング100の軸方向601に沿って積層スキン701の厚さ704を増加させることを、含むことができる。例えば、積層スキン701およびストリング100を含む構造システム700は、図12～図13に示される外側モールドライン703を含み得る。構造システム700は、積層スキン701の外側モールドライン703から距離706に位置する弾性重心705をさらに含み得る。

【0053】

図13は、弾性重心705の表示を含む構造システム700の一例を示す。上述のように、プライがストリング100から終端されると、質量の減少により、距離706が減少するにつれて、弾性重心705が下方にドリフトし得る。したがって、これにより、ストリング100の軸方向601に沿って抵抗される曲げモーメントが、構造システム700内の異なる位置で作用し得る。これは、構造システム700に対する内部荷重を発生させる可能性があり、これは望ましくない可能性がある。その結果、積層スキン701の厚さ704は、ストリング100の減少した高さ604を相殺するように増加させることができる。

30

【0054】

しかしながら、上述したように、ストリング100は、一般に積層スキン701よりも大きな剛性を有するので、ストリング100のランアウトを補償するのに十分な割合で積層スキン701の厚さ704を増加させることは、可能でないかもしれない。したがって、いくつかの実施形態では、方法800は、積層スキン701の内側表面702上およびストリング100の高さ604が減少しているところでストリング100に隣接して、構造的充填材料708をレイアップすることを、含むことができる。構造的充填材料708は、外側モールドライン703から弾性重心705までの距離706が、ストリング100の軸方向601に沿って近似的に一定となるように、ストリング100のランアウトをバランスさせることができる。このようにして、構造システム700は、曲げモーメントが構造システム700内の異なる点に沿った弾性重心において異なる位置で作用する場合に発生する可能性がある内部荷重を、最小限に抑えることができる。

40

【0055】

さらに、本開示は、以下の条項による実施形態を含む。

50

## 【 0 0 5 6 】

## 条項 1

航空機で使用するための中実積層ストリング ( 1 0 0 ) であって、

補強材料の第 1 の複数のプライ ( 1 0 2 ) を含むベースセグメント ( 1 0 1 ) であって、ベースセグメント ( 1 0 1 ) の第 1 の積み重ねられたプライ ( 1 0 5 ) に対して第 1 の傾斜角度 ( 1 0 4 ) を有する側部 ( 1 0 3 ) を有する第 1 の概ね台形の断面を形成するベースセグメント ( 1 0 1 ) と、

ベースセグメント ( 1 0 1 ) に隣接する移行セグメント ( 2 0 1 ) であって、補強材料の第 2 の複数のプライ ( 2 0 2 ) を含み、ベースセグメント ( 1 0 1 ) の側部 ( 1 0 3 ) と連続する凹状側部 ( 2 0 3 ) を有する断面を形成する移行セグメント ( 2 0 1 ) と、

移行セグメント ( 2 0 1 ) に隣接する上部セグメント ( 3 0 1 ) であって、補強材料の第 3 の複数のプライ ( 3 0 2 ) を含み、移行セグメント ( 2 0 1 ) の凹状側部 ( 2 0 3 ) と連続する側部 ( 3 0 3 ) を有する第 2 の概ね台形の断面を形成し、側部 ( 3 0 3 ) が、ベースセグメント ( 1 0 1 ) の第 1 の積み重ねられたプライ ( 1 0 5 ) に対して第 1 の傾斜角度 ( 1 0 4 ) より大きい第 2 の傾斜角度 ( 3 0 4 ) を有する、上部セグメント ( 3 0 1 ) と、

補強材料の少なくとも 1 つのプライ ( 4 0 2 ) を含む第 1 のオーバーラップ層 ( 4 0 1 ) であって、上部セグメント ( 3 0 1 ) 、移行セグメント ( 2 0 1 ) 、およびベースセグメント ( 1 0 1 ) の少なくとも一部を覆う第 1 のオーバーラップ層 ( 4 0 1 ) と、

補強材料の少なくとも 1 つのプライ ( 5 0 2 ) を含む第 2 のオーバーラップ層 ( 5 0 1 ) であって、第 1 のオーバーラップ層 ( 4 0 1 ) の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント ( 1 0 1 ) を覆う第 2 のオーバーラップ層 ( 5 0 1 ) と、を備えるストリング ( 1 0 0 ) 。

## 【 0 0 5 7 】

## 条項 2

第 1 のオーバーラップ層 ( 4 0 1 ) の補強材料の少なくとも 1 つのプライ ( 4 0 2 ) が、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対して約 1 5 度から約 2 5 度の間および約 - 1 5 度から約 - 2 5 度の間の範囲内の 1 つ以上の角度で配置されている、条項 1 に記載の中実積層ストリング ( 1 0 0 ) 。

## 【 0 0 5 8 】

## 条項 3

上部セグメント ( 3 0 1 ) が、少なくとも約 0 . 1 5 インチの半径を有する凸状の弧 ( 3 0 6 ) で上部セグメント ( 3 0 1 ) の各側部 ( 3 0 3 ) と接合する上部表面 ( 3 0 5 ) を備える、条項 1 または 2 に記載の中実積層ストリング ( 1 0 0 ) 。

## 【 0 0 5 9 】

## 条項 4

移行セグメント ( 2 0 1 ) の凹状側部 ( 2 0 3 ) が、少なくとも約 0 . 2 5 インチの半径を有する 1 つ以上の弧を含み、補強材料の第 2 の複数のプライ ( 2 0 2 ) が、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対して、約 2 5 度から約 3 5 度の間および約 - 2 5 度から約 - 3 5 度の間の範囲内の角度で、または 0 度、4 5 度、- 4 5 度および 9 0 度を含む角度であって、補強材料の第 2 の複数のプライ ( 2 0 2 ) の約 4 2 % ~ 約 4 8 % が 0 度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項 1 から 3 のいずれかに記載の中実積層ストリング ( 1 0 0 ) 。

## 【 0 0 6 0 】

## 条項 5

上部セグメント ( 3 0 1 ) の第 2 の傾斜角度 ( 3 0 4 ) が、約 6 0 度から約 7 5 度の間の範囲内であり、補強材料の第 3 の複数のプライ ( 3 0 2 ) が、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対して、約 2 0 度から約 2 5 度の間および約 - 2 0 度から約 - 2 5 度の間の範囲内の角度で、または 1 0 度、- 1 0 度、6 0 度、および - 6 0 度を含む角度で、または 0 度、4 5 度、- 4 5 度、および 9 0 度を含む角度であって、補強材料の第 3 の

10

20

30

40

50

複数のプライ(302)の約45%~約60%が0度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項1から4のいずれかに記載の中実積層ストリング(100)。

【0061】

条項6

ベースセグメント(101)の第1の傾斜角度(104)が、約10度から約15度の間の範囲内であり、補強材料の第1の複数のプライ(102)が、ストリング(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第1の複数のプライ(102)の約38%~約44%が0度に配置されている、角度で配置されたプライを含む、条項1から5のいずれかに記載の中実積層ストリング(100)。

10

【0062】

条項7

上部セグメント(301)が、補強材料の第3の複数のプライ(302)に隣接するキャップチャージ(307)をさらに含み、キャップチャージ(307)が、補強材料の第4の複数のプライ(308)を含み、補強材料の第4の複数のプライ(308)が、ストリング(100)の軸方向(601)に対して補強材料の第1の複数のプライ(102)の角度と実質的に同じである角度で配置されている、条項6に記載の中実積層ストリング(100)。

【0063】

条項8

ストリング(100)の軸方向(601)に対する第1、第2、第3、および第4の複数のプライの配置が、ベースセグメント(101)とキャップチャージ(307)との間の対称線(602)について近似的に対称であり、ストリング(100)の高さ(604)がストリング(100)の軸方向(601)に沿って減少するように、複数の終端プライ(603)が、近似的に対称線(602)で、ストリング(100)の軸方向(601)に連続的に終端されている、条項7に記載の中実積層ストリング(100)。

20

【0064】

条項9

構造システム(700)の中実積層ストリング(100)を製造する方法(800)であって、

30

ストリング(100)のベースセグメント(101)を表面(707)上にレイアップすることであって、ベースセグメント(101)が、表面(707)に対して第1の傾斜角度(104)を有する側部(103)を有する第1の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることを含む、ベースセグメント(101)をレイアップすることと、

ベースセグメント(101)に隣接するストリング(100)の移行セグメント(201)をレイアップすることであって、移行セグメント(201)が、ベースセグメント(101)の側部(103)と連続する凹状側部(203)を有する断面を形成するように、補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることを含む、移行セグメント(201)をレイアップすることと、

40

移行セグメント(201)に隣接するストリング(100)の上部セグメント(301)をレイアップすることであって、上部セグメント(301)が、表面(707)に対して第1の傾斜角度(104)より大きい第2の傾斜角度(304)を有する側部(303)を有する、移行セグメント(201)と連続する第2の概ね台形の断面を形成するように、補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることを含む、上部セグメント(301)をレイアップすることと、

第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることであって、上部セグメント(301)、移行セグメント(201)、およびベースセグメント(101)の少なくとも一部の上に補強材料の少なくとも1つのプライ(402)を積み重ねることを含む、第1のオーバーラップ層(401)をレイアップすることと、

50



第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることであって、第2のオーバーラップ層(501)が、第1のオーバーラップ層(401)の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント(101)を覆うように、かつ、第2のオーバーラップ層(501)が、ベースセグメント(101)に隣接する表面(707)の少なくとも一部を覆うように、補強材料の少なくとも1つのプライ(502)を積み重ねることを含む、第2のオーバーラップ層(501)をレイアップすることと、

ベースセグメント(101)、移行セグメント(201)、上部セグメント(301)、第1のオーバーラップ層(401)、および第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることと、を含む方法(800)。

【0065】

10

条項10

移行セグメント(201)をレイアップすることが、

移行セグメント(201)の凹状側部(203)が、少なくとも約0.25インチの半径を有する1つ以上の弧を含むように、補強材料の第2の複数のプライ(202)を積み重ねることと、

補強材料の第2の複数のプライ(202)を、ストリング(100)の軸方向(601)に対して、約25度から約35度の間および約-25度から約-35度の間の範囲内の角度で、補強材料の第2の複数のプライ(202)の約42%~約48%が0度に配置される、45度、-45度、および90度で、配置することと、をさらに含む、条項9に記載の方法(800)。

20

【0066】

条項11

上部セグメント(301)をレイアップすることが、

上部セグメント(301)の第2の傾斜角度(304)が約60度から約75度の間の範囲内になるように、補強材料の第3の複数のプライ(302)を積み重ねることと、

補強材料の第3の複数のプライ(302)を、ストリング(100)の軸方向(601)に対して、約20度から約25度の間および約-20度から約-25度の間の範囲内の角度で、または10度、-10度、60度、および-60度を含む角度で、または0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第3の複数のプライ(302)の約45%~約60%が0度に配置されている、角度で、配置することと、をさらに含む、条項9または10に記載の方法(800)。

30

【0067】

条項12

ベースセグメント(101)をレイアップすることが、

ベースセグメント(101)の第1の傾斜角度(104)が約10度から約15度の間の範囲内になるように、補強材料の第1の複数のプライ(102)を積み重ねることと、

補強材料の第1の複数のプライ(102)を、ストリング(100)の軸方向(601)に対して、0度、45度、-45度、および90度を含む角度であって、補強材料の第1の複数のプライ(102)の約38%~約44%が0度に配置されている、角度で配置することと、をさらに含む、条項9から11のいずれかに記載の方法(800)。

40

【0068】

条項13

表面(707)が、航空機部品の積層スキン(701)の内側表面(702)であり、方法(800)が、

ストリング(100)のベースセグメント(101)をレイアップする前に、航空機部品の積層スキン(701)をレイアップすることを、さらに含み、ベースセグメント(101)、移行セグメント(201)、上部セグメント(301)、第1のオーバーラップ層(401)、および第2のオーバーラップ層(501)を同時に硬化させることが、航空機部品の積層スキン(701)を同時に硬化させることをさらに含む、条項9から12のいずれかに記載の方法(800)。

50

## 【 0 0 6 9 】

## 条項 1 4

ストリング ( 1 0 0 ) の上部セグメント ( 3 0 1 ) をレイアップすることが、補強材料の第 3 の複数のプライ ( 3 0 2 ) に隣接するキャップチャージ ( 3 0 7 ) をレイアップすることをさらに含み、キャップチャージ ( 3 0 7 ) をレイアップすることが、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対する補強材料の第 1 の複数のプライ ( 1 0 2 ) の配置と実質的に同じであるストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対する配置で、かつ、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に対する第 1、第 2、第 3、および第 4 の複数のプライの配置が、ベースセグメント ( 1 0 1 ) とキャップチャージ ( 3 0 7 ) との間の対称線 ( 6 0 2 ) について近似的に対称になるように、補強材料の第 4 の複数のプライ ( 3 0 8 ) を積み重ねることを含む、条項 1 3 に記載の方法 ( 8 0 0 )。

10

## 【 0 0 7 0 】

## 条項 1 5

ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に複数の終端プライ ( 6 0 3 ) を連続的に終端することであって、連続する各終端プライは、ストリング ( 1 0 0 ) のランアウト端部 ( 6 0 5 ) から、より短い軸方向距離で終端され、複数の終端プライ ( 6 0 3 ) の各終端プライは、ストリング ( 1 0 0 ) の高さ ( 6 0 4 ) が軸方向 ( 6 0 1 ) に沿って減少するように、近似的に対称線 ( 6 0 2 ) で終端される、複数の終端プライ ( 6 0 3 ) を連続的に終端することと、

ストリング ( 1 0 0 ) の高さ ( 6 0 4 ) が減少するにつれて、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に沿って積層スキン ( 7 0 1 ) の厚さ ( 7 0 4 ) を増加させることと、をさらに含む、条項 1 4 に記載の方法 ( 8 0 0 )。

20

## 【 0 0 7 1 】

## 条項 1 6

積層スキン ( 7 0 1 ) が、外側モールドライン ( 7 0 3 ) を含み、構造システム ( 7 0 0 ) が、積層スキン ( 7 0 1 ) の外側モールドライン ( 7 0 3 ) から距離 ( 7 0 6 ) に位置する弾性重心 ( 7 0 5 ) を含み、方法 ( 8 0 0 ) が、

外側モールドライン ( 7 0 3 ) から弾性重心 ( 7 0 5 ) までの距離 ( 7 0 6 ) が、ストリング ( 1 0 0 ) の軸方向 ( 6 0 1 ) に沿って近似的に一定となるように、積層スキン ( 7 0 1 ) の内側表面 ( 7 0 2 ) 上およびストリング ( 1 0 0 ) の高さ ( 6 0 4 ) が減少しているところでストリング ( 1 0 0 ) に隣接して、構造的充填材料 ( 7 0 8 ) をレイアップすることを、さらに含む、条項 1 5 に記載の方法 ( 8 0 0 )。

30

## 【 0 0 7 2 】

## 条項 1 7

内側表面 ( 7 0 2 ) を含む、航空機部品の積層スキン ( 7 0 1 ) と、

積層スキン ( 7 0 1 ) の内側表面 ( 7 0 2 ) に配置された中実積層ストリング ( 1 0 0 ) であって、

補強材料の第 1 の複数のプライ ( 1 0 2 ) を含むベースセグメント ( 1 0 1 ) であって、積層スキン ( 7 0 1 ) の内側表面 ( 7 0 2 ) に対して第 1 の傾斜角度 ( 1 0 4 ) を有する側部 ( 1 0 3 ) を有する第 1 の概ね台形の断面を形成するベースセグメント ( 1 0 1 ) と、

40

ベースセグメント ( 1 0 1 ) に隣接する移行セグメント ( 2 0 1 ) であって、補強材料の第 2 の複数のプライ ( 2 0 2 ) を含み、ベースセグメント ( 1 0 1 ) の側部 ( 1 0 3 ) と連続する凹状側部 ( 2 0 3 ) を有する断面を形成する移行セグメント ( 2 0 1 ) と、

移行セグメント ( 2 0 1 ) に隣接する上部セグメント ( 3 0 1 ) であって、補強材料の第 3 の複数のプライ ( 3 0 2 ) を含み、移行セグメント ( 2 0 1 ) の凹状側部 ( 2 0 3 ) と連続する側部 ( 3 0 3 ) を有する第 2 の概ね台形の断面を形成し、側部 ( 3 0 3 ) が、積層スキン ( 7 0 1 ) の内側表面 ( 7 0 2 ) に対して第 1 の傾斜角度 ( 1 0 4 ) より大きい第 2 の傾斜角度 ( 3 0 4 ) を有する、上部セグメント ( 3 0 1 ) と、

補強材料の少なくとも 1 つのプライ ( 4 0 2 ) を含む第 1 のオーバーラップ層 ( 4 0

50

１）であって、上部セグメント（３０１）、移行セグメント（２０１）、およびベースセグメント（１０１）の少なくとも一部を覆う第１のオーバーラップ層（４０１）と、

補強材料の少なくとも１つのプライ（５０２）を含む第２のオーバーラップ層（５０１）であって、第１のオーバーラップ層（４０１）の少なくとも一部と重なって、ベースセグメント（１０１）を覆い、かつ、ベースセグメント（１０１）に隣接する積層スキン（７０１）の内側表面（７０２）の少なくとも一部を、さらに覆う、第２のオーバーラップ層（５０１）と、

を備える中実積層ストリング（１００）と、を備える構造システム（７００）。

【００７３】

条項 １８

10

上部セグメント（３０１）が、補強材料の第３の複数のプライ（３０２）に隣接するキャップチャージ（３０７）をさらに含み、キャップチャージ（３０７）が、補強材料の第４の複数のプライ（３０８）を含み、補強材料の第４の複数のプライ（３０８）が、ストリング（１００）の軸方向（６０１）に対する補強材料の第１の複数のプライ（１０２）の配置と実質的に同じであるストリング（１００）の軸方向（６０１）に対する配置を含む、条項 １７に記載の構造システム（７００）。

【００７４】

条項 １９

ストリング（１００）の軸方向（６０１）に対する第１、第２、第３、および第４の複数のプライの配置が、ベースセグメント（１０１）とキャップチャージ（３０７）との間の対称線（６０２）について近似的に対称であり、ストリング（１００）の高さ（６０４）がストリング（１００）の軸方向（６０１）に沿って減少するように、複数の終端プライ（６０３）が、近似的に対称線（６０２）で、ストリング（１００）の軸方向（６０１）に連続的に終端されており、積層スキン（７０１）の厚さ（７０４）が、ストリング（１００）の軸方向（６０１）に沿って同時に増加している、条項 １８に記載の構造システム（７００）。

20

【００７５】

条項 ２０

積層スキン（７０１）が、外側モールドライン（７０３）を含み、構造システム（７００）が、積層スキン（７０１）の外側モールドライン（７０３）から距離（７０６）に位置する弾性重心（７０５）を含み、構造システム（７００）が、

30

外側モールドライン（７０３）から弾性重心（７０５）までの距離（７０６）が、ストリング（１００）の軸方向（６０１）に沿って近似的に一定となるように、積層スキン（７０１）の内側表面（７０２）上およびストリング（１００）の高さ（６０４）が減少しているところでストリング（１００）に隣接して配置された構造的充填材料（７０８）を、さらに含む、条項 １９に記載の構造システム（７００）。

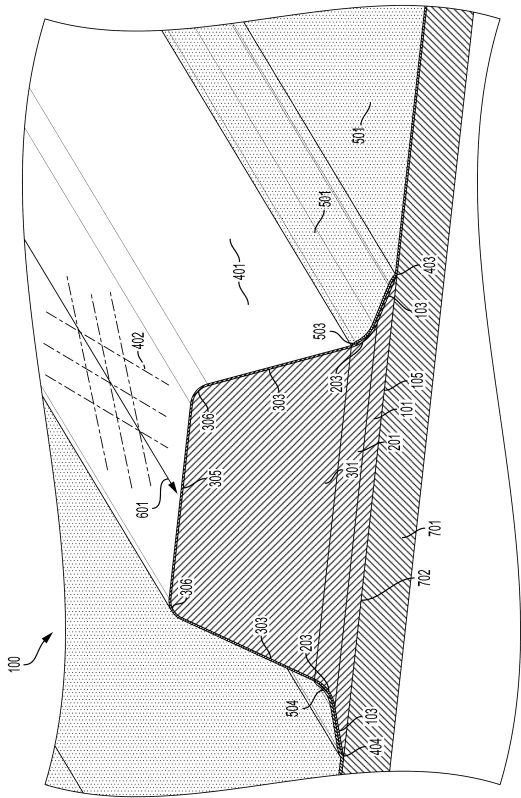
【００７６】

様々な有利な構成の説明は、例示および説明を目的として提示されており、網羅的であること、または開示された形態の例に限定されることを意図していない。多くの修正形態および変形形態が、当業者には明らかであろう。さらに、異なる有利な例は、他の有利な例と比較して異なる利点を説明し得る。選択された１つの例または複数の例は、その例の原理、実際の用途を説明し、予期された特定の用途に適した様々な修正を加えた様々な例についての開示を当業者が理解できるように、選択され説明される。

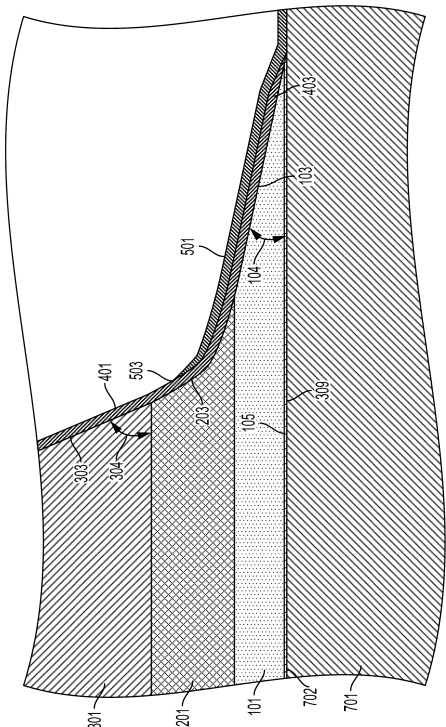
40

【図面】

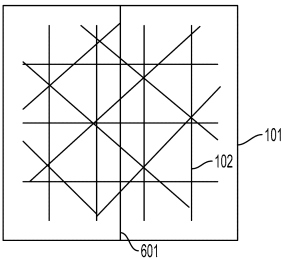
【図 1】



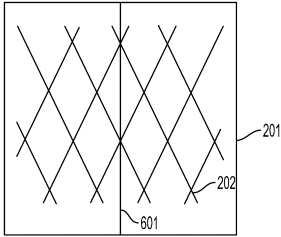
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

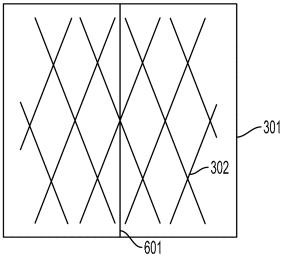
20

30

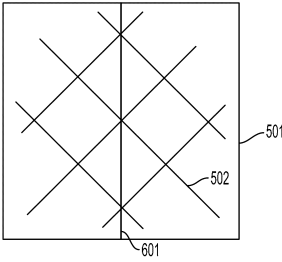
40

50

【図 5】

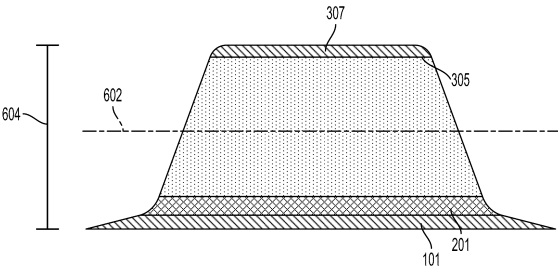


【図 6】

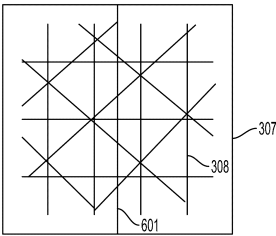


10

【図 7】



【図 8】



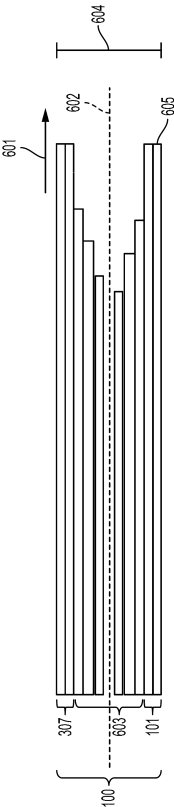
20

30

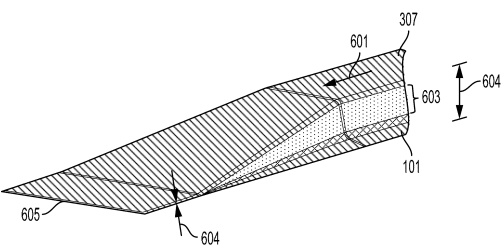
40

50

【図 9】



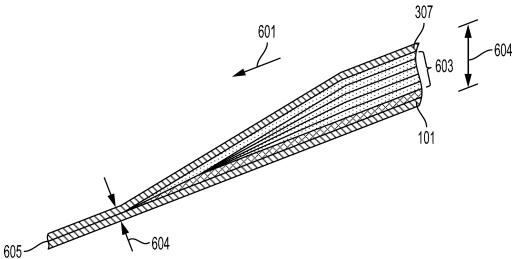
【図 10】



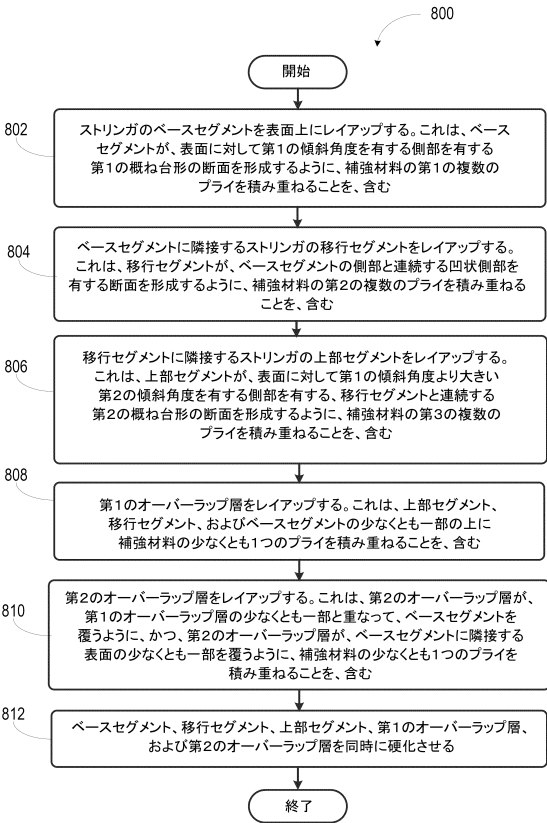
10

20

【図 11】



【図 12】

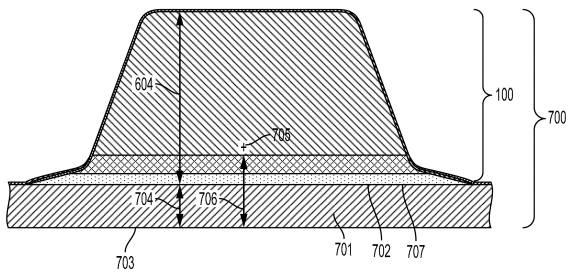


30

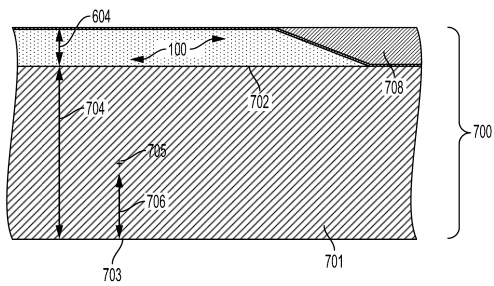
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- イド プラザ 100
- (72)発明者 スワンソン, ゲイリー ディー.  
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 ファム, カンナ エム.  
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 クレグガー, サミュエル イー.  
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- (72)発明者 スペンサー, スコット エム.  
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100
- 審査官 結城 健太郎
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0099096(US, A1)  
米国特許第4331723(US, A)  
特表2016-534295(JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0316147(US, A1)  
米国特許第9242393(US, B2)  
特開2016-135670(JP, A)  
特表2014-510879(JP, A)  
特開2019-1152(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B64C 1/00, 3/18, 3/26,  
B29C 70/30