

(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 1
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)	(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
(22) 出願日	平成24年3月30日(2012.3.30)	(74) 代理人	100109726 弁理士 園田 吉隆
(65) 公開番号	特開2012-218441 (P2012-218441A)	(74) 代理人	100101199 弁理士 小林 義教
(43) 公開日	平成24年11月12日(2012.11.12)	(72) 発明者	モディン, アンドリュー 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
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)		

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、纖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、纖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(130)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纖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】

チャージ(62)を組立てるステップが、少なくとも一の纖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纖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、纖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
更に含み、

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可動な一対のマンドレル(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(72)が、マンドレル(80a、80b)の一方にクランプ圧を印加するための膨張式ブラダー(90)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10】

マンドレル(80a、80b)の各々が、チャージ(62)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】

【0001】

10

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】

【0002】

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。

【0003】

20

上述の種類の複合的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ブ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しうる。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うる。

【0004】

輪郭に合致した縦通材を製造するために、乾燥纖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、ステイッキング及び/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纖維プリフォーム中の纖維の角度を制御することは困難である。纖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。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

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。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、連続纖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

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。ステイツチング、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。プリフォーム纖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纖維の角度及び／又は厚みに対する制御が向上する。2軸及び3軸の編組を含む纖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。輪郭に合致した纖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一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ブ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ブ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纖維プリフォームを配置することを含むことができ、ブ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纖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纖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纖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、纖維プリフォームに、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、ブライをまとめてクランプすることによりチャージ内でブ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ブ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、少なくとも一の纖維補強を有する多ブ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ブライを互いにに対して位置合わせすることと、位置合わせされたブ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、マンドレルの一方でクランプ圧を印加するための膨張式プ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。

【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。

【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。

【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纖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纖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、纖維プリフォームに樹脂を注入するステップを含む。

【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、纖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、纖維プリフォームに、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、

10

20

30

40

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。

【0017】

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。

【0018】

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。

【0019】

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。

【0020】

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。

【0021】

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。

【0022】

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対のマンドレル間に配置することと、プ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。

【0023】

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。

【0024】

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

10

20

30

40

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。

【0025】

この方法によって、複合構造部材が作製される。

【0026】

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。

【0027】

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。

【0028】

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。

【0029】

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
プラダーを含んでいる。

【0030】

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。

【0031】

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。

【0032】

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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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、

10

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纖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、

20

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、プラダーを膨張させること、及びプ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、

30

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纖維プリフォームに樹脂を注入するステップと、

成形ツールにおいて、樹脂を注入した纖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。

【0036】

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、

40

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

50

部プレートと、間隔を空けて配置された湾曲プ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對して双方向にスライド可能な一対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対のマンドレル
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プロック図である。

【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。

20

【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、ブレード高スペーサ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。

30

【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サ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。

40

【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

50

された様子を示している。

【図21】図20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22】図21と同様の断面図であり、外側のバッゲが取り付けられて、シールされ、真空引きされている様子を示している。

【図23】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24】図23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25】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26】航空機の製造及び保守方法を示すフロー図である。

【図27】航空機のプロック図である。

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30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30の輪郭は、それぞれ直交する面P1、P2に含まれる半径R1、R2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30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30は、その長さに沿って单一の輪郭のみを有する。図1に示される実施形態では、R1及びR2は平面内にほぼ一定の弧を形成しているが、R1、及び/又はR2は、縦通材30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30は、「ブレード縦通材」と呼ばれることがある、ウェブ部分32と、何らかの適切な手段によって輪郭に合致した外板36と接合可能なフランジ部分34とを含んでいる。ウェブ部分32は、「ブレード」と呼ばれることがある、高さ「H」を有している。この例示的実施形態にはブレード縦通材30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、少數の例を挙げると「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30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38(以降、簡略に組立てツール38という)と、成形及び硬化ツール72(以降、簡略に成形ツール72という)とを備えている。組立てツール38は、チャージ62を支持するテーブル40と、このテーブル40上において、チャージ62のコンポーネント54、56、58、60(図12参照)を位置合わせするために使用される湾曲したフェンス48とを含んでいる。位置合わせ後、チャージ62のコンポーネント54、56、58、60(図12参照)は、複数のクランプ68の頸67の間に保持される。チャージ62上におけるクランプ68の位置は、図1に示される縦通材30のブレード高「H」を画定するもので、クランプ68の頸67の少なくとも一つに係合するプランジャー52の延長量によって決まっている。

30

【0040】

クランプ68によってクランプされたチャージ62は、ロボット(図示しない)のような適切な運搬装置65を使用して成形ツール72へと運搬される。成形ツール72は、大雑把には、ツール基部74の上をスライド可能な一対のマンドレル80a、80bを備えている。チャージ62は、成形プロセスの間にマンドレル80a、80b上で成形される間、これらマンドレル80a、80bの間に保持される(後述で更に詳細に説明する)。

40

【0041】

図3~12は、組立てツール38と、チャージ62のコンポーネント54、56、58、60(図12)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38は、ほぼ平坦なチャージ支持表面

50

4 4 を有する真空テーブル 4 0 を備え、この支持表面 4 4 を横断してほぼ平行な複数のスロット 4 2 が延びている。テーブル 4 0 には複数の複動シリンダ 5 0 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 4 4 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 5 2 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 5 2 は、テーブル表面 4 4 の上方及び下方の両方に設けてよい。シリンダ 5 0 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 R 1 にほぼ対応する変動半径 R 1 を有する位置合わせフェンス 4 8 は、ファスナ 5 5 によりテーブル表面 4 4 に固定されている。他の実施形態では、フェンス 4 8 の輪郭 R 1 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 3 8 は、チャージ 6 2 (図2、本明細書においては纖維プリフォーム組立品とも呼ぶ)のコンポーネント 5 4、5 6、5 8、6 0 (図12)が互いに対し位置合わせされるように、且つ位置合わせフェンス 4 8 の輪郭 R 1 に沿って位置合わせされるように、チャージ 6 2 のコンポーネント 5 4、5 6、5 8、6 0 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纖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 6 2 は乾燥した纖維プリフォーム 5 8 (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 6 2 (図2)は、まず樹脂分配媒体 5 4 をテーブル表面 4 4 上に配置することにより、輪郭に合致したフェンス 4 8 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 4 8 の輪郭に沿って位置合わせされた状態で、分配媒体 5 4 の上に透明な分離膜 5 6 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纖維プリフォーム 5 8 a、5 8 b (図16参照)が、やはり輪郭に合致したフェンス 4 8 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 5 6 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 6 0 の第2のプライが纖維プリフォーム 5 8 の上に配置され、フェンス 4 8 に沿って位置合わせされることにより、透明な分離膜 5 6、6 0 の二つのプライ、樹脂分配媒体 5 4、及び編み込み纖維プリフォーム 5 8 を備えた完全なチャージ又はプリフォーム組立品 6 2 (図12参照)が形成される。編み込み纖維プリフォーム 5 8 の使用により、縦通材 3 0 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ドプリフォームの自動製造が可能になる。編み込み纖維プリフォーム 5 8 は、縦通材 3 0 (図1)に強度を付加するために、捲縮纖維から構成されても又は非捲縮纖維から構成されてもよく、また三以上の纖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、纖維プリフォームは、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 4 8 に沿って事前位置合わせされたチャージ 6 2 と、プランジャー 6 4 (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 6 8 (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 4 0 のスロット 4 2 内に配置されて、プランジャー 6 4 に接するまでスロット 4 2 に沿って案内される。

40

【0046】

クランプ 6 8 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 6 8 a、6 8 b を備えて対向する一対の顎 6 7 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 6 8 の顎 6 7 の一方は、チャージ 6 2 の下のスロット 4 2 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 12 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 ~ 12 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。

【0047】

図 10 に示す別の実施形態では、ブレード高「H」は、図 12 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 12) 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 11 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 11 ~ 20 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)。

【0049】

次に図 13 及び 14 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 12) 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7334782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。

【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 14) 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。

【0051】

マンドレル 8 0 a、8 0 b の各々は、一実施形態では單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、

10

20

30

40

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、縦方向に伸びる樹脂注入口溝 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。

【0052】

特に図 13 に示すように、ツール 7 2 の端部 107 は、バルブ 9 7 を介して膨張式ブレーダー 9 0 を真空 9 8 、通気口 100 、及び圧縮空気 102 に連結してブレーダー 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 104 及び 106 で示されている。

【0053】

図 15 は、内側 IML (内側モールド線) バッグ 108 (本明細書では第 1 のバッグ 108 ともいう) が、内側バッグシール 104 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 108 はツール 7 2 より幅広なので、バッグ 108 の一部分 109 が成形ツール 7 2 の縁 111 を越えて垂れている。後述するように、内側バッグ部分 109 は、その後プリフォーム組立品 6 2 (図 15 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 108 には管継手 9 4 (図 22) 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 14 ~ 19 には内側の第 1 バッグ 108 の全ての領域が示されているわけではない。

【0054】

内側の第 1 真空バッグ 108 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 ~ 12) から成形ツール 7 2 へ移送される。図 16 に示すように、ブレーダー 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 16 と 17 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。

【0055】

図 17 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、ブレーダー 9 0 を膨張させて、矢印 110 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レーダー 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。

【0056】

図 18 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 112 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。

【0057】

図 19 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、纖維プリフォーム 5 8 のあらゆる纖維角度の歪みは、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、非ステイック状の再利用可能なラジアスフィラーを使用できる。

【 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、纖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。

【 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、湾曲プロック 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ッグレギュレータ (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 Hg に真空引きされ、外側バッグ 1 3 0 は約 2 5 Hg に真空引きされる。

【 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。

【 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

10

20

30

40

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。

10

【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で組立て品62のクランプを解除し、170でツール72内の樹脂注入溝92に入口となるらせん状ラップ112を取り付ける。

20

【0065】

次に、172において、プリフォーム組立て品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て品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て品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。

30

【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。

40

【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

50

の製造 208 と、システムインテグレーション 210 とが行われる。ステップ 208 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 210 において組立てることができる。その後、航空機 202 は認可及び納品 212 を経て運航 214 される。顧客により運航される間に、航空機 202 は定期的な整備及び保守 216（改造、再構成、改修なども含みうる）を受ける。

【0068】

方法 200 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。

【0069】

図 27 に示されるように、例示的方法 200 によって製造された航空機 202 は、複数のシステム 220 及び内装 222 を有する機体 218 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 218 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 220 の例には、推進システム 224、電気システム 226、油圧システム 228、及び環境システム 230 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。

【0070】

本明細書に具現化された装置は、製造及び保守方法 200 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 208 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 202 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 202 の組立てを実質的に効率化するか、又は航空機 202 のコストを削減することにより、製造段階 208 及び 210 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 202 の運航中に、例えば限定しないが整備及び保守 216 に利用することができる。

【0071】

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。

（態様 2）

チャージを組立ててるステップが、少なくとも一の纖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纖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、纖維プリフォームに樹

10

20

30

40

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、纖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纖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み、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、チャージを成形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対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

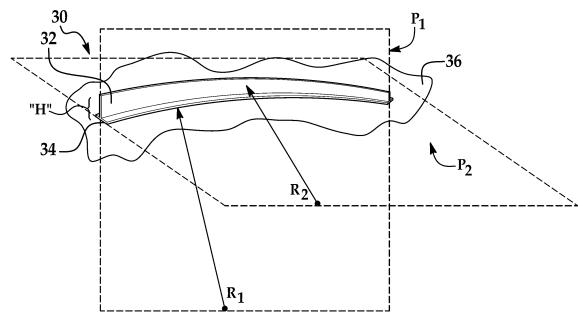
40

50

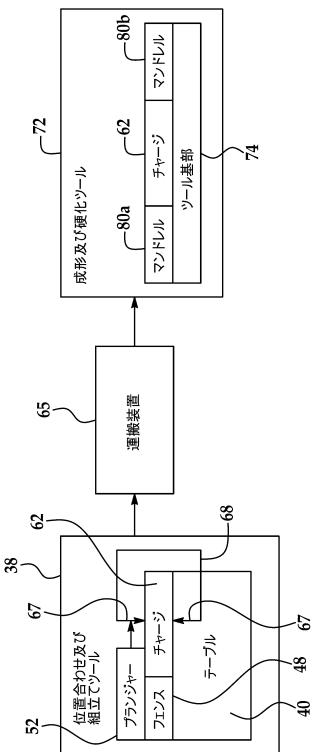
【0072】

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	プランジャー	
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	プランジャー	
6 5	運搬装置	
6 6	プレート	
6 7	クランプ	20
6 8	クランプの頸	
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	膨張式プラダー	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	

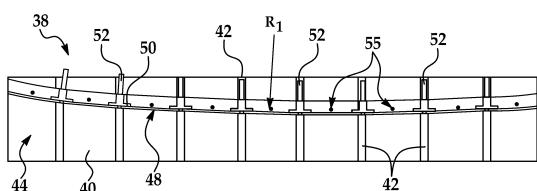
【図1】



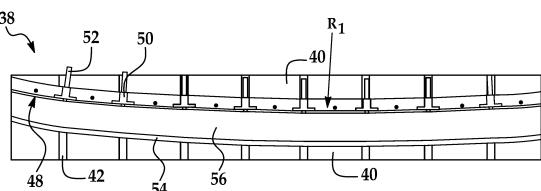
【図2】



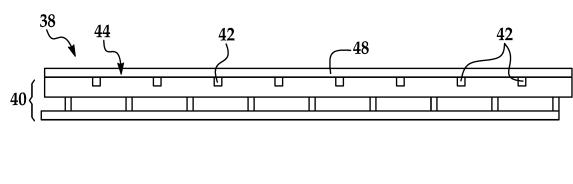
【図3】



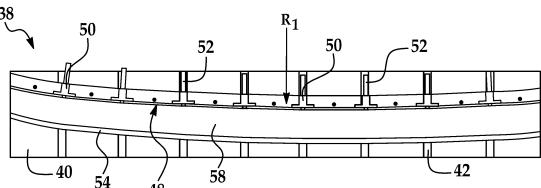
【図6】



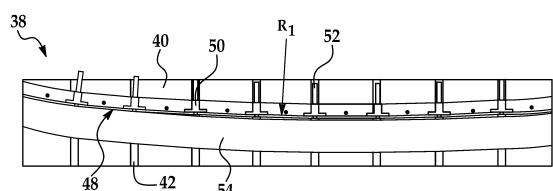
【図4】



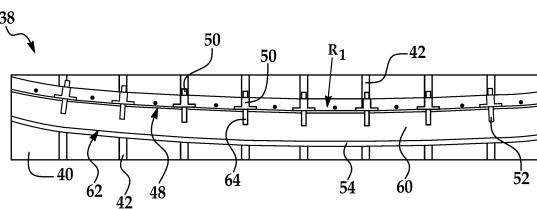
【図7】



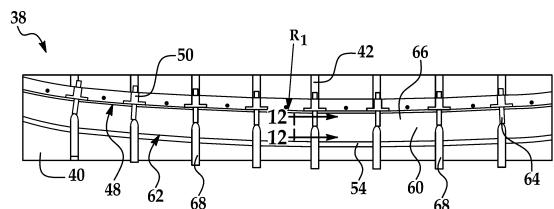
【図5】



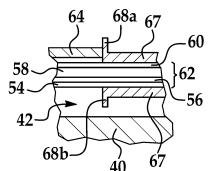
【図8】



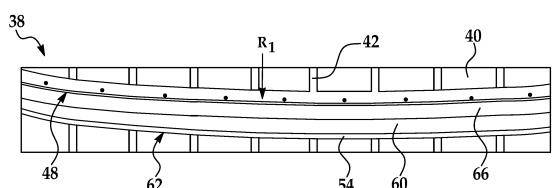
【図9】



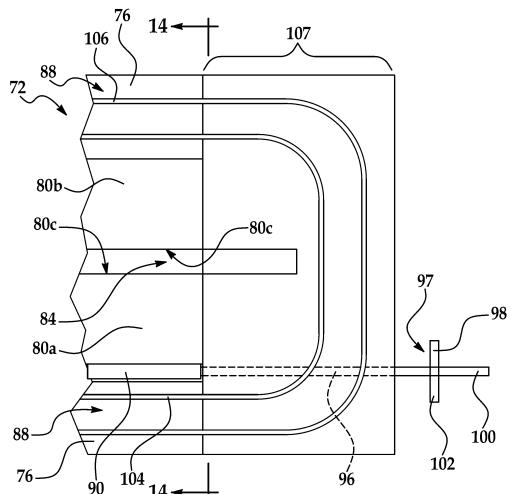
【図12】



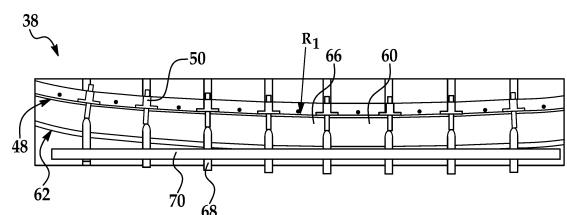
【図10】



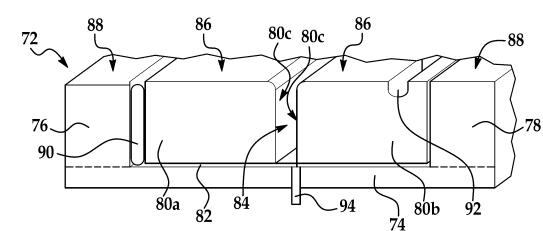
【図13】



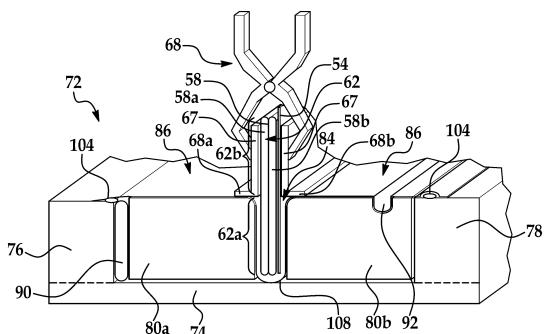
【図11】



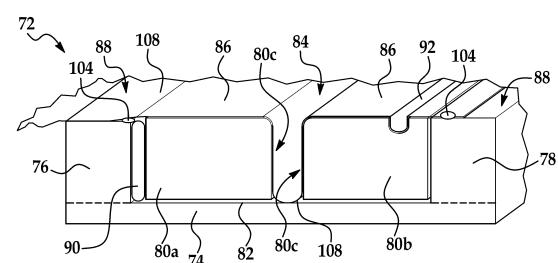
【図14】



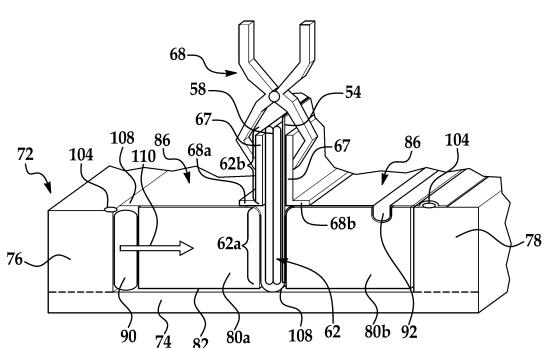
【図16】



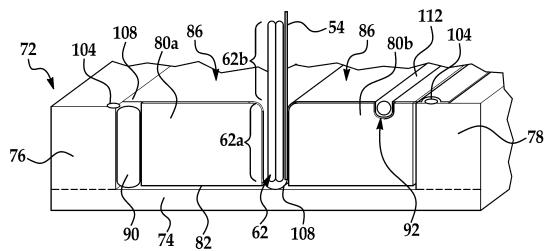
【図15】



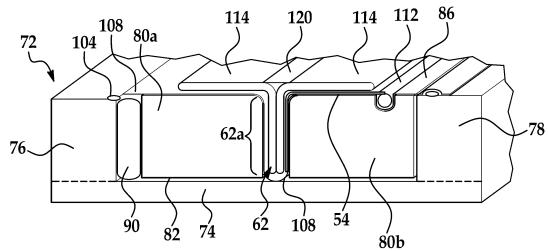
【図17】



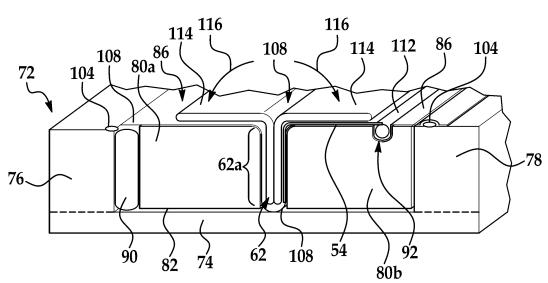
【図18】



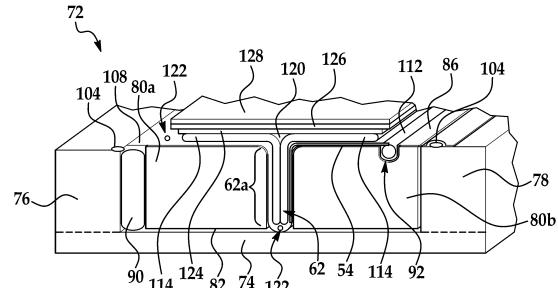
【図20】



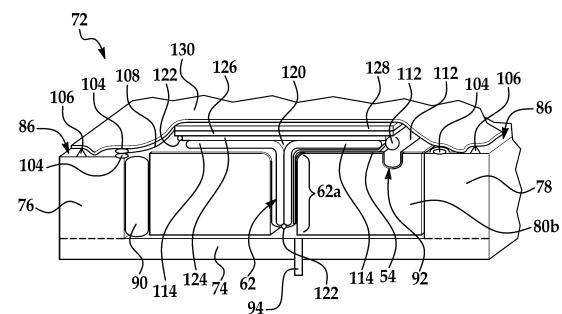
【図19】



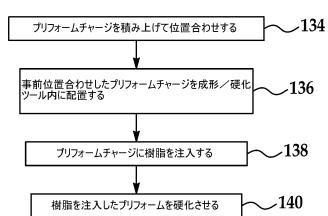
【図21】



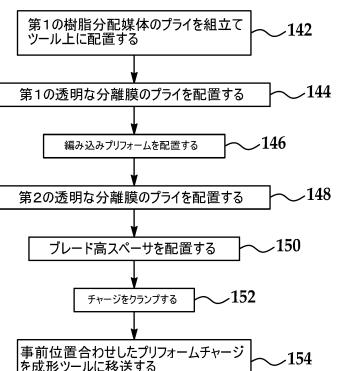
【図22】



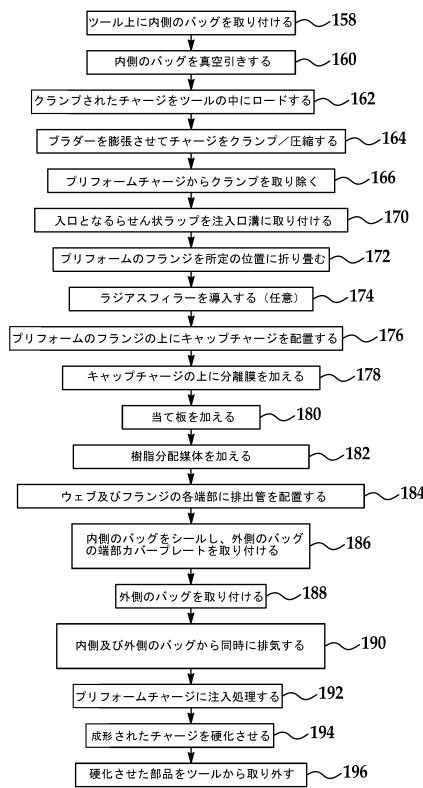
【図23】



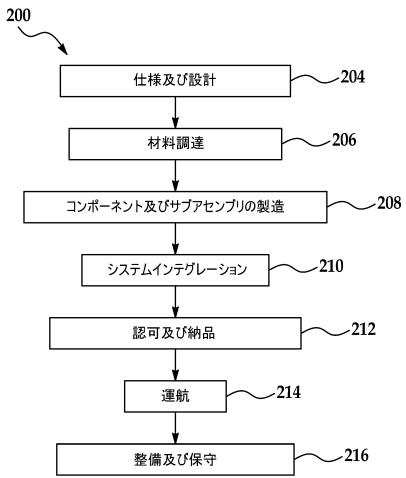
【図24】



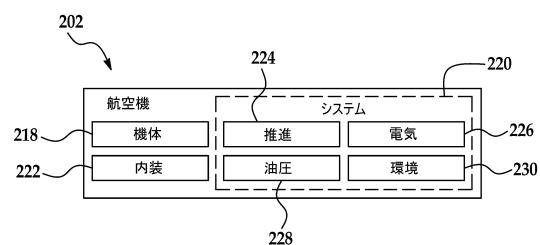
【図25】



【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