

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5686286号
(P5686286)

(45) 発行日 平成27年3月18日 (2015. 3. 18)

(24) 登録日 平成27年1月30日 (2015.1.30)

(51) Int. Cl. F I
B 6 4 C 3/18 (2006.01) B 6 4 C 3/18
B 6 4 C 1/12 (2006.01) B 6 4 C 1/12

請求項の数 1 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-514133 (P2010-514133) (86) (22) 出願日 平成20年6月24日 (2008. 6. 24) (65) 公表番号 特表2010-531776 (P2010-531776A) (43) 公表日 平成22年9月30日 (2010. 9. 30) (86) 国際出願番号 PCT/GB2008/050481 (87) 国際公開番号 W02009/004363 (87) 国際公開日 平成21年1月8日 (2009. 1. 8) 審査請求日 平成23年6月23日 (2011. 6. 23) (31) 優先権主張番号 0712552.9 (32) 優先日 平成19年6月29日 (2007. 6. 29) (33) 優先権主張国 英国 (GB)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 510286488 エアバス オペレーションズ リミテッド AIRBUS OPERATIONS L I M I T E D イギリス国 ブリストル ビーエス99 7エイアール フィルトン エアロスペース アベニュー ペガサス ハウス</p> <p>(74) 代理人 100068618 弁理士 粁 経夫</p> <p>(72) 発明者 グレイ、イアン、エル。 イギリス国、ブリストル ビーエス99 7エイアール、フィルトン、ニュー フィ ルトン ハウス、エアバス・ユーカー・リ ミテッド内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 長尺複合構造メンバおよびその改良

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機翼のための複合スパーであって、
 前記スパーは、

長さおよび幅を有し、前記スパーは、ウェブにより結合されるアップおよびロアフランジを有し、複合材料の単一層は、前記アップフランジの末端と前記ロアフランジの末端との間で、前記アップフランジから前記ウェブを経由して前記ロアフランジへ延び、

前記スパーの断面ジオメトリは、

前記単一層の領域内で前記スパーの長さに沿った予め定められた基準点からの距離により変化し、前記単一層に沿って測定された前記アップフランジの末端と前記ロアフランジの末端との間の前記幅方向への測地線距離は、前記スパーの長さに沿った距離に応じて、実質上、直線的に増加することを特徴とする複合スパー。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、航空宇宙分野で利用される複合材料構造物に関する。特に、限定しないが、本発明は、例えば、複合スパー、複合リブ、複合ストリンガー、あるいは同種類の長尺複合構造メンバに関する。また、本発明は、例えば、適正にプログラムされたコンピュータを利用することによる、このような長尺複合構造メンバの設計方法および製造方法に関す

20

る。

【背景技術】

【0002】

例えば、複合スパー、複合リブ、複合ストリンガー、あるいは同種類の長尺複合構造メンバは、概して、大部分あるいは局部的に構造物の構造支持体として利用される。スパーおよびリブは、例えば、翼枠あるいは胴体構造の主構造枠に利用される。ストリンガーは、例えば、補強メンバとして利用される。

【0003】

長尺複合構造メンバは、このように、例えば、補強、強化、および/または他の構成部品等の支持のために、他の構成部品に隣接して適用される部品を有する。長尺複合構造に当接する構成部品は、例えば、航空機の表面を構成するパネルあるいは外板の形で隣接する。

10

【0004】

このような長尺複合構造メンバは、U形、T形、L形あるいは他の適当な形状の断面を有することができる。典型的に、構造メンバは、補強/支持のための構造/部品の表面に隣接するのに適した形状および基部から突出するとともに補強/支持のための構造/部品の表面から離れているウェブ、構造メンバの補強/強化を増大させるウェブ、を有する基部を備える。ウェブは、時として構造メンバのブレードと呼ばれることがある。

【0005】

補強/支持のための構造/部品の表面の厚さあるいはジオメトリは変化し、その結果、構造メンバに隣接した構造/部品の外観上に局所の特徴が生じる。これに伴い、構造メンバのジオメトリにおける付随する変化を要する。構造メンバのジオメトリにおける局部的変化は、しかしながら、複合構造の製造時に製造上の問題を導出することになる。例えば、航空機翼パネルの局部的な強度あるいは剛性を増大させるために、局部的に特別な剛性あるいは強度を要するパネルの厚さを変化させることは一般的な方法である。これは、翼ボックスの内側から見た時のパネル内のパッドアップをもたらす。これに伴い、結合されたスパーあるいはストリンガーの長さに沿った方向の増加に伴い、パネルの厚さは、局部的に厚い部分が増加し、その上薄い部分が減少する。パネルの厚さの変化に合わせるため、結合されたスパー/ストリンガーの基部は、相応じて増加および減少する必要がある。スパー/ストリンガーの形状は、それゆえ、その全長に沿った距離の作用として、その断面ジオメトリにおける局部的変化を含む。

20

30

【0006】

パネルの補強として使用するための構造メンバの望ましい形状は、その結果、複雑化されるとともに、直線対称なジオメトリから偏向することになる。複雑化したジオメトリを有する複合構造メンバの製造は難しいところがある。構造メンバのジオメトリ断面の局部的変化を要する場合、製造工程中に欠陥がもたらされることがある。このような欠陥は、通常、局部的ジオメトリを考慮して過剰な材料が存在する、内部が圧縮あるいは折重なったファイバ材料の層に起因するものである。これは、典型的には、横方向の層の形で、最終製品内にクリースを生じさせる。欠陥もまた、局部的ジオメトリを考慮して過少な材料が存在する、内部に引張りおよび/または圧力が付加されたファイバ材料の層に起因するものである。これは、また、典型的には、長さ方向のクリースの形で、最終製品内にクリースを生じさせる。前述した欠陥のタイプ(過少な材料あるいは過剰な材料)のどちらかは、複合材料の内部に、望ましくない強度低下、および/または、局部的な応力が発生する結果となる。このような欠陥は、典型的には、強度低下の欠陥を打ち消すために、内部に特別な材料を付加することにより作られた適当なマージンが考慮されている。結果として生じる部品の強度に欠陥を生じさせると同時に、この技術は、重量の不利および過度な構造上の大型化をもたらす。

40

【0007】

本発明は、上述された問題の1つ以上を軽減しようとするものである。選択的あるいは付加的に、本発明は、長尺複合構造メンバの改良された形状、および/または、その設計

50

および/または製造の改良された方法を提供しようとするものである。

【発明の概要】

【0008】

本発明の第1実施形態によれば、航空宇宙構造に使用される長尺構造メンバが提供され、

前記構造メンバは、多数の層を含む複合材料により構成され、

前記構造メンバは、基部と前記基部から延びるウェブとを有し、

前記構造メンバは、

構造物に隣接するように形成される前記基部上の第1表面と、

前記第1表面の反対側に位置する前記基部上の第2表面と、

前記第1表面と同様に前記複合材料内の同一の前記層に位置する前記ウェブ上あるいは内の第3表面と、

前記第2表面と同様に前記構造メンバの同じ側面上に位置する前記ウェブ上の第4表面と

を定義し、

前記構造メンバの断面ジオメトリは、前記構造メンバの長さの少なくとも一部に沿った長さ方向の距離、前記構造メンバの長さの前記少なくとも一部の全長、前記第1表面上に置かれる第1概念的基準線および前記第3表面上に置かれる第2概念的基準線、および前記構造メンバの前記第1および第3表面に沿って測定された測地線距離、を横切って延びる測地線がそれぞれに存在する前記第1および第2概念的基準線、に応じて、前記第1および第2概念的基準線との間の前記測地線距離が、実質上、直線的に増加するように、その長さの少なくとも一部に沿って変化する。

【0009】

したがって、本発明の第1実施形態の一例による長尺構造メンバは、その長さに沿った距離に応じて直線変化する展開された横幅を有する形状を持つことができる。この例における展開された横幅は、構造メンバの基部の遠端位置から構造メンバのウェブの遠端位置までの第1および第3表面に沿った測地線距離である。このような展開幅の直線変化は、構造メンバを形成する複合材料の層が、構造メンバの製造中に、局部的クリースおよび/または局部的延びのリスクを減少させる形で積層されることを許容する。これは、何故なら、製作中にファイバが平坦（平面）な材料の層を形成する状態から構造メンバを成形するために使用される金型の非平面ジオメトリの状態へ操作されている時に、材料のファイバは、共にクリース状になるあるいはばらばらに延びる必要がないからである。断面ジオメトリは、望ましくは、メンバの長さに沿った距離に応じて非直線に変化する。例えば、ウェブの高さは、横断面について考察した場合、構造メンバに沿った長さに伴い非直線に変化する。

【0010】

展開幅が直線変化する構造メンバの設計は、基部の位置の移動とウェブの位置の移動とを調和させることにより実施することができる。このような技術は、図面を参照して以下に簡単に説明されるとともに、本願出願と同日の出願日を有し、代理人の整理番号がXA2343で、タイトルが「複合パネル補強材」であり、出願人の同時係属の英国特許出願においても説明およびクレームされている。その出願内容は、この中で言及することにより十分に組み込まれている。本出願のクレームは、その特許出願で開示された特徴をどれでも組み込むことができる。特に、本出願のクレームは、第4表面が第3表面の方へ移動されると同時に第1表面が第2表面の方へ移動される構造メンバの長さに沿った方向の範囲内における距離の増加に伴い、その長さの少なくとも一部に沿って変化する構造メンバのジオメトリに関連する特徴を含むように補正することができる。本発明の構造メンバ（スパー、リブ、ストリンガー、あるいは他の長尺構造物）は、上述した関連する特許出願において説明あるいはクレームされたストリンガーの特徴に関連して定義することもできる。

【0011】

選択的、あるいは付加的に、展開幅が直線変化する構造メンバの設計は、例えば、基部が構造メンバの長さに沿って上方および/または下方へ移動された時に、大きさが変化するウェブと基部との間の面取り/曲げられた部分を採用することにより実施することができる。このような技術は、図面を参照して以下に簡単に説明されるとともに、本願出願と同日の出願日を有し、代理人の整理番号がX A 2 3 4 5で、タイトルが「長尺複合構造メンバの改良」であり、出願人の同時係属の英国特許出願においても説明およびクレームされている。その出願内容は、この中で言及することにより十分に組み込まれている。本出願のクレームは、その特許出願で開示された特徴をどれでも組み込むことができる。特に、本出願のクレームは、例えば、基部が構造メンバの長さに沿って上方および/または下方へ移動された時に、大きさが変化するウェブと基部との間の面取り/曲げられた部分のような形状が存在することに關連する特徴を含むように補正することができる。本発明の構造メンバは、上述した關連する特許出願において説明あるいはクレームされた構造メンバの特徴に關連して定義することもできる。

10

【0012】

選択的、あるいは付加的に、展開幅が直線変化する構造メンバの設計は、ウェブが構造メンバの長さに沿った距離に応じて基部から延びる角度を変化させることにより実施することができる。本発明の実施形態では、構造メンバのジオメトリは、第3表面が、概して、構造メンバの長さ方向と一致する軸線の回りに捩れるように、その長さに沿った方向の範囲内の距離の増加に伴い変化する。第3表面の捩れは、大部分が構造メンバの長さに沿って第1部位へ向う一方向のものとすることができるとともに、大部分が構造メンバの長さ

20

【0013】

第3表面の捩れは、実質的には、例えば、第3表面が、隣接した部分間の境界での傾斜が大きく変化する異なる傾斜の表面の隣接した部分を含むようにして、段階的に発生する。第3表面の捩れは、メンバの長さに沿った距離の増加に伴い累進的に(単調な形で)捩れる1つ以上の領域を含む。

【0014】

本発明の確定した実施形態は、本発明の第1態様に基づくジオメトリを有していないが、このような捩れた第3表面を有することができる。したがって、本発明の第2態様によれば、航空宇宙構造物に使用される長尺構造メンバであって、前記構造メンバは、多くの層を含む複合材料により構成され、構造メンバは、基部と前記基部から延びるウェブとを有し、前記構造メンバは、

30

構造物に隣接するように形成される前記基部上の第1表面と、前記第1表面の反対側に位置する前記基部上の第2表面と、前記第1表面と同様に前記複合材料内の同一の前記層に位置する前記ウェブ上あるいは内の第3表面と、

前記第2表面と同様に前記構造メンバの同じ側面上に位置する前記ウェブ上の第4表面と

、を定義し、

40

前記構造メンバの断面ジオメトリは、

前記構造メンバの前記長さに沿った方向に付与される距離の増加に伴い、前記第3表面が、概して前記構造メンバの前記長さ方向と一致する軸線の回りに捩れるようにして、その長さの少なくとも一部に沿って変化し、前記第3表面の捩れは、大部分が前記構造メンバの前記長さに沿った第1部位へ向けて一方向に生じるとともに、大部分が前記構造メンバの前記長さに沿った第2部位へ向けて反対方向に生じる。

【0015】

本発明の第2態様の実施形態による構造メンバは、メンバの長さに沿った距離の増加に伴い直線変化する展開幅を有する形状を必要としないが、このような直線変化関係に対する偏りは、複合構造メンバの製作時に利益が得られる程度まで捩ることにより減少させる

50

ことができる。例えば、このような捩れおよび逆の捩れを含むウェブの特徴は、構造メンバの製作中、局部的クリーズ、局部的応力および/または局部的伸びのリスクを減少させる形で、構造メンバを形成する複合材料の層が積層されることを許容する。

【0016】

第1部位は、構造メンバの長さの4分の1よりも長くすることができる。第2部位は、構造メンバの長さの4分の1よりも長くすることができる。本発明の一実施形態では、本発明の第2態様に関連して、航空機翼のための複合スパーが提供され、スパーは長さと同幅とを有し、スパーはウェブにより結合されるアッパおよびロアフランジを有し、複合材料の単一層は、層の対のエッジ間を、アッパフランジからウェブを経由してロアフランジまで延び、スパーの断面ジオメトリは、単一層の辺りでスパーの長さに沿った距離に基づき変化し、また、対のエッジ間で単一層に沿って測定された横測地線距離は、層の長さに沿った距離に応じて実質的に直線に増加する。

10

【0017】

長尺構造メンバは、長さにより変化するにもかかわらず、概して形状が同じタイプである、断面ジオメトリを有することができる。断面形状は、例えば、2つの基部と該基部間を延びるウェブとを有し、ウェブが各基部の中心線からあるいはその近傍に突出するH形状とすることができる。断面形状は、例えば、2つの基部と該基部間を延びるウェブとを有し、ウェブが各基部のエッジからあるいはその近傍に突出する、U形状とすることができる。断面形状は、例えば、隣接する同一の表面に向けた2つの基部と該2つの基部から延びるウェブとを有し、ウェブが2つの基部を結合する端部と反対側の露出された端部を有するブレードの形で構成されるY形状とすることができる。断面形状は、例えば、1つの基部と該基部のエッジから延びるウェブとを有し、ウェブが基部を結合する端部と反対側の露出された端部を有するブレードの形で構成されるL形状とすることができる。

20

【0018】

本発明は、上記に定義されたように、構造メンバ自身に関連するとともに構造メンバが隣接するのに適合した構造物(例えば、翼パネルのような部品)を必然的に含まないことが、認識されるであろう。

【0019】

本発明の長尺構造メンバは、航空機における構造物の部分を形成することができる。例えば、構造メンバが部品/構造物に取り付けられた、例えばスパーの形で、他の部品/構造物、例えば航空機の翼パネルの形で、構造メンバが提供されることがある。

30

【0020】

本発明は、航空宇宙構造物(例えば、胴体、翼枠、あるいはそれらの一部)、ここで説明あるいはクレームされた本発明のいくつかの態様に基づく構造メンバに対応して、外板のインナ表面が長尺構造メンバの基部に隣接して外板により定義されたアウト表面を提供する。例えば、外板は、構造メンバ、例えば、その上に外板が取り付けられるスパー、本発明に基づく構造メンバ(スパー)、により構造物の内側から支持することができる。

【0021】

本発明は、航空機、インナ表面がここで説明あるいはクレームされた本発明のいくつかの態様に基づく長尺構造メンバの基部に隣接する外板により定義されるアウト表面も提供する。

40

【0022】

本発明は、構造メンバがここで説明あるいはクレームされた本発明のいくつかの態様に基づく構造メンバである長尺複合構造メンバのための設計モデルを構築する方法をさらに提供する。

【0023】

ウェブにより結合されるアッパおよびロアフランジを有する航空機翼スパーのための設計モデルを構築する方法をも提供し、

作成されるスパーのアッパおよびロアフランジの両方の少なくとも一部の望ましいジオメトリ、スパーの長さに沿った距離の非直線関数として変化するとともにスパーの末端で

50

のフランジ間の分離距離がスパーの先端でのフランジ間の分離距離よりもより重大に変化するフランジ間の分離距離、を表す第1データを提供するステップ、

(i)スパーモデルの長さに沿った距離と(ii)アッパおよびロアフランジ間の分離距離に基づき変化する距離パラメータとの間の直線関係に対して偏りが存在する第1データにより確定された範囲で、ウェブとスパーモデルのジオメトリの変化が発生することを含むスパーモデルのアッパおよびロアフランジとの形状を定義する第2データを生成するステップ、および、

基部とウェブとを含む構造メンバモデルを出力するための前記第1データおよび前記第2データを使用するステップ、

の各ステップを含む方法も提供される。スパーのジオメトリのいくつかの態様は、第1データにより明細書に指定しないままにしておく。第1データは、スパーにより支持される荷重に関するデータ、および/または、例えば、フランジが隣接する翼パネルの形状等の、アッパおよび/またはロアフランジのジオメトリに関するデータを含むことができる。距離パラメータは、アッパおよびロアフランジの末端のエッジ間の測地線距離を測定することで得ることができる。距離パラメータは、スパーの展開幅の測定により得ることができる。距離パラメータは、(a)一方のラインがアッパおよびロアフランジの1つ上に位置されるとともに他方のラインがウェブ上にあるか、または(b)一方のラインがアッパおよびロアフランジの1つ上にあるとともに他方のラインが別のアッパおよびロアフランジ上に位置されるように、第1および第2測地線ライン間の測地線距離とすることができる。測地線ラインの少なくとも1つは、例えば、スパーモデルのフランジ上の外観表面上に置かれている。測地線ラインの少なくとも1つは、例えば、スパーモデルのウェブ上/内の表面上に置かれている。しかしながら、測地線距離がそのレベル(モデルに基づき製造された複合スパーのファイバ材料の単一層に、対応、あるいは平行するレベル)の範囲内で簡単に測定することができるように、第1および第2測地線ラインが相互にモデル内の同じレベルにある表面上に置かれる方が好ましいことが、認識されるであろう。

【0024】

第1データは、スパーが隣接するのに適合するリブあるいは翼外板のモデルを定義するデータの集まりの少なくとも一部を形成することができる。スパーモデルのフランジの少なくとも1つの望ましい形状は、これにより、このようなデータの集まりから間接的に得ることができる。

【0025】

本発明の実施形態では、スパーモデルのジオメトリにおける変化は、スパーモデルに基づき層をなす複合材料から作られたスパーにおけるクリープができる欠陥のリスクを減少させるのに有利に発生する。例えば、スパーの形状は、ウェブとフランジとの間の角度がスパーの長さに沿った距離に応じて変化するようにフランジに関係して配置されたウェブを含む。スパーの形状は、スパーモデルの長さに沿った距離と距離パラメータとの間の直線関係からのいかなる偏りも減少させるように設計することができる。

【0026】

設計方法は、望ましくは、例えば、適当にプログラムされたコンピュータの使用を伴い、電子工学的に実施されることが望ましい。ひとたびスパーモデルが生成されると、スパーは、そうして生成されたモデルに基づき製造することができる。スパーモデルの設計は、このような製造の方法の使用を他国に輸出されたスパーモデルの典型が示されている電子データを伴い、一国内で実施することができる。

【0027】

本発明は、スパーを製造する方法も提供し、その方法は、ここで説明あるいはクレームされた発明のいかなる態様に基づく設計方法により生成されたスパーモデルに基づくプロフィールを有する金型を提供するステップと、金型上に複合材料の層を蓄えるステップと、それから複合材料の層を矯正するステップと、の各ステップを含む。

【 0 0 2 8 】

本発明の一態様に関連して説明された特徴を、本発明の他の態様に組み込むことができることは、もちろん、認識されるであろう。例えば、本発明の方法は、本発明の構造メンバに関連して説明されたいかなる特徴も組み込むことができるし、またその逆も同様である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に基づき設計されたスパーの側面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 実施形態の一部を形成するスパー設計の方法が使用されたスパーの設計された概略的な形状を示す図である。

10

【 図 3 】 3 a、3 b は、図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 4 】 図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 5 】 5 a、5 b は、図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 6 】 図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 7 】 7 a、7 b は、図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

20

【 図 8 】 図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 9 】 図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 1 0 】 1 0 a、1 0 b は、図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 1 1 】 1 1 a、1 1 b は、図 1 のスパーの形状を定義する設計モデルに到達するまでの電子的に操作される図 2 に示されるモデルの態様を示す図である。

【 図 1 2 】 本発明の第 2 実施形態に基づきスパーを設計する方法を図解するフローチャート図である。

30

【 図 1 3 】 1 3 a ~ 1 3 d は、本発明の第 3 実施形態に基づくスパーのモデルを図解したものである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 0 】

図 1 は、この実施形態において翼の形で航空宇宙構造物に使用するに向けた、この実施形態におけるスパー 2 の形での構造メンバを示す。スパー 2 は、多くの層を含む複合材料により構成される。スパー 2 は、翼のアップおよびロア表面に続く 2 つのフランジ 4、6 を有する。このように、スパー 2 は、ウェブ 8 によりロアフランジ 6 に連続するアップフランジ 4 を有する。アップフランジ 4 (スパーの基部を形成すると考えられる) は、アップ翼外板 (図示せず) の内側面に隣接するように形成された第 1 表面 1 0 を有する。アップフランジ 4 の第 1 表面 1 0 の反対側は、第 2 表面 1 2 である。アップフランジ 4 上の第 1 表面 1 0 は、ウェブ 8 上の第 3 表面 1 4、スパー 2 と同じ側にあるとともにこれにより相互に複合材料構造物内の同じ層でもある第 1 および第 3 表面に接する。第 3 表面 1 4 の反対側には、第 4 表面 1 6 がある。第 4 表面 1 6 は、これによりウェブ 8 上、第 2 表面 1 2 に対してスパー 2 の同じ側面上、および第 2 表面 1 2 に対して複合材料構造物内の同じ層に位置する。アップフランジ 4 と同様の方法で、ロアフランジ 6 (スパーの別の基部を形成すると考えられる) は、ロア翼外板 (図示せず) の内側面に隣接するように形成される第 5 表面 1 8、スパー 2 に対して同じ側面上にあるとともにこれにより第 1 および第 3 表面 1 0、1 4 に対して複合材料構造物内の同じ層にも位置する第 5 表面 1 8、を含む。ロアフランジ 6 上には第 6 表面 2 0 もあり、該第 6 表面 2 0 は、第 2 および第 4 表面 1 2

40

50

、16に対してスパー2と同じ側面上にあるとともにこれによりそれら表面に対して複合材料構造物内の同じ層にも位置する。複合スパーの製造中、例えば、ホットドレーブ成形工程により、インナモールドライン(IML)が第2、第4および第6表面により定義されるのに対して、アウトモールドライン(OML)が第1、第3および第5表面により定義されることは、認識されるであろう。

【0031】

図1に示されるスパー2のジオメトリは、図2～11bにより図解された方法に基づき設計される。本発明の第1実施形態の方法は、

(1) アップフランジ4上の第1表面10は、スパーとアップ翼外板との間のインターフェースで翼外板のジオメトリを設計するのに適合および一致させたジオメトリを有し、

(2) ロアフランジ6上の第5表面18は、スパーとロア翼外板との間のインターフェースで翼外板のジオメトリを設計するのに適合および一致させたジオメトリを有し、

(3) スパーの第1、第3および第5表面のジオメトリは、その展開された形状が有効に2次元平面となる

というスパーのジオメトリを生成する。

【0032】

部品の展開された形状が2次元平面であるようにすることにより、ホットドレーブ成形工程中に蓄えられたファイバマットの層が、共にクリースになったファイバ、延ばされたファイバあるいは望ましくないクリースあるいは内部応力を伴わずに、インナおよびアウトモールド表面より定義されるスパーの設計されたジオメトリに適合させるため、折り畳むおよび処理することができるようにする。

【0033】

次に、第1実施形態に基づくスパー2の生産に用いられる設計の方法の記述に続く。

【0034】

図2は、スパーの概略の全体の設計されたジオメトリが組み込まれているスパーのモデルを示す。このように、第1および第5表面10、18は、ジオメトリのいかなる要求される局部的変化も組み込まれていないが、翼の通常の曲率(この場合、ある種類の、典型的にガルウィング形状と呼ばれる、翼からの距離が増加する距離率半径の減少を伴う下側表面を有する形状)を定義する。図2に示されるモデルは、平面であるウェブ表面を有する。第1および第5表面10、18は、ウェブとフランジとの間にフィレット/コーナー半径を設けずに90度の角度でウェブに接する。想像上の基礎となる基準線RLは、この場合、図2に示されるモデルのアップフランジヒールラインと一致する基準線と定義される(基準線RLは、特別な部品ジオメトリに基づき選択されるとともに、製造時に結果的にスパーを形成する複合材料のファイバ軸から独立している)。この実施形態における基準線は、ヒールラインRLから離れて間隔を空けているが平行する、例えば、図1にも示される基準線RL'等に基づくあるいは参照する幾何学的操作後の全てと等しく、いくつかの他のラインにより定義することが可能なアップフランジヒールラインに一致する。

【0035】

図2は、翼外板ジオメトリに一致させるためにパッドアップ/厚さ変化を要する2つの領域PU₁およびPU₂(2対の破線32により定義される図2内の領域)をも示す。図3aに示されるように、第2基準線ABは、ロアフランジ6とウェブ8との間の接続部の先端で、点A、Bを結ぶ直線として定義される。スプライン線30は、それから、後述する方法により生成した多数のオフセット点24により生成される。

【0036】

図3aおよび3bを参照すると、基準線RLおよび法線NLの長さに沿って選択される点22は、ラインNLが選択された点22から基準線RLに垂直かつウェブ8の平面内の方向へ延びることができるように作成されている(図3aに示される名目上のラインNL₁に平行するライン)。オフセット点24は、それから、(a)ロアフランジエッジが法線NLを遮断する点28aと(b)ラインABが法線NLを遮断する点28bとの間隔に等しい距離で、ロアフランジエッジ26からウェブ8に対して垂直な方向へ離れた点で作成される。

【0037】

図4に示されるように、オフセット点24を生成するステップは、このようなオフセット点24の全てをつないだ円滑なスプライン30を作成することができる。十分に可能となるように、何度も繰り返される。オフセット点は、特に、パッドアップ/厚さ変化の境界線ならびに厚さ/ジオメトリ変化の最大値および最小値で生成される。

【0038】

この方法(想像上の直線の基準線ABからのロアフランジエッジ26の分離距離に基づく直線オフセットを伴う)でスプライン線30を創作するにより、スパーの展開幅は、スパーの長さに沿った距離の関数で直線変化する展開幅に接近させることで得ることができる。

10

【0039】

図5aを参照すると、2つの新規表面8'および18'が生成され、新規表面はスプライン線30で接している。パッドアップ/厚さ変化の境界32は、境界32を上方へ突き出させることにより、新規表面8'、18'上に位置される(例えば、最初の平面のウェブ表面8の法線)。ランプ境界34もまた、パッドアップ領域PU、PU₂の厚さの変化がランピング領域R₁、R₂を経由して漸次に到達することができるように、適当な位置で作成される。

【0040】

図5aは、基準線RLの長さに沿った10の位置P1からP10までを示す。位置P1およびP10は、基準線RLの端に位置される。位置P2、P5、P6およびP9は、ランピング領域R₁およびR₂の始まりおよび終わりにより定義される。位置P3、P4、P7およびP8は、パッドアップ領域PU、PU₂により定義される。基準線RLに沿ったP1からP10までの各位置で、アッパフランジラインと修正されたウェブライン8'との間の角度θは、例えば、基準線RLに平行する法線を有する平面による断面内で測定され、決定される。図5bは、例として、位置P2で測定された角度θ₂を概略的に示す。そして、図5aおよび5bは、10箇所のみこのような角度が測定されることを意味し、もし、作成された測定値の正確な修正ができるように、適正であると考えらるならば、中間位置が測定されることは認識されるであろう。

20

【0041】

そして、図6を参照すると、基準点P1から他方の各位置P2からP10までの直線長さLL₂からLL₁₀までが測定される。

30

【0042】

図7aおよび7bを参照すると、位置P1からP10までの各位置に、アッパフランジエッジ(基準線RLと一致する)とロアフランジエッジ26との両方で、コーナー/フィレット半径が付加されている。コーナー/フィレット半径の大きさは、展開幅に基づき決定される。展開幅は、距離DL₁、DL₂およびDL₃(図7b参照)を決定することにより、このステップで計算され、測定された距離DL₁、DL₂およびDL₃の合計に等しくなるスパーモデルの展開幅(半径を伴わない)である。図7bに示されるように、距離DL₁は、アッパフランジラインの高さであり、距離DL₂は、修正されたウェブ形状8'の幅であり、距離DL₃は、ロアフランジラインの高さである。第1位置P1で半径ra₁は、それから、アッパフランジエッジに向けて配置されるとともに、同様に、半径rb₁(図7bのみに示される)は、同一断面位置で、ロアフランジエッジに配置される。

40

【0043】

アッパおよびロアフランジエッジで半径ra₁ - ra₁₀、rb₁ - rb₁₀は、スパーの展開幅DWとスパーの長さに沿った距離との間の関係の直線関係からの偏りがより減少するように配置される。

【0044】

図8を参照すると、パッドアップ/厚さ変化表面PU₁、PU₂は、それから、フランジが形成された表面を内側へOML表面からIML表面に向う方向へジョグリングするとともに、その結果として、修正されたウェブ表面8'を外側へIMLからOMLに向う方向へジョグリングすることにより、モデルが付加される。フランジ表面内でジョグリングに一致させるた

50

めにウェブ表面 8' をジョグリングすることより、スパーの展開幅は、スパーの長さに沿って付与されたいかなる点で、著しく変更されることはない。

【0045】

ランプ表面RR₁、RR₂は、それから、図9に示されるパッドアップ/厚さ変化表面PU₁、PU₂をつなぐように創作される。このように、第1パッドアップ領域PU₁の両側のランピング領域RR₁および第2パッドアップ領域PU₂の両側のランピング領域RR₂がある。

【0046】

図10aおよび10bを参照すると、スパーの長さに沿って連続する位置P_nにおける展開幅DW_nが計算されるとともに、半径rb₁ - rb₁₀は、展開幅がスパーに沿って長さLL_nで直線に増加することができるように変化する。設計された位置P_nにおける展開幅DW_nは、以下の式により計算することができ、

$$DW_n = DW_1 + K LL_n$$

ここで、DW_nは位置P₁における展開幅であり、Kは(DW_{end} - DW₁) / (スパーの長さ)であり、LL_nは位置P₁からの位置P_nのスパーの長さの方向への直線距離間隔である。このように直線変化する展開幅を提供するための半径ra_nおよびrb_nは、以下の式を満足することにより計算することができ、

【数1】

$$DW_n = DL_n - ra_n \left(\theta_n + \frac{2}{\tan \theta_n / 2} - \pi \right) - rb_n \left(\phi_n + \frac{2}{\tan \phi_n / 2} - \pi \right)$$

ここで、DL_n = 位置P_nにおける半径を伴わないスパーの展開幅である(DL₁ + DL₂ + DL₃に等しい - 図7b参照)。DW_n、DL_n、_nおよび_nは、既定のおよび/または計算することが可能で、数値ra_nおよびrb_nが設定されるある程度の柔軟性を有する。例えば、ra_nおよびrb_nは、等しいかあるいは一方が他方よりも大きい固定された率であることを要する。

【0047】

結果として生じた幾何学的形状は、それから、物理的に可能であるよりもきつい半径に適合する複合材料の層を必要としない表面とすることができると見直され、展開幅が直線変化を維持することができるように、表面の混和/円滑化および半径値の再計算を要する。工程のこの最後のステップは、繰り返されるとともに適当なジオメトリに到達する前にいくつかの再計算および補正を要する。スパーのジオメトリは、それから、複合スパーが当技術分野における通常の技術により作成される金型の製作に使用される。

【0048】

図11aおよび11bは、曲線を伴うアッパフランジ表面27を有する複合スパーを示す。もし、このような形状を有するスパーが第1実施形態の方法に利用されていたとしたら、確実な調整をすることが必要である。この場合、基準線RLは、曲線C、Dの端部間の直線として定義される。もし、アッパ表面27における曲率が著しいのであれば、それから、基準線RLが曲線の端部に一致しているところから、同じ状況を維持しながら、ロアフランジ表面の方へ移動させる必要がある。このように、図11bに示される断面A-Aに向けて(右にアッパフランジが示されるとともに左にロアフランジ6が示される)、基準線RLは、アッパフランジエッジ27から大きく引き離される。基準線RLは、アッパフランジエッジに平行しないラインにより選択的に定義され、同じ基準線が、その後に行われる幾何学的操作の全てが基づくあるいは参照するための、固定されたラインとして使用されることは、(本発明の少なくともこの実施形態では)重要である。

【0049】

図12は、第2実施形態に関する航空宇宙構造物に使用するための構造メンバを設計する方法に基づくフローチャートを図解するものである。その方法は、本発明の第1実施形態の方法に類似している。第1ステップ201では、製造するための複合スパーの呼び基

10

20

30

40

50

準形状は、望ましい翼ジオメトリに基づくスパー形状を生成することにより定義されるが、複合材料から製作されるスパーに関連する因子は無視する。典型的には、このようなスパーは、平面領域と曲面領域とを有する。第1ステップ中、このような曲面領域は、除去されるとともに平面間の適当に定義されたエッジに置き換えられる。このようにして、アウトモールド表面は定義される。

【0050】

第2ステップ202では、インナモールドラインは、アウトモールドラインからスパー構造物の最小限の要求される厚さまでオフセットさせることにより定義される。次のステップ、第3ステップでは、擦れているウェブ表面は、構造物のアッパおよびロアフランジの一方あるいは他方が延ばされ、その結果として発生する、アッパおよびロアフランジエッジ間のウェブ内の擦れにより定義される。ウェブは、これにより、メンバの全長に沿ってフランジに対してははや垂直ではない。擦れ角度はより重要であり、厳密には直線化する展開幅からの偏りが最も重要である。

【0051】

第4ステップ204では、翼外板における厚さ変化、アッパおよびロアフランジ表面上の要求されるパッドアップあるいはパッドダウンに付加されるとともに、結果的に、対応するパッドアップ/パッドダウン表面に、第5ステップ205においてウェブ表面が付加される。ランプ範囲は、パッドアップ領域が漸次に到達されるようにも設定する。フランジ内のジョググルに一致しているジョググルをウェブに付加することにより、スパーの直線化する展開幅からの偏りが減少される。そして、第1ステップ201から第5ステップ205までのステップにより生成された表面は、それから、表面を変形させることにより、混和され、その結果、円滑に変化する表面が作成される(第6ステップ206)。設計された展開幅は、それから、スパーの長さに沿った多数の位置、結果的に生成されるモデルが、製造中に材料を蓄えることに起因する欠陥がない、設計された直線化する展開幅ジオメトリに十分に接近するジオメトリを有することができるようにする、十分に小さくなる位置の分割間隔、に向けて計算される(例えば、複合材料層内のファイバの突出あるいは延びにより生じるクリースのリスクを実質的に排除する)。フィレット半径は、それから、計算されるとともに、第7ステップ207では、ウェブフランジ接合部で挿入される。多数の位置間の領域は、第6ステップを繰り返すことによる、変形/改ざんにより再定義される。最終チェックでは、スパーに沿った展開幅における変化が確かめられるとともに実質的な直線変化関係からのいくつかの偏りが計算される。もし、欠陥のリスクがあるようならば、それから、偏りがなくなるまで第6ステップ206と第7ステップ207とを繰り返すことにより、半径が再び調整される。それは、しかしながら、ステップ207を繰り返す必要がないことを期待する。それは、第1実施形態とは対照的に言及され、フィレット/コーナー半径は、パッドアップおよびランピング領域が挿入された後、モデルの中へ挿入される。

【0052】

図13aから13bまでは、本発明の第3実施形態によるスパーを概略的に図示する。スパーは、樹脂基体内に埋め込まれるファイバ材料から作られる。適当に定義されたエッジおよび図13aに示される層内に境界がある間、複合材料の層により、このような鋭いエッジを簡単に成形することが容易ではないことは、認識されるであろう。実際には、典型的には、スパーの形状に対して鋭いエッジを持たず、その代わりとして、一方の傾斜部と他の傾斜部との移動間に円滑な半径が存在する。図13aに示される層は、翼パネルおよび第2表面(図13aには図示しない)に隣接させるために形成されている第1表面110を有する。スパーは、ロアフランジ106から延びるウェブ108も含む。ウェブ108上には、第1表面110のように、複合材料内の同一層に位置する定義された第3表面114がある。第3表面114と反対側のウェブ上には、第4表面もある。第2表面のように、第4表面はスパーと同じ側にある(第2および第4表面は図13aに図示されていない)。

【0053】

10

20

30

40

50

スパー 102 の断面ジオメトリは、その長さに沿って変化する。特に、ロアフランジ 106 のジオメトリは、隣接するために当接する翼パネルにおけるパッドアップおよび厚さ変化に合わせるためのジオメトリ変化を有する（翼パネルは図 13 a に示されていない）。ウェブ 108 の断面ジオメトリも、ロアフランジ 106 のジオメトリにおける変化に応じて、スパー 102 の長さに沿って変化する。特に、スパーの展開幅は、長さ L の増加に伴い直線に増加する。この実施形態における展開幅は、ロアフランジ 106 の末端エッジ 106 e とアッパフランジ 104 の末端エッジ 104 e との間の測地線距離として測定される。

【0054】

それは、もちろん、アッパおよびロアフランジ 104、106 のエッジ 104 e、106 e を測地線ライン上に設定する必要がないことが認識されるであろう。例えば、それらエッジ 104 e、106 e の領域内のアッパあるいはロアフランジ 104、106 内に、非直線関係の長さを伴う変化のためのこのような領域における展開幅をもたらす切欠きがあってもよい。このような切欠きは、しかしながら、本発明の利益を損なうことがない。それにより、スパーの長さに沿った距離との直線関係において、（このような切欠きを伴わない領域内で）展開幅が増加され、複合スパー 102 内に形成される欠陥のリスクの結果としての減少を伴い、ファイバの隆起および/または複合層のクリーズのリスクを減少させる。図 13 a から 13 d は、それぞれ、ロアフランジ 106 上の第 1 測地線基準線とウェブ 108 上の第 2 測地線基準線との間の測地線距離を示し、スパーの長さに沿った距離を伴い直線的にも変化する。このように、第 1 測地線ライン 150 は、第 1 表面 110 上（ロアフランジ 106 上）で定義されるとともにスパー 102 の全体の長さに沿って延び、第 2 測地線ライン 152 は、第 3 表面 114 上（ウェブ 108 上）で定義され、スパー 102 の全体の長さに沿っても延びる（当業者は、もちろん、ラインのジオメトリが、2次元のその表面の範囲内に限定されるとともに、測地線距離の用語が、同じように使用される場合、測地線ラインの用語は、この中で、表面上の 2つの点間の可能な最短距離を表すラインを意味して使用されることが認識されるであろう）。

【0055】

第 1 測地線ライン 150 は、平面（例えば、図 13 a における平面 154 により表される平面に平行する平面）の範囲内に含まれる。しかしながら、ウェブ 108 の捩れ性質の結果として、および、ウェブ 108 上の変化する傾斜間の突出の非平行性質の結果として、単一平面の範囲内に含まれるウェブ 108 上の測地線ラインを描くことは不可能である。

【0056】

図 13 b から 13 d は、スパー 102 の長さに沿った連続する位置で切断された断面を示す。そして、図 13 b は、スパーの長さに沿った第 1 位置で第 1 基準線と第 2 基準線との間の測地線距離 158 を概略的に図解する。図 13 c および 13 d は、さらにスパー 102 の長さ L に沿った点での 2つのさらなる断面における測地線距離 160 および 162 を示す。以上から容易に理解できるように、測地線距離は、矢印 164 より示されるスパー方向に沿った長さ L の増加とともに連続的により小さくなる。図 13 b、13 c および 13 d を参照すると、（矢印 164 より示される方向における）長さに沿った距離の増加に伴い、スパー 102 のウェブは、最初に反時計回り方向へ捩れる。このように、図 13 b により示される断面において、ウェブ 108 は、概して、アッパフランジ 104 と垂直をなす。しかしながら、さらに、図 13 c に示される断面でのスパーの長さに沿って、アッパフランジ 104 とウェブ 108 との間の角度は、90°よりも大きい角度まで増加される。図 13 c により示される断面からさらにスパー 102 の長さ L の下方へ移動し、ウェブ 108 は、それから、図 13 d により示される断面内に示すように、再びアッパフランジ 104 と略直角をなす元のジオメトリへ捩れる。このように、図 13 a を参照すると、スパーの基端から一体となって移動し（図 13 a の左手側）、第 3 表面 114 は、最初に、軸（矢印 164 に平行する）の回りに、スパーの第 1 位置へ向けて反時計回り方向へ捩れる。この第 1 位置からスパー 102 の翼先端の方へ一体に移動し、第 3 表面 114

は、それから、同じ軸の回りに第2位置へ向けて時計回り方向へ擦れる。このようなウェブにおける擦れの統合は、フランジ104、106の高さ(図13aにおける矢印166により示される方向の寸法で示される)が変化することを効果的に許容し、その結果、スパーの展開幅 DW_n を制御する手段が提供される。このような擦られたウェブ108を生じさせることによるスパー102の展開幅の制御は、展開幅を変化させる手段を伴うこのようなスパーの設計者に、ジョグリングあるいは導入が可能なフレット/半径よりも、より広い範囲を提供する。スパーの形状へのジョグリングの挿入、および/または上述されたようなフレットおよび/または半径の挿入は、もちろん、長さの増加を伴うスパーの展開幅の特別な制御も提供するが、本発明の実施形態においては、必要がないことがわかる。

10

【0057】

本発明が特定の実施形態に関して説明および図解されていた間、本発明は、特にこの中では図解されていない多くの異なる変形を加えることが、当業者により認識されるであろう。例としてだけ、今、確定した可能な変形を説明した。

【0058】

上述した第1実施形態におけるスプライン線の挿入は、スパーのフランジエッジからウェブに対して垂直な方向へ分離された多数のオフセット点を結ぶことにより成し遂げられる。スプライン線は、異なる方法により挿入することができ、例えば、ウェブに対して垂直でない方向へオフセットされた点により作成することもできる。それから、一定の曲率半径を有するスパーの全てのウェブとフランジとをつないだ曲面におけるスパージオメトリ、ウェブおよびフランジの寸法を変えることにより、および/またはウェブとフランジとの間の傾斜角度を変えることにより制御されるスパーの展開幅、を生成することが可能である。

20

【0059】

上述した実施形態は、翼パネルを支持するためのスパーの形状およびジオメトリに関する。もちろん、本発明の上述した実施形態の原理は、長尺構造メンバにより支持あるいは補強される航空機の外板のパネルあるいは一部が存在する航空機の構造物の他の部品に適用することができる。このように、この発明の実施形態の適用は、航空宇宙分野の範囲内で広げることができるとともに、複合スパー、リブ、ストリンガーあるいは他の長尺構造メンバ等、厚さ変化を要するパネルの、いかなる例をも含むことができる。

30

【0060】

それは、上述した実施形態の1つ以上に基づくスパーの分野に向けた本発明の範囲内であるとともに、スパーの他の分野は、上記実施形態のいずれかに基づいていない。

【0061】

前述の説明、数値あるいは要素は、周知、明白あるいは予見可能な同等のものに言及され、それから、このような同等のものは、あたかも個別に説明するかのよう、この中に組み込まれる。本発明の真の範囲を決定するためにクレームに言及すべきであり、クレームは、いかなるこのような同等のものを包含するように解釈されるべきである。本発明の数値あるいは特徴は、望ましい、有利な、都合のよい、あるいは同様のものとなるように任意であるとともに、独立したクレームの範囲を限定しない。

40

【 図 1 】

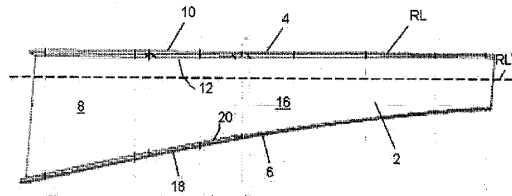


Fig. 1

【 図 2 】

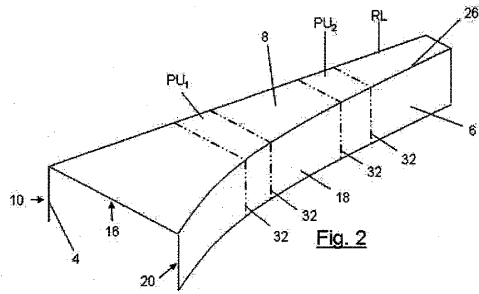


Fig. 2

【 図 3 a 】

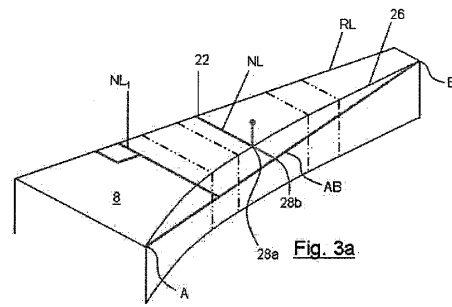


Fig. 3a

【 図 3 b 】

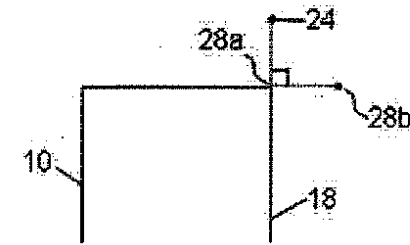


Fig. 3b

【 図 4 】

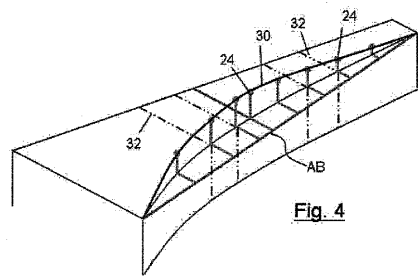


Fig. 4

【 図 5 b 】

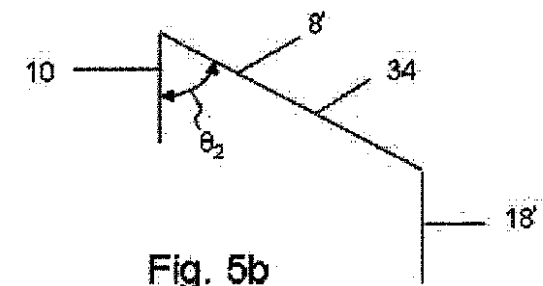


Fig. 5b

【 図 5 a 】

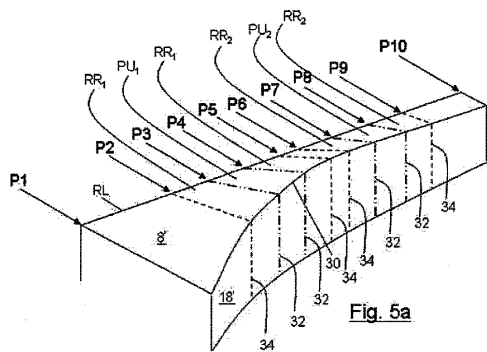


Fig. 5a

【 図 6 】

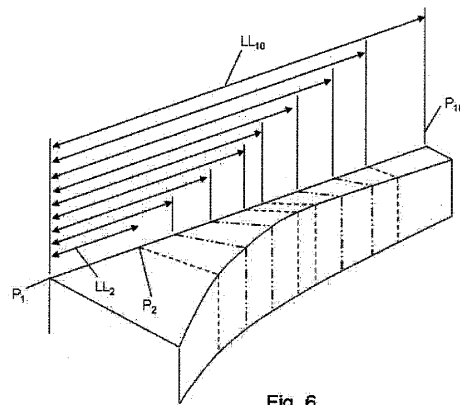


Fig. 6

【 7 a 】

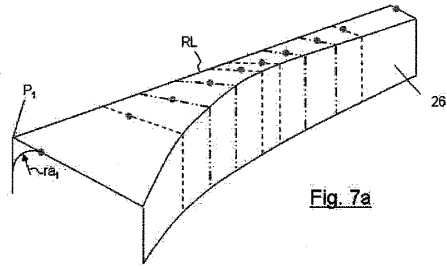


Fig. 7a

【 8 】

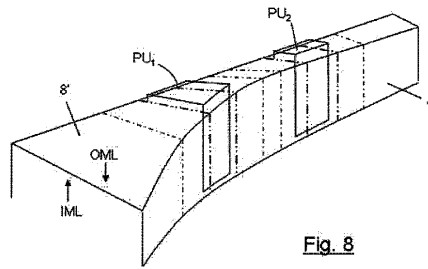


Fig. 8

【 7 b 】

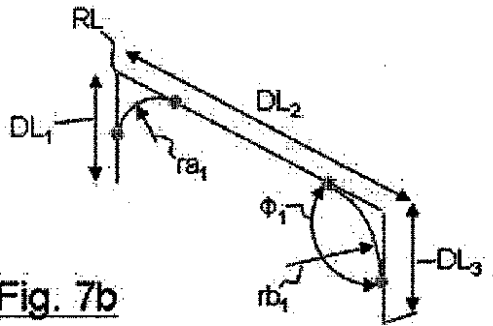


Fig. 7b

【 9 】

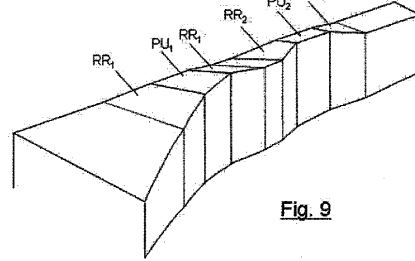


Fig. 9

【 10 a 】

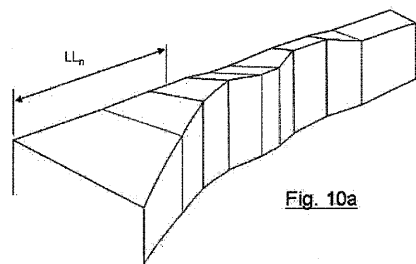


Fig. 10a

【 11 a 】

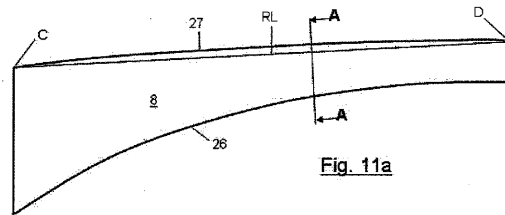


Fig. 11a

【 10 b 】

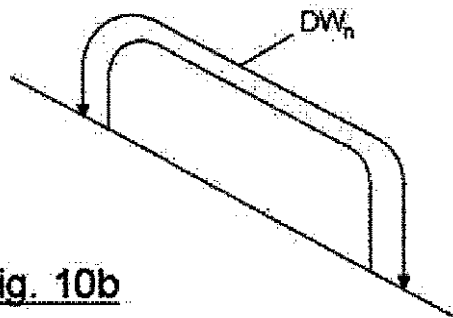


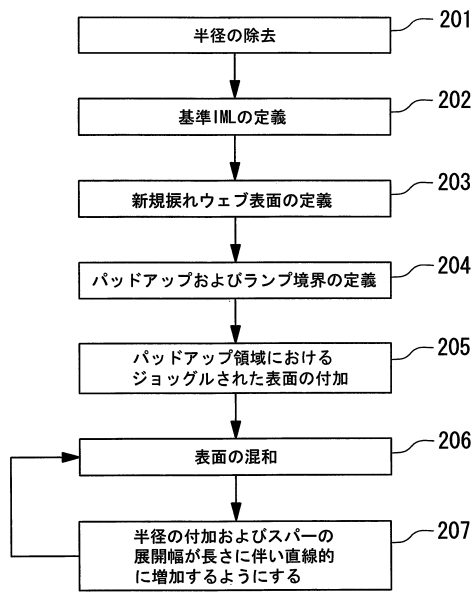
Fig. 10b

【 11 b 】

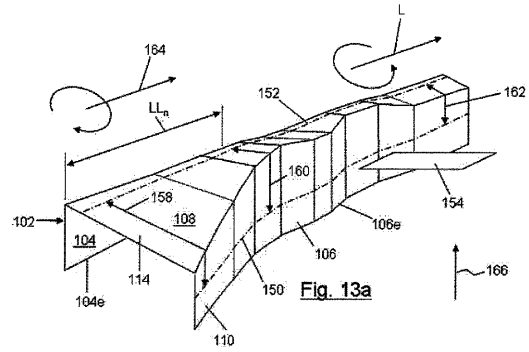


Fig. 11b

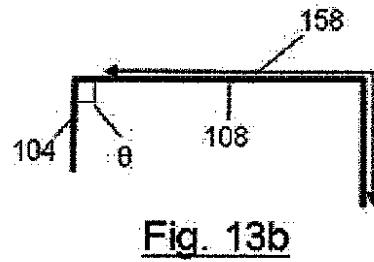
【 図 1 2 】



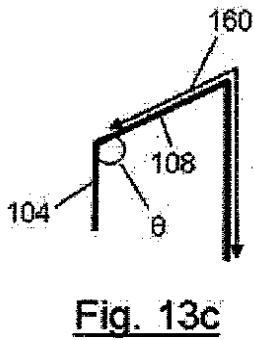
【 図 1 3 a 】



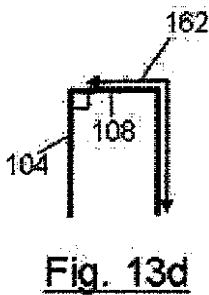
【 図 1 3 b 】



【 図 1 3 c 】



【 図 1 3 d 】



フロントページの続き

審査官 黒田 暁子

- (56)参考文献 特開平10 - 258463 (JP, A)
特開2001 - 030997 (JP, A)
特開2004 - 338465 (JP, A)
特開平03 - 063770 (JP, A)
特開2006 - 335049 (JP, A)
特開2009 - 178863 (JP, A)
欧州特許出願公開第01547756 (EP, A1)
米国特許第05984511 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64C 3/18
B64C 1/12