

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5955055号
(P5955055)

(45) 発行日 平成28年7月20日 (2016. 7. 20)

(24) 登録日 平成28年6月24日 (2016. 6. 24)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 9 C 43/12 (2006. 01)

B 2 9 C 43/12

B 2 9 C 43/32 (2006. 01)

B 2 9 C 43/32

B 2 9 C 70/06 (2006. 01)

B 2 9 C 67/14

G

B 2 9 K 105/08 (2006. 01)

B 2 9 K 105:08

B 2 9 L 31/30 (2006. 01)

B 2 9 L 31:30

請求項の数 10 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-79705 (P2012-79705)
 (22) 出願日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)
 (65) 公開番号 特開2012-218441 (P2012-218441A)
 (43) 公開日 平成24年11月12日 (2012. 11. 12)
 審査請求日 平成27年3月26日 (2015. 3. 26)
 (31) 優先権主張番号 13/079, 945
 (32) 優先日 平成23年4月5日 (2011. 4. 5)
 (33) 優先権主張国 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、60606-2016
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ
 ド・プラザ、100
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義敦
 (72) 発明者 モディン, アンドリュウ イー.
 アメリカ合衆国 ワシントン 98022
 , イーナムクロー, 248番 ストリ
 ート 39725

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輪郭に合致した複合スチフナーを作製するための方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

輪郭に合致した複合部品の作製方法であって、

複数のプライを事前選択した輪郭に沿って位置合わせすることを含む、繊維プリフォー
ム組立品であるチャージ (62) を組立てるステップ (134) と、

位置合わせして組立てたチャージ (62) を成形ツール (72) に移送する前に、成形
 ツール (72) の上に第1の真空バッグ (108) を配置し、第1の真空バッグ (108
) を成形ツール (72) にシールするステップと、

位置合わせして組立てたチャージ (62) を成形ツール (72) に移送するステップと

、

成形ツール (72) 上でチャージ (62) を成形するステップ (136) と、

繊維プリフォームの上に第2の真空バッグ (130) を配置し、第2の真空バッグ (1
 30) を成形ツール (72) にシールするステップと、

第1および第2の真空バッグ (108、130) にそれぞれ第1および第2の真空を印
 加するステップと、

第1の真空バッグ (108) の中に導入された樹脂を繊維プリフォームに注入するステ
 ップと、

成形したチャージ (62) を硬化させるステップ (140) と

を含む方法。

【請求項 2】

10

20

チャージ（６２）を組立てるステップが、少なくとも一の繊維プリフォームを組立てツール（３８）上に配置することを含み、且つ

プライを位置合わせすることが、組立てツール（３８）を使用して、事前選択した輪郭に沿って繊維プリフォームを位置合わせすることを含む、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

位置合わせして組立てたチャージ（６２）を成形ツール（７２）に移送した後で、繊維プリフォームに樹脂を注入するステップを更に含む、請求項２に記載の方法。

【請求項４】

チャージ（６２）を組立てた後で、プライをまとめてクランプすることによりチャージ（６２）内のプライの位置合わせを維持するステップを更に含む、請求項１ないし３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項５】

成形ツール（７２）内で、位置合わせして組立てたチャージ（６２）の第１の部分（６２ｂ）をクランプするステップを更に含む、

チャージを成形するステップが、チャージ（６２）の第１の部分（６２ｂ）をクランプしながら成形ツール（７２）上に第２の部分（６２ａ）を成形することを含む、請求項１ないし４のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６】

少なくとも一の輪郭を有する複合構造部材（３０）を作製するための装置であって、チャージ（６２）を形成する複数のプライを組立てるための組立てツール（３８）と、チャージ（６２）を成形するための成形ツール（７２）であって、組立てたチャージ（６２）を間にクランプできる互いに対して可動な一对のマンドレル（８０ａ、８０ｂ）を含む成形ツール（７２）と

成形ツール（７２）を覆うように構成された第１の真空バッグ（１０８）と、成形ツール（７２）上にクランプされた成形済みチャージ（６２）を覆い、チャージ（６２）の少なくとも一部（６２ｂ）を成形ツール（７２）に対して保持するように構成された第２の真空バッグ（１３０）と、

第１および第２の真空バッグ（１０８、１３０）を成形ツール（７２）にシールする第１および第２のシール（１０４、１０６）と、

第１の真空バッグ（１０８）の中に樹脂を導入し、チャージ（６２）を注入するための樹脂供給管（９０）とを備える装置。

【請求項７】

組立てツール（３８）が、輪郭に沿ってプライを位置合わせするための、輪郭に合致した位置合わせガイド（４８）と、

位置合わせしたプライをまとめてクランプするためのクランプ機構（６８）とを含む、請求項６に記載の装置。

【請求項８】

成形ツール（７２）が、真空、圧縮空気、及び樹脂供給管を受ける貫通孔を有するほぼ真空気密な基部（７４）を含んでおり、

マンドレル（８０ａ、８０ｂ）が基部（７４）上で互いに対して双方向に可動であり、且つ

マンドレル（８０ａ、８０ｂ）が、クランプされたチャージ（６２）の少なくとも一部（６２ｂ）をその上で成形できるツール表面（８６）を含んでいる、請求項６または７に記載の装置。

【請求項９】

10

20

30

40

50

成形ツール（ 7 2 ）が、マンドレル（ 8 0 a、 8 0 b ）の一方にクランプ圧を印加するための膨張式ブラダー（ 9 0 ）を含んでいる、請求項 6 ないし 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 0】

マンドレル（ 8 0 a、 8 0 b ）の各々が、チャージ（ 6 2 ）に輪郭を成形するための、輪郭に合致したクランプ表面を含んでいる、請求項 6 ないし 9 のいずれか一項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1】

本発明は、概して複合部品の製造に関し、具体的には輪郭に合致した複合スチフナーを作製するための方法と装置を扱う。

【背景技術】

【 0 0 0 2】

スチフナーのような複合構造部材は、様々な用途において、組立品の強度及び／又は剛性を増大させるために使用される。例えば、航空産業では、縦通材のような構造的スチフナーを使用して胴体を補強することができる。縦通材は、長さ方向に沿って胴体の曲率と一致する輪郭を有することができる。胴体の一部の領域では、縦通材は長さ方向に沿って複合的な輪郭を有することができる。

【 0 0 0 3】

上述の種類の複合的な輪郭を有する複合縦通材は、完成部品の輪郭とほぼ一致する複合的な輪郭を有するツールの上に、複合プリプレグの複数のプライを積み上げることにより製造される。このような積層は、真空バッグ及びオートクレープ処理を用いて成形及び硬化される。プリプレグを使用した製造技術は、一部の用途において欠点を有する。例えば、縦通材に所望の輪郭を達成するためには、プリプレグプライの一又は複数の切断、ダーティング、及び／又はスプライシングが必要で、これらは胴体の重量及び／又はコストを増大させる。

【 0 0 0 4】

輪郭に合致した縦通材を製造するために、乾燥繊維プリフォームの樹脂注入といった他の技術を使用することができる。しかしながら、樹脂注入は密閉型を必要とし、これには準備と、部品を成形した後のクリーンアップとを要する。更に、スティッチング及び／又は粘着付与剤を使用せずに、プリフォームと、樹脂分配媒体及び透明な分離膜との位置合わせを行うことは難しい。また、既知の樹脂注入技術を用いて繊維プリフォーム中の繊維の角度を制御することは困難である。繊維角度のばらつきにより、完成部品が望ましくない性能特性を持つ可能性がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5】

したがって、ツールの操作を減らし、且つ複合チャージの位置合わせを容易にしてツールの輪郭との合致度を高める、複合的な輪郭を有する複合構造部材を製造するための方法と装置が求められている。また、部品成形後にツールのクリーンアップの必要性をほぼ排除し、且つ開放型を使用した樹脂注入処理に適した上述のような方法及び装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6】

開示される実施形態により、縦通材のような複合的な輪郭を有する複合構造部材を製造するための方法と装置が提供される。開放バッグ状ツーリングを編みこんだ輪郭プリフォームを使用することにより、連続繊維を含む硬化された縦通材を製造するための樹脂注入硬化に、均一な硬化圧力が提供される。一実施形態では、二重真空バッグを使用して、縦通材のフランジ全体に圧力を供給することにより、それらフランジを型の表面と密接に接

10

20

30

40

50

した状態で保持することができると同時に、バッグの漏れの可能性が低減される。スティッチング、粘着付与剤、及びツール操作の必要なく、縦通材のニアネット成形が達成される。プリフォーム繊維チャージのコンポーネントを事前位置合わせするために位置合わせツールを使用することにより、プリフォーム操作の必要性が低下し、これにより完成部品の繊維の角度及び／又は厚みに対する制御が向上する。２軸及び３軸の編組を含む繊維編み込みプリフォームを使用することにより、プリフォームは、積層の間に変化する様々な三次元的輪郭及び半径に更に合致し、且つそのような輪郭及び半径を提供することができる。

【０００７】

本装置は、プリフォームチャージ組立てツールと、プリフォーム成形ツールとを含んでいる。輪郭に合致した繊維編み込みプリフォームは、組立てツール内において、樹脂分配媒体及び透明な分離膜を用いて組立てられる。組立てツールは、所望の部品のために、半径が変動する所望の輪郭を規定する。組立てられて事前位置合わせされたプリフォームチャージは、組立てツールから、成形ツール内に保持されたエンベロープ真空バッグ内に移送され、そこでブラダー作動式のマンドレルによりプリフォームのウェブ又はブレード部分がクランプされ、その後プリフォームの－又は複数のフランジが折り畳まれて縦通材のフランジが形成される。ラジアスフィラー及びキャッププライが必要に応じて添加され、エンベロープ真空バッグはシールされ、第２の真空バッグが取り付けられる。次いで、チャージに樹脂が注入される。樹脂の注入及び硬化後、部品は開放型から取り外されて、所望の断面及び長さにトリミングされる。

【０００８】

開示される一実施形態によれば、輪郭に合致した複合部品の作製方法が提供される。この方法は、事前選択された輪郭に沿って複数のプライを位置合わせすることを含むチャージを組立てるステップと、位置合わせしたチャージを成形ツールに移送するステップとを含んでいる。この方法は、更に、成形ツールにおいてチャージを成形するステップと、成形されたチャージを硬化させるステップとを含む。チャージを組立てるステップは、組立てツール上に少なくとも一の繊維プリフォームを配置することを含むことができ、プライを位置合わせすることは、組立てツールを使用して、事前選択された輪郭に沿って繊維プリフォームを位置合わせすることを含むことができる。組立てツール上で組立てられた後、チャージの一部はクランプされ、その後チャージのクランプされていない部分が成形ツールに挿入される。この方法は、位置合わせされたチャージが成形ツールに移送された後で繊維プリフォームに樹脂を注入するステップを更に含むことができる。この方法はまた、位置合わせしたチャージを成形ツールへ移送する前に成形ツールの上に第１の真空バッグを配置するステップと、第１の真空バッグ内部に含まれている繊維プリフォームの少なくとも一部分の上に第２の真空バッグを配置するステップと、繊維プリフォームに、第１の真空バッグに導入された樹脂を注入するステップとを含むことができる。この方法は、更に、組立てツール内にある間に、プライをまとめてクランプすることによりチャージ内でプライの位置合わせを維持するステップと、成形ツール内でクランプされるまでそれらプライをクランプされた状態に保つステップとを含むことができる。

【０００９】

開示される別の実施形態によれば、ウェブと少なくとも一のフランジとを有する複合構造部材を作製する方法が提供される。この方法は、少なくとも一の繊維補強を有する多プライチャージを組立てるステップと、ツール内において、チャージの第１のウェブ部分をクランプするステップとを含んでいる。この方法は、更に、第１のウェブ部分がツール内にクランプされている間に、チャージの第２のフランジ部分を成形するステップと、成形されたチャージを硬化させるステップとを含む。チャージを組立てるステップは、事前選択された輪郭に沿ってプライを互いに対して位置合わせすることと、位置合わせされたプライをまとめてクランプすることとを含むことができる。

【００１０】

別の実施形態によれば、少なくとも一の輪郭を有する複合構造部材を作製するための装

10

20

30

40

50

置が提供される。この装置は、一のチャージを形成する複数のプライを組立てるための組立てツールと、構造部材を成形するための成形ツールとを備えている。組立てツールは、輪郭に沿ってプライを位置合わせするための、輪郭に合致した位置合わせガイドと、事前位置合わせしたプライをまとめてクランプするためのクランプ機構とを含んでいる。成形ツールは、互いに対して可動な一対のマンドレルであって、その間に組立てたチャージをクランプすることができる一対のマンドレルを含んでいる。成形ツールは基部を含み、この基部上において互いに対して双方向に可動であることにより、マンドレルはその間にチャージをクランプすることができる。マンドレルは、クランプされたチャージの少なくとも一部分がその上で成形されるツール表面を含んでいる。成形ツールは、更に、マンドレルの一方にクランプ圧を印加するための膨張式ブラダーを含むことができる。装置はまた、成形ツールを覆う第1の真空バッグと、成形されたチャージを覆うための第2の真空バッグとを含むことができ、成形されたチャージのウェブは成形ツール上にクランプされる。マンドレルの各々は、チャージの輪郭を形成するための、輪郭に合致したクランプ表面を含む。

10

【0011】

また別の実施形態によれば、複合的な輪郭を有する一のウェブと少なくとも一のフランジとを有する複合部材を作製するための装置が提供される。この装置は、事前位置合わせしたチャージを第1の輪郭に沿って組立てるための組立てツールと、成形ツールとを含んでいる。成形ツールは、基部と、基部の上の、輪郭に合致した一対のマンドレルであって、その間にチャージのウェブ部分をクランプして第2の輪郭に沿って成形することができる一対のマンドレルとを含む。マンドレルの少なくとも一方は、クランプされたチャージのフランジ部分をその上で成形することができるツール表面を含んでいる。

20

【0012】

輪郭に合致した複合部品を作製する方法が提供され、この方法は、
事前選択された輪郭に沿って複数のプライを位置合わせすることを含む、チャージを組立てるステップと、
位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送するステップと、
成形ツール上でチャージを成形するステップと、
成形されたチャージを硬化させるステップと
を含む。

30

【0013】

この方法では、
チャージを組立てるステップが、組立てツール上に少なくとも一の繊維プリフォームを配置することを含み、且つ
プライを位置合わせすることが、組立てツールを使用して、事前選択された輪郭に沿って繊維プリフォームを位置合わせすることを含む。

【0014】

この方法は、更に、
位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送した後で、繊維プリフォームに樹脂を注入するステップ
を含む。

40

【0015】

この方法は、更に、
位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送する前に、形成ツールの上に第1の真空バッグを配置するステップと、
繊維プリフォームの上に第2の真空バッグを配置するステップと、
繊維プリフォームに、第1の真空バッグに導入された樹脂を注入するステップと
を含む。

【0016】

この方法は、更に、

50

チャージを組立てた後、プライをまとめてクランプすることにより、チャージ内でプライの位置合わせを維持するステップを含む。

【 0 0 1 7 】

この方法は、更に、
成形ツール内において、位置合わせして組立てたチャージの第 1 の部分をクランプするステップ
を含み、この方法では、
チャージを成形するステップが、第 1 の部分をクランプしながら、成形ツール上でチャージの第 2 の部分を成形することを含む。

10

【 0 0 1 8 】

この方法によって、輪郭に合致した複合部品が作製される。

【 0 0 1 9 】

ウェブ及び少なくとも一のフランジを有する複合構造部材を作製する方法が提供され、この方法は、
少なくとも一の繊維補強を有する多プライチャージを組立てるステップと、
ツール内でチャージの第 1 ウェブ部分をクランプするステップと、
ツール内で第 1 のウェブ部分をクランプしながら、チャージの第 2 のフランジ部分を成形するステップと、
成形されたチャージを硬化させるステップと
を含む。

20

【 0 0 2 0 】

この方法では、チャージを組立てるステップが、
事前選択された輪郭に沿ってプライを互いに対して位置合わせすることと、
位置合わせしたプライをまとめてクランプすることと
を含む。

【 0 0 2 1 】

この方法では、チャージを組立てるステップが、互いに対してプライを事前に位置合わせすることを含み、本方法は、更に、
事前に位置合わせしたプライを含むチャージを、組立てツールから成形ツールに移送するステップと、
成形ツール内でチャージの一部をクランプするステップと、
成形ツールを使用してチャージを成形するステップと
を含む。

30

【 0 0 2 2 】

この方法では、成形ツール内でチャージの一部をクランプするステップが、
チャージの一部を一对のマンドレル間に配置することと、
ブラダーを膨張させることにより、マンドレルの一方を他方に向かって移動させること
と
を含む。

40

【 0 0 2 3 】

この方法は、更に、
ツールの上に第 1 の真空バッグを配置するステップと、
成形されたチャージの上に第 2 の真空バッグを配置するステップと、
第 2 のバッグを真空引きするステップと、
第 1 の真空バッグに樹脂を導入することにより、チャージに樹脂を注入するステップと
を含む。

【 0 0 2 4 】

この方法では、チャージを組立てるステップが、
少なくとも一の編み込み繊維プリフォームを表面上に配置して、この繊維プリフォーム

50

を、輪郭に合致したフェンスに沿って位置合わせすることを含む、表面上にプライを積層すること

を含む。

【 0 0 2 5 】

この方法によって、複合構造部材が作製される。

【 0 0 2 6 】

少なくとも一の輪郭を有する複合構造部材を作製するための装置が提供され、この装置は、

一のチャージを形成する複数のプライを組立てるための組立てツールと、

チャージを成形するための成形ツールであって、互いに対して可動であり、且つ間に組立てたチャージをクランプできる一対のマンドレルを含む成形ツールとを含んでいる。

【 0 0 2 7 】

この装置では、組立てツールが、

輪郭に沿ってプライを位置合わせするための、輪郭に合致した位置合わせガイドと、位置合わせしたプライをまとめてクランプするためのクランプ機構と

を含んでいる。

【 0 0 2 8 】

この装置では、成形ツールが、真空、圧縮空気、及び樹脂供給管を受ける貫通孔を有するほぼ真空の基部を含んでおり、

マンドレルが、基板上で互いに対して双方向に可動であり、且つ

マンドレルが、クランプされたチャージの少なくとも一部分がその上で成形されるツール表面を含んでいる。

【 0 0 2 9 】

この装置では、成形ツールが、マンドレルの一方にクランプ圧を印加するための膨張式ブラダーを含んでいる。

【 0 0 3 0 】

この装置は、更に、

成形されたチャージを覆う第1の真空バッグと、

成形ツール上にクランプされた成形済みチャージを覆い、ツールに対してチャージの少なくとも一部分を保持する第2の真空バッグと、

第1のバッグに樹脂を導入してチャージに樹脂を注入するための樹脂供給管とを含んでいる。

【 0 0 3 1 】

この装置では、マンドレルの各々が、チャージに輪郭を成形するための、輪郭に合致したクランプ表面を含んでいる。

【 0 0 3 2 】

複合的な輪郭を持つウェブと、少なくとも一のフランジを有する複合部材を作製するための装置が提供され、この装置は、

第1の輪郭に沿ってチャージを事前位置合わせする組立てツールと、

基部と、基部上の、輪郭に合致した一対のマンドレルであって、間にチャージのウェブ部分がクランプされて第2の輪郭に沿って成形される一対のマンドレルとを含む成形ツールと

を含んでいる。

【 0 0 3 3 】

この装置では、マンドレルの少なくとも一方が、クランプされたチャージのフランジ部分がその上で成形されるツール表面を含んでいる。

【 0 0 3 4 】

この装置では、組立てツールが、

その上で多プライチャージを組立てることができる表面と、

10

20

30

40

50

チャージのプライの位置合わせ及び輪郭形成を行う際に基準となる調整可能な輪郭を有する位置合わせガイドと、

チャージ上に配置されて、ウェブの高さに略等しい幅を有するスペーサと、

位置合わせ及び輪郭形成されたプライとスペーサとをクランプするための少なくとも一つのクランプと、

チャージの両側にクランプを到達させるための溝とを含んでいる。

【 0 0 3 5 】

航空機の複合的な輪郭に合致した複合ブレード縦通材を作製する方法が提供され、この方法は、

組立てツール上に樹脂分配媒体を配置するステップと、

組立てツール上に平坦な編み込み繊維プリフォームを配置して樹脂分配媒体を覆うことによりプリフォームチャージを成形するステップと、

樹脂分配媒体とプリフォームチャージを、互いに対して、且つ第 1 の輪郭を有する位置合わせガイドに沿って位置合わせするステップと、

プリフォームチャージの上に、ブレード高スペーサを配置するステップと、

チャージのフランジ部分をクランプすることによりチャージの位置合わせを維持するステップであって、ブレード高スペーサを使用してチャージ上でのクランプの配置を制御することを含むステップと、

成形ツールの上に内側真空バッグを取り付けるステップと、

クランプされたチャージを成形ツールに移送するステップと、

成形ツール内においてチャージのウェブ部分をクランプするステップであって、ブラダーを膨張させること、及びブラダーの膨張を使用して一対のマンドレルをチャージとクランプ係合するまで移動させることを含むステップと、

チャージのウェブ部分をマンドレル間にクランプしたまま、チャージのフランジ部分からクランプを取り外すステップと、

チャージのフランジ部分をマンドレルの上に折り畳むことにより、縦通材の一対のフランジを成形するステップと、

成形されたチャージの上に内側バッグを折り返すステップと、

内側バッグの外側バッグをチャージの上に配置するステップと、

内側及び外側のバッグをシールするステップと、

内側及び外側のバッグにそれぞれ第 1 及び第 2 の真空を印加するステップと、

内側のバッグに樹脂を導入することにより繊維プリフォームに樹脂を注入するステップと、

成形ツール上において、樹脂を注入した繊維プリフォームを硬化させるステップと、

硬化後、成形ツールから硬化させた縦通材を取り外すステップとを含んでいる。

【 0 0 3 6 】

ウェブ及びフランジを有する航空機の複合的な輪郭に合致した複合縦通材を作製するための装置が提供され、この装置は、

位置合わせ及び組立てツールであって、

上に平坦なチャージを配置することができる平坦な表面、

チャージを位置合わせする際の基準となる、縦通材の輪郭の一部に対応する第 1 の輪郭を有する位置合わせフェンス、並びに

縦通材のウェブの高さを決定するためのウェブ高スペーサを含むツールと、

チャージをクランプするための複数のクランプであって、ウェブ高スペーサと接するクランプと、

成形及び硬化ツールであって、

組立てツール上の位置合わせフェンスの輪郭と概ね一致する第 1 の輪郭をし、且つ基

10

20

30

40

50

部プレートと、間隔を空けて配置された湾曲ブロックとの組立品を含むツール基部、並びに

ツール基部上で互いに対して双方向にスライド可能な一对のマンドレルであって、間にチャージのウェブ部分をクランプするための第2の輪郭を有する第1組の向かい合う表面を含んでおり、更に、その上でチャージのフランジ部分を成形できる第2組のツール表面を含んでいる一对のマンドレル

を含むツールと、

成形されたチャージを覆う第1の内側バッグと、

チャージ及び第1のバッグを覆う第2のバッグと、

第1及び第2のバッグを成形及び硬化ツールにシールするための第1及び第2のシールと、

第1のバッグ内部で樹脂をチャージ内に流すことを可能にする樹脂注入口と、

チャージから樹脂を流出させる少なくとも一の樹脂排出口とを含んでいる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】複合的な輪郭を有する複合縦通材の斜視図である。

【図2】図1に示された縦通材を製造するための装置の機能的ブロック図である。

【図3】図1に示された縦通材を作製するために使用される複合チャージを組立てるための組立てツールの平面図である。

【図4】図3に示された組立てツールの側面図である。

【図5】図3と同様の組立てツールの平面図であり、樹脂分配媒体が組立てツール上に配置されている様子を示している。

【図6】図5と同様の組立てツールの平面図であり、樹脂分配媒体の上に透明な分離膜が配置されている様子を示している。

【図7】図6と同様の組立てツールの平面図であり、透明な分離膜の上に編み込み繊維プリフォームが配置されている様子を示している。

【図8】図7と同様の組立てツールの平面図であり、繊維プリフォームの上に別の透明な分離膜が配置されており、ブレード高スペースを動作させた様子を示している。

【図9】図8と同様の組立てツールの平面図であり、プリフォームチャージのクランプが取り付けられた様子を示している。

【図10】図8と同様の組立てツールの平面図であり、連続するブレード高スペースの使用を示している。

【図11】図10と同様の組立てツールの平面図であり、磁気移送バーがクランプに取り付けられている様子を示している。

【図12】図9のライン12-12に沿った断面図である。

【図13】事前位置合わせされたチャージ及び樹脂注入コンポーネントが取り付けられる前の成形ツールの一端を示す平面図である。

【図14】図13のライン14-14に沿った断面図である。

【図15】図14と同様の断面図であり、成形ツール上への第1の真空バッグの配置を示している。

【図16】図15と同様の断面図であり、成形ツール内に事前位置合わせされたチャージが配置されている様子を示しており、明瞭性のために分離膜は省略されている。

【図17】図16と同様の断面図であり、ブラダーを膨張させてチャージのウェブ部分をクランプしている様子を示している。

【図18】図17と同様の断面図であり、チャージのクランプが取り除かれており、らせん状の樹脂注入口ラップが取り付けられている様子を示している。

【図19】図18と同様の断面図であり、プリフォームのフランジ部分がマンドレル上に折り畳まれて成形されている様子を示している。

【図20】図19と同様の断面図であり、チャージ内にラジアスギャップフィラーが配置

された様子を示している。

【図 2 1】図 2 0 と同様の断面図であり、キャップチャージを含む追加コンポーネントが取り付けられている様子を示している。

【図 2 2】図 2 1 と同様の断面図であり、外側のバッグが取り付けられて、シールされ、真空引きされている様子を示している。

【図 2 3】複合的な輪郭に合致した複合部材を作製する方法のフロー図である。

【図 2 4】図 2 3 に示された方法の追加ステップを示すフロー図である。

【図 2 5】複合的な輪郭を有する複合構造部材を作製する別の方法のフロー図である。

【図 2 6】航空機の製造及び保守方法を示すフロー図である。

【図 2 7】航空機のブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0038】

図 1 に示すように、開示される実施形態は、広義には、例えば限定しないが、複合的な輪郭に合致した複合縦通材 3 0 のような湾曲した複合部品を作製するための方法と装置に関する。図示の実施形態では、縦通材 3 0 の輪郭は、それぞれ直交する面 P 1、P 2 に含まれる半径 R 1、R 2 に基づいて形成される。しかしながら、他の輪郭の形状寸法も可能であり、縦通材 3 0 の輪郭の全て又は一部を、その長さの一部のみに沿って形成してもよい。他の実施形態では、縦通材 3 0 は、その長さに沿って単一の輪郭のみを有する。図 1 に示される実施形態では、R 1 及び R 2 は平面内にほぼ一定の弧を形成しているが、R 1、及び / 又は R 2 は、縦通材 3 0 が長さに沿って一又は複数の湾曲を含むように、軸に沿って、又は横方向に変化してもよい。縦通材 3 0 は、「ブレード縦通材」と呼ばれることもあり、ウェブ部分 3 2 と、何らかの適切な手段によって輪郭に合致した外板 3 6 と接合可能なフランジ部分 3 4 とを含んでいる。ウェブ部分 3 2 は、「ブレード」と呼ばれることもあり、高さ「H」を有している。この例示的实施形態にはブレード縦通材 3 0 が示されているが、開示される方法及び装置を利用して、長さに沿って一又は複数の輪郭を有する他の様々な細長の構造部材を製造することができる。また、開示される方法及び装置を利用して、限定しないが、少数の例を挙げると「C」、「J」、及び「I」字形状を含む様々な断面形状のいずれかを有する細長の構造部材を製造することができる。

20

【0039】

図 2 は、図 1 に示した縦通材 3 0 のような複合部品を製造するための装置の基本的なコンポーネントを示している。この装置は、大雑把には、位置合わせ及び組立てツール 3 8（以降、簡略に組立てツール 3 8 という）と、成形及び硬化ツール 7 2（以降、簡略に成形ツール 7 2 という）とを備えている。組立てツール 3 8 は、チャージ 6 2 を支持するテーブル 4 0 と、このテーブル 4 0 上において、チャージ 6 2 のコンポーネント 5 4、5 6、5 8、6 0（図 1 2 参照）を位置合わせするために使用される湾曲したフェンス 4 8 とを含んでいる。位置合わせ後、チャージ 6 2 のコンポーネント 5 4、5 6、5 8、6 0（図 1 2 参照）は、複数のクランプ 6 8 の顎 6 7 の間に保持される。チャージ 6 2 上におけるクランプ 6 8 の位置は、図 1 に示される縦通材 3 0 のブレード高「H」を画定するもので、クランプ 6 8 の顎 6 7 の少なくとも一つに係合するブランジャー 5 2 の延長量によって決まっている。

30

40

【0040】

クランプ 6 8 によってクランプされたチャージ 6 2 は、ロボット（図示しない）のような適切な運搬装置 6 5 を使用して成形ツール 7 2 へと運搬される。成形ツール 7 2 は、大雑把には、ツール基部 7 4 の上をスライド可能な一対のマンドレル 8 0 a、8 0 b を備えている。チャージ 6 2 は、成形プロセスの間にマンドレル 8 0 a、8 0 b 上で成形される間、これらマンドレル 8 0 a、8 0 b の間に保持される（後述で更に詳細に説明する）。

【0041】

図 3 ~ 1 2 は、組立てツール 3 8 と、チャージ 6 2 のコンポーネント 5 4、5 6、5 8、6 0（図 1 2）を位置合わせして組み立てるための連続ステップとを更に詳細に示している。特に図 3 及び 4 に示すように、組立てツール 3 8 は、ほぼ平坦なチャージ支持表面

50

４４を有する真空テーブル４０を備え、この支持表面４４を横断してほぼ平行な複数のスロット４２が延びている。テーブル４０には複数の複動シリンダ５０が搭載されており、シリンダのそれぞれが、真空テーブルの表面４４の上方において軸方向に延長可能な細長のプランジャー５２を含み、これらのプランジャーはブレードの深さスペーサとして働く。他の実施形態（図示しない）では、プランジャー５２は、テーブル表面４４の上方及び下方の両方に設けてもよい。シリンダ５０は、空気／気体を用いて流体圧により作動させても、電気で作動させてもよい。所望の輪郭、又は図１に示した半径Ｒ１にほぼ対応する変動半径Ｒ１を有する位置合わせフェンス４８は、ファスナ５５によりテーブル表面４４に固定されている。他の実施形態では、フェンス４８の輪郭Ｒ１は、数値制御デバイス、ピンなどを使用して変化させることができる。

10

【００４２】

後述で更に詳細に説明するように、組立てツール３８は、チャージ６２（図２、本明細書においては繊維プリフォーム組立品とも呼ぶ）のコンポーネント５４、５６、５８、６０（図１２）が互いに対して位置合わせされるように、且つ位置合わせフェンス４８の輪郭Ｒ１に沿って位置合わせされるように、チャージ６２のコンポーネント５４、５６、５８、６０の事前位置合わせを行う。本明細書において使用される「チャージ」という用語は、乾燥しているか、又は部分的に注入処理された繊維プリフォーム又は部品、及びプリプレグの両方を含む。後述する図示の実施形態では、チャージ６２は乾燥した繊維プリフォーム５８（図７）からなる。しかしながら、開示される方法及び装置の原理を利用して、プリプレグを用いた複合構造を製造することもできる。

20

【００４３】

図５に示すように、使用時には、チャージ６２（図２）は、まず樹脂分配媒体５４をテーブル表面４４上に配置することにより、輪郭に合致したフェンス４８に沿って位置合わせされた状態で積層される。次に、図６に示すように、やはりフェンス４８の輪郭に沿って位置合わせされた状態で、分配媒体５４の上に透明な分離膜５６のプライが配置される。

【００４４】

次に、図７に示すように、一又は複数の管状又はソックス様の編み込み繊維プリフォーム５８ａ、５８ｂ（図１６参照）が、やはり輪郭に合致したフェンス４８に沿って位置合わせされた状態で、図６に示す透明な分離膜５６の上に配置される。次いで、図８に示すように、透明な分離膜６０の第２のプライが繊維プリフォーム５８の上に配置され、フェンス４８に沿って位置合わせされることにより、透明な分離膜５６、６０の二つのプライ、樹脂分配媒体５４、及び編み込み繊維プリフォーム５８を備えた完全なチャージ又はプリフォーム組立品６２（図１２参照）が形成される。編み込み繊維プリフォーム５８の使用により、縦通材３０の複合的な湾曲を可能にして積層を容易にするエンジニアードプリフォームの自動製造が可能になる。編み込み繊維プリフォーム５８は、縦通材３０（図１）に強度を付加するために、捲縮繊維から構成されても又は非捲縮繊維から構成されてもよく、また三以上の繊維からなる二軸編み込みから構成されても、三軸編み込みから構成されてもよい。更に、繊維プリフォームは、編組以外のプロセスにより製造されてもよい。

30

【００４５】

順次形成されてフェンス４８に沿って事前位置合わせされたチャージ６２と、プランジャー６４（図８）の軸方向に沿った位置により事前に決定された図１に示すブレード高「Ｈ」と、複数のクランプ６８（図９）、又は他の適切なクランプ機構とは、図９及び１２に最もよく示されるように、テーブル４０のスロット４２内に配置されて、プランジャー６４に接するまでスロット４２に沿って案内される。

40

【００４６】

クランプ６８の各々は、図１２、１４、及び１６に示されているように、それぞれ側方フランジ６８ａ、６８ｂを備えて対向する一对の顎６７を有するはさみ運動するもの、又は他の種類の「Ｃ」字クランプとすることができる。図１２に示すように、各クランプ６８の顎６７の一方は、チャージ６２の下のスロット４２の一つの内部に受け入れられて、

50

このスロット 4 2 に沿ってスライド可能であり、クランプ 6 8 の他方の顎 6 7 は、チャージ 6 2 の上に延びる。クランプ 6 8 は、チャージ 6 2 の周りに配置されて、顎 6 7 の一方の側方フランジ 6 8 a (図 1 2 参照) がチャージ 6 2 の上のプランジャー 6 4 の端部に係合するまで、図 4 ~ 1 2 に示すテーブル 4 0 のスロット 4 2 内を通過する。別の実施形態 (図示しない) では、プランジャー 6 4 がテーブル表面 4 4 (図 4) の上方及び下方の両方に設けられ、この場合、両方の側方フランジ 6 8 a、6 8 b はプランジャー 6 4 の一方と係合し、このプランジャーに接して停止する。したがって、プランジャー 6 4 は、チャージ 6 2 上におけるクランプ 6 8 の位置、特にチャージ 6 2 上における側方フランジ 6 8 a、6 8 b の位置を決定する停止部として機能する。効果的には、クランプ 6 8 の顎 6 7 上の側方フランジ 6 8 a、6 8 b がプランジャー 6 4 に接することにより、プランジャー 6 4 の軸方向位置により決定されるブレード高「H」がクランプ 6 8 に伝達される。

10

【0047】

図 1 0 に示す別の実施形態では、ブレード高「H」は、図 1 2 に示されるチャージ 6 2 の両側に連続ブロック又はプレート 6 6 を配置することにより決定される。次いで、クランプ 6 8 (図 9 及び 1 2) がチャージ 6 2 に取り付けられ、プレート 6 6 に接することによりブレード高「H」が決定される。すなわち、ブレード高「H」は、間隔を空けて配置された個別の要素 (例えば、プランジャー 6 4) を使用することにより決定されても、又は連続する要素 (例えば、プレート 6 6) により決定されてもよい。

【0048】

任意の一実施形態では、図 1 1 に示すように、磁気移送バー 7 0 をクランプ 6 8 に取り付けることにより、運搬装置 6 5 (図 2) により図 1 1 ~ 2 0 に示される成形ツール 7 2 に移送される間、クランプされたチャージ 6 2 を保持し、安定化させる。成形ツール 7 2 まで移送される間に、クランプ 6 8、すなわちプリフォーム組立品 6 2 を安定化させる他の多様な手段を利用することができ、これら手段には、限定しないが、グリップ、プレート、ボールロックピン、ロッド、及び固定具が含まれる (全てが図示されてはいない)。

20

【0049】

次に図 1 3 及び 1 4 に示すように、一実施形態では、成形ツール 7 2 を利用して、上述のプリフォーム組立品 6 2 (図 1 2) の成形、注入処理、及び硬化を行うことができる。注入処理は、縦通材 3 0 の費用効率的な製造を達成するために、制御された大気圧樹脂注入プロセスを使用して実行される。このような適切な注入プロセスの一つが、2008 年 2 月 26 日発行の米国特許第 7 3 3 4 7 8 2 号に記載されており、ここで言及することによりこの特許文献の開示内容全体を本明細書に包含する。しかしながら、他の注入プロセスも使用可能である。

30

【0050】

成形ツール 7 2 は、大雑把には一対のマンドレル 8 0 a、8 0 b を含み、それらの少なくとも一方は、ツール基部 7 4 上に支持された低摩擦性スリッププレート 8 2 (図 1 4) の上をスライド可能である。ツール基部 7 4 の輪郭は、その長さに沿って、縦通材 3 0 の第 1 の輪郭 R 1 (図 1) とほぼ一致するように形成することができる。マンドレル 8 0 a、8 0 b は、長さに沿って縦通材の第 2 の輪郭 R 2 (図 1) とほぼ一致するような輪郭を有する対向し合うツール面 8 0 c を有している。一対の湾曲したブロック 7 6、7 8 が、縦通材 3 0 の第 1 の輪郭 R 1 (図 1) とほぼ一致する湾曲を有するツール基部 7 4 の両側にそれぞれ搭載されて、ツール基部 7 4 にシールされている。別の構成では、湾曲ブロック 7 6、7 8、及びツール基部 7 4 は、単一の材料ブロックから得られたポケットを接合、溶接、又は機械加工した一の連続片である。膨張式ブラダー 9 0 が湾曲ブロック 7 6 とマンドレル 8 0 a との間に挟まれている。

40

【0051】

マンドレル 8 0 a、8 0 b の各々は、一実施形態では単一片から構成されており、他の実施形態では、長さに沿って区分されている (図示しない)。マンドレル 8 0 a、8 0 b の対向し合うツール面 8 0 c は、互いに側方に間隔を空けて配置されていることにより、間にテーパの付いたスロット 8 4 を形成している。マンドレル 8 0 a、8 0 b の各々は、

50

更に、上部に概ね平坦なツール表面 8 6 を含んでいる。マンドレル 8 0 b には、縦方向に延びる樹脂注入口溝 9 2 が設けられている。この目的については後述する。ツール基部 7 4 は、外側のバッグの空気レギュレータ（図示しない）に連結される空気圧継手 9 4 を含むことができる。

【 0 0 5 2 】

特に図 1 3 に示すように、ツール 7 2 の端部 1 0 7 は、バルブ 9 7 を介して膨張式ブラダー 9 0 を真空 9 8、通気口 1 0 0、及び圧縮空気 1 0 2 に連結してブラダー 9 0 の膨張と収縮とを制御する内部空気通路 9 6 を含んでいる。後述する内側バッグ及び外側バッグのシールの位置が、それぞれ 1 0 4 及び 1 0 6 で示されている。

【 0 0 5 3 】

図 1 5 は、内側 I M L（内側モールド線）バッグ 1 0 8（本明細書では第 1 のバッグ 1 0 8 ともいう）が、内側バッグシール 1 0 4 によりツール 7 2 の上に配置されてツール 7 2 にシールされた後の成形ツール 7 2 を示している。内側の第 1 バッグ 1 0 8 はツール 7 2 より幅広なので、バッグ 1 0 8 の一部分 1 0 9 が成形ツール 7 2 の縁 1 1 1 を越えて垂れている。後述するように、内側バッグ部分 1 0 9 は、その後プリフォーム組立品 6 2（図 1 5 には示さない）の上に折り返されてツール 7 2 にシールされる。ツール 7 2 上に配置された後、内側バッグ 1 0 8 には管継手 9 4（図 2 2）を通して若干の真空が印加され、それによりバッグはツールブロック表面 8 6 に沿って引き寄せられて、マンドレル 8 0 a、8 0 b 間のスロット 8 4 の中に引き込まれる。後述の説明を明瞭にするために、図 1 4 ~ 1 9 には内側の第 1 バッグ 1 0 8 の全ての領域が示されているわけではない。

【 0 0 5 4 】

内側の第 1 真空バッグ 1 0 8 を取り付けた後、事前位置合わせしたプリフォーム組立品 6 2 は、運搬装置 6 5（図 2 参照）により組立てツール 3 8（図 2 ~ 1 2）から成形ツール 7 2 へ移送される。図 1 6 に示すように、ブラダー 9 0 を収縮させ、マンドレル 8 0 a、8 0 b を引き離して開放スロット 8 4 を形成することにより、クランプされたプリフォーム組立品 6 2 が、対向し合うマンドレル面 8 0 c 間のスロット 8 4 の中に挿入される。明瞭性のために、分離膜 5 6、6 0 は、後述の図 1 6 と 1 7 には示されていない。プリフォーム組立品 6 2 上におけるクランプ 6 8 の位置、特にフランジ 6 8 a、6 8 b の位置は、縦通材 3 0 のウェブ部分 3 2（図 1）に対応するウェブ部分 6 2 a と、縦通材 3 0 のフランジ部分 3 4 に対応するフランジ部分 6 2 b とを画定する。フランジ 6 8 a、6 8 b は、プリフォーム組立品 6 2 がスロット 8 4 の中に挿入されると上部マンドレル表面 8 6 と係合し、図 1 に示したウェブ高「H」を決定する。

【 0 0 5 5 】

図 1 7 は、組立てプロセスの次のステップを示している。このステップでは、ブラダー 9 0 を膨張させて、矢印 1 1 0 により示される方向に力を印加することにより、マンドレル 8 0 a をマンドレル 8 0 b に向かってスライドさせることにより、プリフォーム組立品 6 2 のウェブ部分 6 2 a を二つのマンドレル 8 0 a と 8 0 b との間にクランプする。一方で、プリフォーム組立品 6 2 のフランジ部分 6 2 b はクランプ 6 8 によって保持されたままである。図示の実施形態にはブラダー 9 0 が示されているが、組立品 6 2 をクランプするためにマンドレル 8 0 a、8 0 b を互いに向かって引き寄せるための他の手段も利用可能であり、このような手段には、限定されないが、モータ、ねじ、機械機構（いずれも図示しない）が含まれる。

【 0 0 5 6 】

図 1 8 に示すように、組立てプロセスの次のステップでは、組立品 6 2 のウェブ部分 6 2 a がマンドレル 8 0 a、8 0 b 間にクランプされた後で、アセンブリ 6 2 のフランジ部分 6 2 b を上部マンドレルの表面 8 6 の上方に露出したまま残してプリフォームアセンブリ 6 2 からクランプ 6 8 を取り除く。次いで、樹脂注入口となるらせん状ラップ 1 1 2 が溝 9 2 内に配置されて、適切な樹脂供給源（図示しない）と連結される。

【 0 0 5 7 】

図 1 9 に示すように、組立てプロセスの次のステップでは、プリフォーム組立品 6 2 の

10

20

30

40

50

フランジ部分 6 2 b を矢印 1 1 6 によって示される方向に、上部マンドレル表面 8 6 上へと折り畳む。このような折り畳み工程により、樹脂分配媒体 5 4 も折り畳まれて樹脂注入口となるらせん状ラップ 1 1 2 と接触し、次の注入工程では、らせん状ラップ 1 1 2 を介して導入される樹脂が樹脂分配媒体 5 4 内へ流入する。このような折り畳み工程の間に、繊維プリフォーム 5 8 のあらゆる繊維角度の歪みは、フランジ部分 6 2 b がフランジ 1 1 4 に合わせて成形されている間、ウェブ部分 6 2 a が前もってクランプされた所定の位置に保持されていることにより、最小化されるか、又はほぼ排除される。

【 0 0 5 8 】

プリフォーム組立品 6 2 をクランプすることは、プリフォーム 5 8 のウェブ部分 6 2 a を縮小する助けにもなる。上部マンドレル表面 8 6 上にフランジ 1 1 4 を折り畳むことにより、フランジ 1 1 4 とウェブ部分 6 2 a の交差部分にラジアスギャップ 1 1 8 が形成される。この事象においては、図 2 0 に示すように、適切なラジアスギャップフィラー 1 2 0 をギャップ 1 1 8 の中に挿入することができる。「L」字形部品の場合、非スティック状の再利用可能なラジアスフィラーを使用できる。

10

【 0 0 5 9 】

次に図 2 1 を参照する。図 2 1 は、フランジ 3 4 (図 1) を覆ってフランジ 3 4 を補強するために使用されるキャップ 1 2 4 を縦通材 3 0 (図 1) が含む用途での、その後の任意の組立て工程における成形ツール 7 2 を示している。この段階では、フランジ 1 1 4 の上に、繊維キャッププリフォーム 1 2 4、透明な分離膜 (図示しない)、透明な当て板 1 2 6、及び樹脂分配媒体 1 2 8 が順に積層されている。樹脂排出管 1 2 2 が、フランジ 1 1 4 の縁に沿って、プリフォーム組立品 6 2 のウェブ部分 6 2 a の端部に配置されている。ウェブ部分 6 2 a に二つの端部排出管 (図示しない) を配置する代わりに、プリフォームチャージの挿入に先立って、内側バッグの中に連続する樹脂排出管 (図示しない) を配置してもよい。排出管 1 2 2 により、空気及び気体だけでなく、注入処理済みのプリフォーム 5 8 から漏出する過剰な樹脂を完全に排出することができるので、硬化中にプリフォーム 5 8 にほぼ均一な圧力が印加される。

20

【 0 0 6 0 】

次に図 2 2 を参照する。図 2 2 は、組立てプロセスの更なる段階にある成形ツール 7 2 を示している。バッグ部分 1 0 9 はツールの上に折り返されて、シール 1 0 4 によってシールされている。ここで、外側の第 2 真空バッグ 1 3 0 をツール 7 2 の上に配置して、内側バッグとプリフォーム組立品 6 2 とを覆う。次いで、外側の第 2 真空バッグ 1 3 0 は、外側バッグシール 1 0 6 により、湾曲ブロック 7 6、7 8 の上側表面 8 6 を含む成形ツール 7 2 にシールされる。次いで、外側バッグ 1 3 0 に印加される真空を調整する適切な外側バグレギュレータ (図示しない) に管継手 9 4 が連結される。次いで、内側バッグ 1 0 8 と外側のバッグ 1 3 0 から、ほぼ同時に排気する。例示的な一実施形態では、内側バッグ 1 0 8 には、外側バッグ 1 3 0 よりやや高い真空度を適用する。例えば、限定しないが、一の用途では、内側バッグ 1 0 8 は約 3 0 H g に真空引きされ、外側バッグ 1 3 0 は約 2 5 H g に真空引きされる。

30

【 0 0 6 1 】

成形及び圧密化後、プリフォーム組立品 6 2 に印加される圧力を必要に応じて調節する。一実施例では、ウェブ部分 6 2 a (図 2 2) に印加される硬化圧は、ブラダー 9 0 によってマンドレル 8 0 a に印加される圧力によって決定される。フランジ 1 1 4 に印加される硬化圧は内側バッグ 1 0 8 の真空レベルによって決定され、マンドレル表面 8 6 上にフランジ 1 1 4 を保持する圧力は外側バッグ 1 3 0 の真空レベルによって決定される。硬化後、外側のバッグ 1 3 0 を取り外し、その後ブラダー 9 0 を収縮させる。ブラダー 9 0 の収縮によりマンドレル 8 0 a、8 0 b が互いに離れて、内側のバッグ 1 0 8、並びに、硬化した縦通材 3 0 となった樹脂注入プリフォーム 5 8 と、成形ツール 7 2 から除去されるべき全ての関連する使い捨て材料とを含むその内容物のクランプが解除される。

40

【 0 0 6 2 】

次に図 2 3 を参照する。図 2 3 は、上述に開示された実施形態による、輪郭に合致した

50

複合部品の作製方法を示している。この方法は、１３４において、繊維プリフォーム組立品６２を含むチャージを積み上げて位置合わせすることから開始され、次いで、１３６において、事前位置合わせされたプリフォーム組立品６２を成形ツール１７２内に配置する。次に、１３８においてプリフォーム組立品６２に樹脂を注入した後、１４０において樹脂注入プリフォーム組立体６２を硬化させる。

【００６３】

図２４は、開示された実施形態による複合構造部材の作製方法の別の実施形態を示している。この方法は、１４２において、樹脂分配媒体プライ５４を組立てツール３８上に配置することから開始され、その後１４４において第１の透明な分離膜プライ５６を樹脂分配媒体５４の上に配置する。１４６において、適切な編み込み繊維プリフォーム５８を第１の分離膜プライ５６の上に配置した後、１４８に示すように、第２の透明な分離膜プライ６０をプリフォーム５８の上に配置する。１５０では、一又は複数のブレード高スペーサ６４又は６６をチャージの上に配置し、１５２では、プライの位置合わせを維持するようにスタック状の組立て品６２をまとめてクランプする。次に、１５６において、事前位置合わせされたプリフォーム組立品６２を成形ツール７２に移送し、成形ツール７２において樹脂を注入して硬化させる。

【００６４】

図２５は、ウェブ３２と、少なくとも一のフランジ３４とを有する、輪郭に合致した複合構造部材３０の作製方法の更なる詳細を示している。この方法は、１５８において、内側真空バッグ１０８を成形ツール７２上に取り付けることから開始され、その後、１６０において、内側バッグ１０８を真空引きして成形ツール７２の上に引き寄せる。１６１では、排出口となるらせん状ラップ１２２を真空バッグの溝の底部に配置する。次に、１６２において、クランプされたプリフォーム組立体又はチャージ６２を成形ツール７２上にロードし、１６４においてブラダー９０を膨張させることにより、プリフォーム組立体６２をクランプして圧縮する。１６６で組立品６２のクランプを解除し、１７０でツール７２内の樹脂注入口溝９２内に入口となるらせん状ラップ１１２を取り付ける。

【００６５】

次に、１７２において、プリフォーム組立品６２のフランジ１１４を所定の位置に折り畳み、その後１７４において、任意で、フランジ１１４間に存在しうるギャップ１１８の中にラジアスフィラー１２０を導入する。１７６では、プリフォームフランジ１１４の上にキャップチャージ１２４を加える。１７８ではキャップチャージ１２４の上に透明な分離膜１２４を加え、１８０では透明な分離膜の上に透明な当て板１２６を加える。１８２では当て板１２６の上に樹脂分配媒体１２８を加え、１８４では、チャージ６２のウェブ部分６２ａとフランジ１１４の各端部に樹脂排出管１２２を配置する。１８６では内側バッグ１０８をシールする。１８８では、外側バッグ１３０を、プリフォームチャージ組立体６２の上に取り付け、組立てツール７２にシールする。１９０では、内側バッグ及び外側バッグからほぼ同時に排気し、次いで１９２でプリフォームチャージ組立品６２に樹脂を注入する。次に、注入処理済のチャージ６２を、１９４において硬化させ、１９６において成形ツール７２から取り外し、必要に応じてトリミングし、所望の長さに切断する。

【００６６】

組立て及び硬化の両段階においてツール７２は内側バッグ１０８によって覆われているので、ツール７２には樹脂又はその他の残渣が殆ど残らず、次の部品の処理を準備する際に必要なクリーンアップは最小又はゼロである。内側バッグ１０８は部品及び関連する使い捨て材料を完全に包み込むので、トリミングのために非クリーンルーム型領域へ移送することが簡略化される。

【００６７】

次に図２６及び２７を参照する。本発明の実施形態は、図２６に示す航空機の製造及び保守方法２００、及び図２７に示す航空機２０２に関して使用することが可能である。製造前の段階では、例示的な方法２００は、航空機２０２の仕様及び設計２０４と、材料調達９８とを含みうる。製造段階では、航空機２０２のコンポーネント及びサブアセンブリ

10

20

30

40

50

の製造 2 0 8 と、システムインテグレーション 2 1 0 とが行われる。ステップ 2 0 8 の間に、開示される方法及び装置を使用して、スチフナーのような複合部品を製造し、次のステップ 2 1 0 において組立てることができる。その後、航空機 2 0 2 は認可及び納品 2 1 2 を経て運航 2 1 4 される。顧客により運航される間に、航空機 2 0 2 は定期的な整備及び保守 2 1 6 (改造、再構成、改修なども含みうる)を受ける。

【 0 0 6 8 】

方法 2 0 0 の各プロセスは、システムインテグレーター、第三者、及び/又はオペレーター (例えば顧客) によって実施又は実行されうる。本明細書の目的のために、システムインテグレーターは、限定しないが、任意の数の航空機製造者、及び主要システムの下請業者を含むことができ、第三者は、限定しないが、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含むことができ、オペレーターは、航空会社、リース会社、軍事団体、サービス機関などでありうる。

10

【 0 0 6 9 】

図 2 7 に示されるように、例示的方法 2 0 0 によって製造された航空機 2 0 2 は、複数のシステム 2 2 0 及び内装 2 2 2 を有する機体 2 1 8 を含むことができる。開示される方法及び装置を使用して、機体 2 1 8 の一部を形成する縦通材のようなスチフナーを製造することができる。高レベルのシステム 2 2 0 の例には、推進システム 2 2 4、電気システム 2 2 6、油圧システム 2 2 8、及び環境システム 2 3 0 のうちの一又は複数が含まれる。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。航空宇宙産業の例を示したが、本発明の原理は、自動車産業のような他の産業にも適用可能である。

20

【 0 0 7 0 】

本明細書に具現化された装置は、製造及び保守方法 2 0 0 の一又は複数の任意の段階で採用することができる。例えば、製造プロセス 2 0 8 に対応するコンポーネント又はサブアセンブリは、航空機 2 0 2 の運航中に製造されるコンポーネント又はサブアセンブリと同様の方法で作製又は製造することができる。また、一又は複数の装置の実施形態は、例えば、航空機 2 0 2 の組立てを実質的に効率化するか、又は航空機 2 0 2 のコストを削減することにより、製造段階 2 0 8 及び 2 1 0 の間に利用することができる。同様に、一又は複数の装置の実施形態を、航空機 2 0 2 の運航中に、例えば限定しないが整備及び保守 2 1 6 に利用することができる。

【 0 0 7 1 】

30

本発明の実施形態を、特定の例示的な実施形態に関連させて説明したが、これらの特定の実施形態は説明を目的としているのであって、限定を目的としているのではなく、当業者であれば他の変形例が想起可能であろう。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

(態様 1)

輪郭に合致した複合部品の作製方法であって、
複数のプライを事前選択した輪郭に沿って位置合わせすることを含む、チャージを組立てるステップと、
位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送するステップと、
成形ツール上でチャージを成形するステップと、
成形したチャージを硬化させるステップと
を含む方法。

40

(態様 2)

チャージを組立てるステップが、少なくとも一の繊維プリフォームを組立てツール上に配置することを含み、且つ
プライを位置合わせすることが、組立てツールを使用して、事前選択した輪郭に沿って繊維プリフォームを位置合わせすることを含む、
態様 1 に記載の方法。

(態様 3)

位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送した後で、繊維プリフォームに樹

50

脂を注入するステップ

を更に含む、態様 2 に記載の方法。

(態様 4)

位置合わせして組立てたチャージを成形ツールに移送する前に、成形ツールの上に第 1 の真空バッグを配置するステップと、

繊維プリフォームの上に第 2 の真空バッグを配置するステップと、

第 1 の真空バッグの中に導入された樹脂を繊維プリフォームに注入するステップと
を更に含む、態様 1 に記載の方法。

(態様 5)

チャージを組立てた後で、プライをまとめてクランプすることによりプライの位置合わせを維持するステップ

を更に含む、態様 1 に記載の方法。

(態様 6)

成形ツール内で、位置合わせして組立てたチャージの第 1 の部分をクランプするステップを

更に含む、

チャージを成形するステップが、チャージの第 1 の部分をクランプしながら成形ツール上に第 2 の部分を成形することを含む、

態様 1 に記載の方法。

(態様 7)

少なくとも一の輪郭を有する複合構造部材を作製するための装置であって、

チャージを形成する複数のプライを組立てるための組立てツールと、

チャージを形成するための成形ツールであって、組立てたチャージを間にクランプできる互いに対して可動な一对のマンドレルを含む成形ツールと
を備える装置。

(態様 8)

組立てツールが、

輪郭に沿ってプライを位置合わせするための、輪郭に合致した位置合わせガイドと、

位置合わせしたプライをまとめてクランプするためのクランプ機構と

を含む、態様 7 に記載の装置。

(態様 9)

成形ツールが、真空、圧縮空気、及び樹脂供給管を受ける貫通孔を有するほぼ真空気密な基部を含んでおり、

マンドレルが基部上で互いに対して双方向に可動であり、且つ

マンドレルが、クランプされたチャージの少なくとも一部をその上で成形できるツール表面を含んでいる、

態様 7 に記載の装置。

(態様 10)

成形ツールが、マンドレルの一方にクランプ圧を印加するための膨張式ブラダーを含んでいる、態様 7 に記載の装置。

(態様 11)

成形されたチャージを覆う第 1 の真空バッグと、

成形ツール上にクランプされた成形済みチャージを覆い、チャージの少なくとも一部をツールに対して保持する第 2 の真空バッグと、

第 1 のバッグの中に樹脂を導入し、チャージを注入するための樹脂供給管と
を更に備えている、態様 7 に記載の装置。

(態様 12)

マンドレルの各々が、チャージに輪郭を成形するための、輪郭に合致したクランプ表面を含んでいる、態様 7 に記載の装置。

【符号の説明】

10

20

30

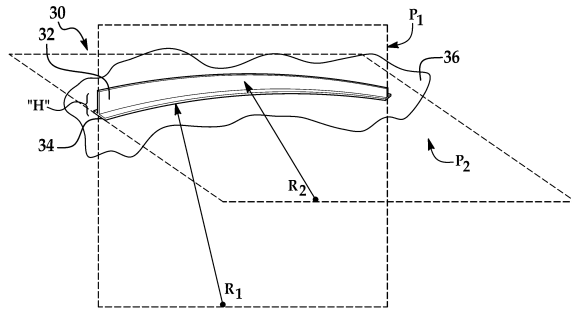
40

50

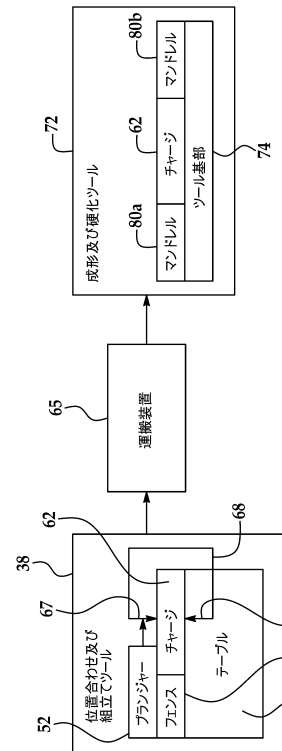
【 0 0 7 2 】

3 0	縦通材	
3 2	縦通材のウェブ部分	
3 4	縦通材のフランジ部分	
3 6	外板	
3 8	位置合わせ及び組立てツール	
4 0	テーブル	
4 2	スロット	
4 4	チャージ支持表面	
4 8	位置合わせフェンス	10
5 0	複動シリンダ	
5 2	ブランジャー	
5 4、5 6、5 8、6 0	チャージのコンポーネント	
6 2	チャージ	
6 2 a	チャージのウェブ部分	
6 2 b	チャージのフランジ部分	
6 4	ブランジャー	
6 5	運搬装置	
6 6	プレート	
6 7	クランプ	20
6 8	クランプの顎	
7 0	磁気移送バー	
7 2	成形及び硬化ツール	
7 4	ツール基部	
7 6、7 8	湾曲ブロック	
8 0 a、8 0 b	マンドレル	
8 0 c	対向し合うツール面	
8 4	マンドレル間のスロット	
8 6	マンドレル表面	
9 0	膨張式ブラダー	30
9 2	樹脂注入口溝	
9 4	空気圧継手	
9 6	空気通路	
9 7	バルブ	
9 8	真空	
1 0 0	通気口	
1 0 2	圧縮空気	
1 0 4	内側バッグシール	
1 0 6	外側バッグシール	
1 0 8	内側バッグ	40
1 1 2	樹脂注入口となるらせん状ラップ	
1 1 4	フランジ	
1 1 8	ギャップ	
1 2 0	ラジアスギャップフィラー	
1 2 2	樹脂排出管	
1 2 4	キャップ	
1 2 6	当て板	
1 2 8	樹脂分配媒体	
1 3 0	外側バッグ	

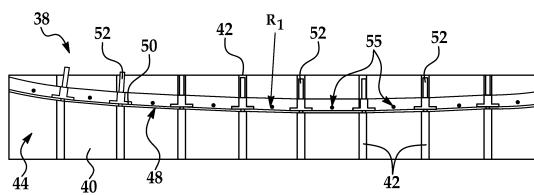
【図 1】



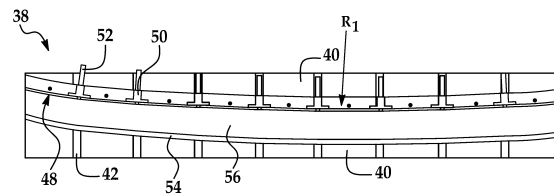
【図 2】



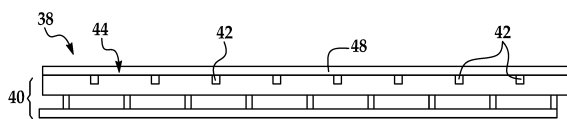
【図 3】



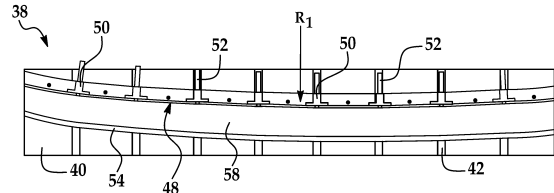
【図 6】



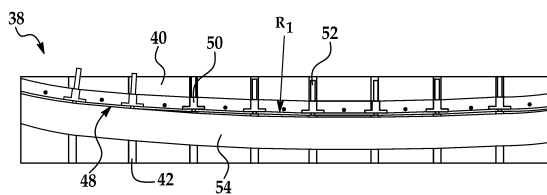
【図 4】



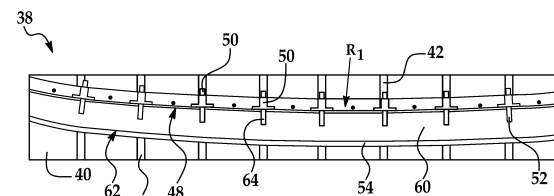
【図 7】



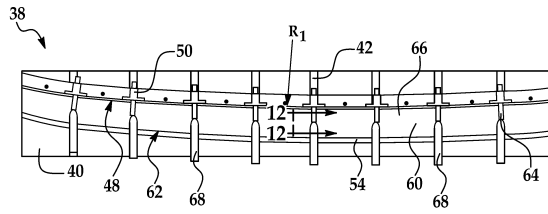
【図 5】



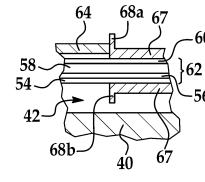
【図 8】



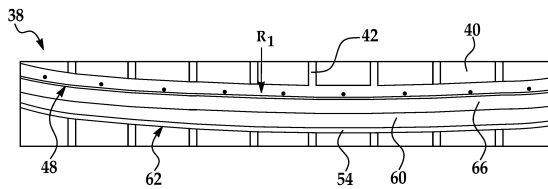
【図 9】



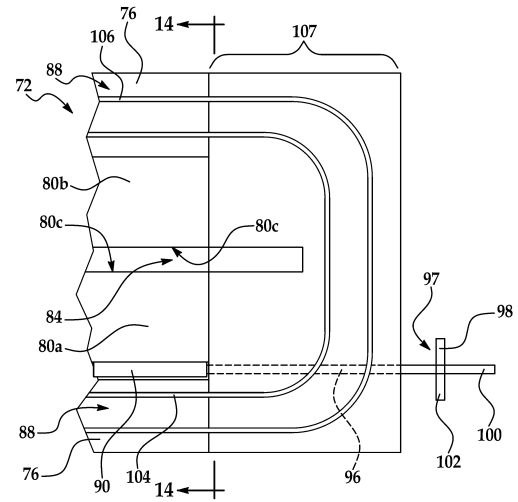
【図 12】



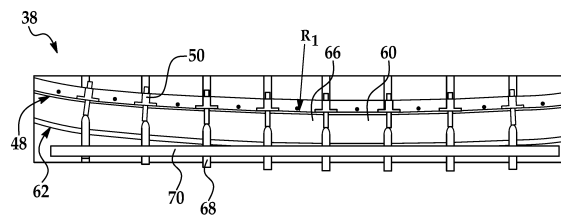
【図 10】



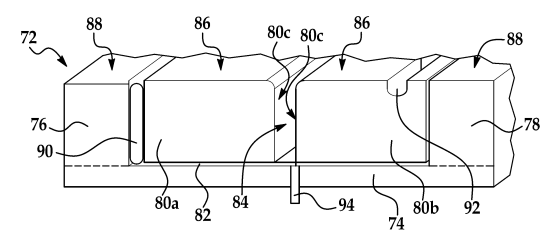
【図 13】



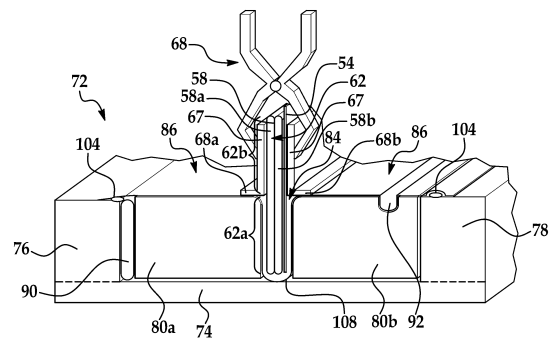
【図 11】



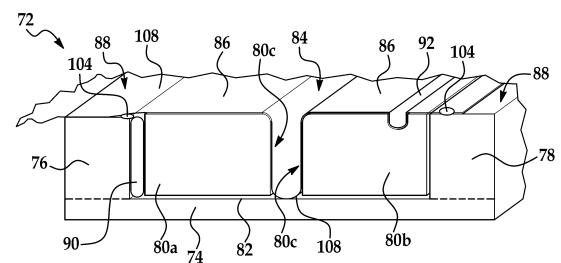
【図 14】



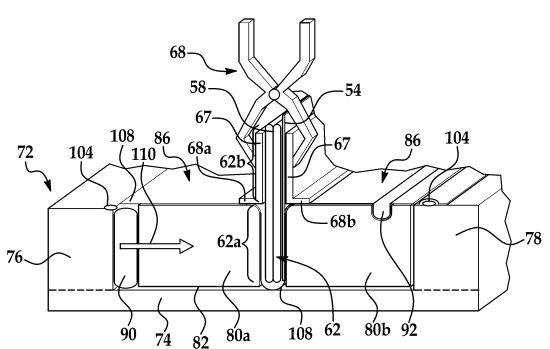
【図 16】



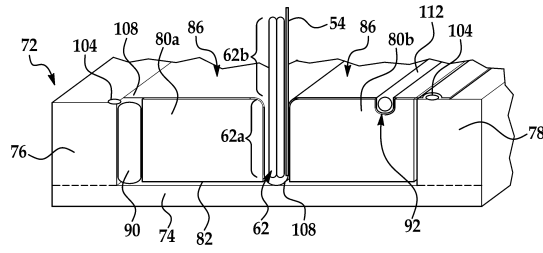
【図 15】



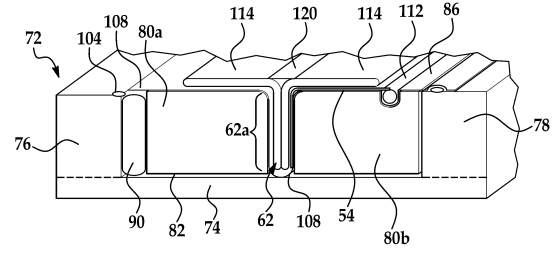
【図 17】



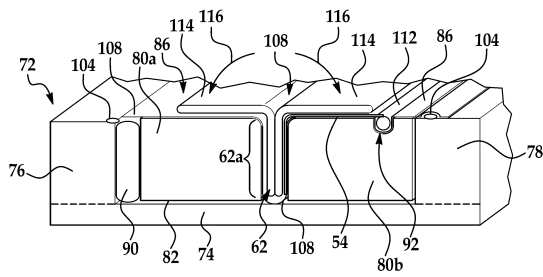
【図18】



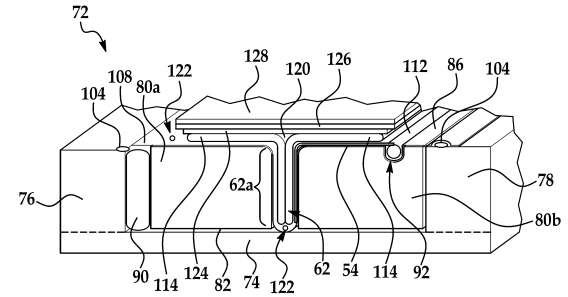
【図20】



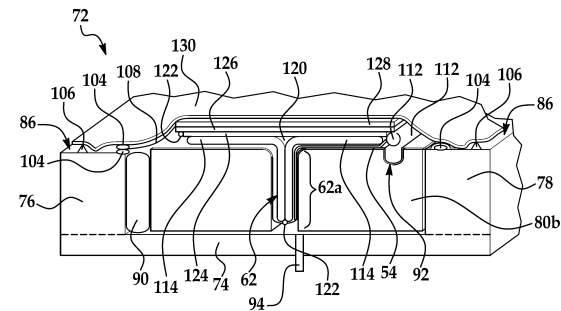
【図19】



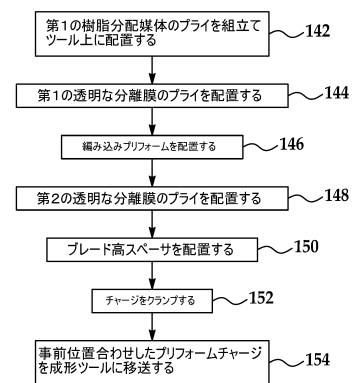
【図21】



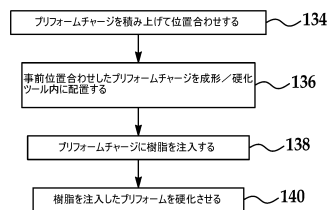
【図22】



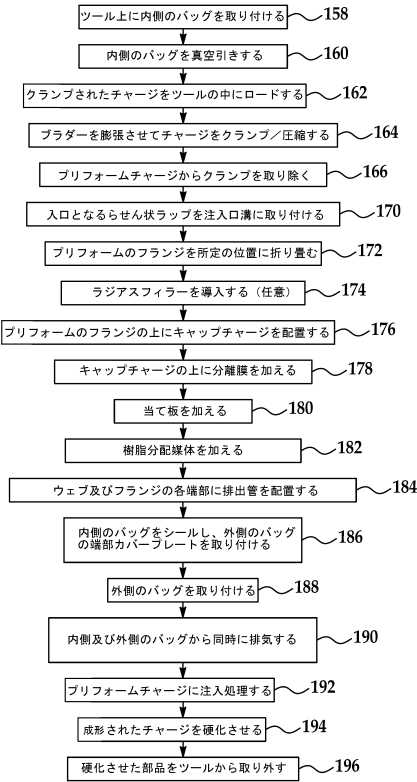
【図24】



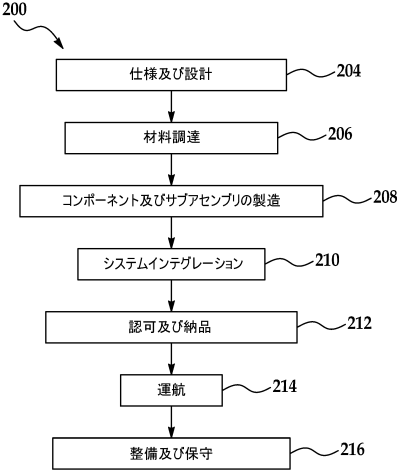
【図23】



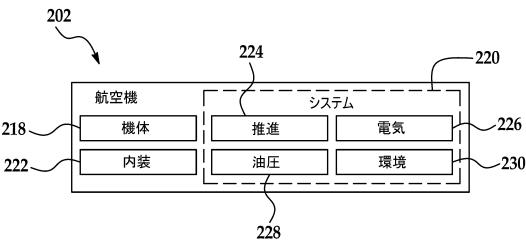
【図 25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

審査官 今井 拓也

(56)参考文献 特表2011-507738(JP,A)
特開2004-130723(JP,A)
特開2005-047131(JP,A)
特開2002-172630(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0259508(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 43/00-43/58
B29C 39/00-39/44
B29C 70/00-70/88