

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5809837号  
(P5809837)

(45) 発行日 平成27年11月11日(2015.11.11)

(24) 登録日 平成27年9月18日(2015.9.18)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 9 C 70/06 (2006.01)** B 2 9 C 67/14 G  
**B 2 9 C 31/04 (2006.01)** B 2 9 C 31/04  
**B 2 9 C 43/12 (2006.01)** B 2 9 C 43/12

請求項の数 6 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2011-95584 (P2011-95584)	(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23年4月22日(2011.4.22)	(74) 代理人	100109726 弁理士 園田 吉隆
(65) 公開番号	特開2011-251525 (P2011-251525A)	(74) 代理人	100101199 弁理士 小林 義教
(43) 公開日	平成23年12月15日(2011.12.15)	(72) 発明者	ダニエル エム. ロッター アメリカ合衆国 ワシントン 98155 、レイク フォレスト パーク、26 番 アヴェニュー ノースイースト 17 054
審査請求日	平成26年2月3日(2014.2.3)		
(31) 優先権主張番号	12/768,007		
(32) 優先日	平成22年4月27日(2010.4.27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複雑な形状寸法を有する複合積層材を形成及び適用するための方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外形を有する部品(24)の上に複合積層材(20)を形成及び配置する方法であって、

部品の外形とほぼ一致する外形を有し、面上にブラダー(54)及びバッグ(56)を順次設けたツール(25)のバッグ(56)上に、部品の外形とほぼ一致する外形を有する複合積層材を形成すること、

ツールに対する部品の位置を表わす一組の位置データ(45a)を生成すること、

マニピュレータ(36)及び位置データを使用して、部品の近くへとツールを動かし、外形を有する部品の上に、該複合積層材を配置すること、

該ツール上で該ブラダー(54)を膨張させることにより、部品に対して該複合積層材を圧密化すること、及び

該ツール上で該バッグ(56)を膨張させることにより、部品に対して該複合積層材を更に圧密化すること

を含む方法。

【請求項 2】

バッグを減圧することにより、圧密化された積層材からバッグを後退させることを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

まずバッグを、それからブラダーを真空引きすることにより、バッグ及びブラダーを減

押し複合積層材（20）から引き離すことを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

外形を有する複合積層材を形成することを、ツール上に複合材料を自動的に配置する自動積層成形装置（42）を使用して実行する、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

位置データを生成することを、共通の三次元（3D）座標系（55）において、部品の外形の3D位置に対するツールの外形の3D位置を決定することにより実行する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

外形を有する基板（22）上に複合積層材（20）を適用するための装置であって、  
基板の近くへとツールを動かすためのマニピュレータ（36）に取り付けられるツール  
であって、基板の外形とほぼ一致する外形を有するツール面（28）を含むツール（25）

10

、  
基板上に積層材を圧密化するための第1の柔軟なコンパクタであって、ツールにシール  
された真空バッグ（56）を含み、ツール面を覆い、上に複合積層材が配置されるよう適  
合された第1の柔軟なコンパクタ、

第1のコンパクタと基板上に積層材を圧密化するためのツール面との間に配置され、柔  
軟で膨張させることが可能なブラダーを（54）含む、ツール上の第2の柔軟なコンパク  
タ、及び

圧力源（62）と、真空源（64）と、圧力源及び真空源をバッグ及びブラダーと選択  
的に連結させるためのコントローラ（74）とを含んでいる、第1及び第2のコンパクタ  
を制御する手段  
を備える装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して複合部品の作製に関し、具体的には、ダブラーなどの複合積層材を形  
成して、複雑な形状寸法を有する部品の表面に適用するための方法と装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一又は複数の方向に向く繊維からなる複数のプライを含む複合積層構造を積み上げるた  
めに、自動積層成形（AFP）装置を使用することができる。構造全体がAFP装置を使  
用して作製される場合、プライは通常連続的に形成されるため、積み上げ速度はAFP装  
置の速さに依存する。積み上げプロセスを加速するために、構造の特定のセグメントを手  
動で積層し、事前にアSEMBルされたキットとして構造に適用することができる。例えば  
、ダブラーを事前にアSEMBルして、AFP積層シーケンスの間にサブタスクとして手動  
で適用することができる。しかしながら、ダブラー積層材を手動で事前にアSEMBルす  
ることは、特に、マルチ外形を有する航空機の機首又は尾部といった、表面の形状寸法が複  
雑な構造にダブラーを適用しなければならない場合、長時間を要し、困難でありうる。自  
動化された設備を使用してダブラーを事前にアSEMBルするためのこれまでの試みは、平  
坦な積層材、又は一次元に一定の曲率を有する積層材に限られていた。

30

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

したがって、ダブラーのような積層を形成してマルチ外形を含む複雑な表面形状を有す  
る複合構造に適用するための方法と装置に対する需要が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

開示される実施形態は、マルチ外形部品のような複雑な形状を有する複合構造上におい  
て、積層を形成及び適用するための方法と装置を提供する。積層、適用、及び圧密化の要

50

件は、単一のツールを使用することができる一のプロセスに統合される。積層材は、部品表面とほぼ一致するマルチ外形ツール面を有するツール上に複合材料を積層するためのAFP装置を使用して、部品表面の寸法形状と一致するように迅速に形成することができる。このツールは、部品表面上に積層を配置して圧密化するために使用することもできる。開示される方法と装置により、ダブラーのような積層をメインアセンブリラインの外で作製することが可能となり、したがって、メインアセンブリプロセスの速度を落とすことなく、必要に応じた積層の再加工、及び検査を行うことができる。

#### 【0005】

開示される一実施形態によれば、外形を有する部品上に複合積層材を形成及び配置する方法が提供される。本方法は、部品の外形とほぼ一致する外形を有するツールの上に、外形を有する複合積層材を形成することを含む。本方法は、ツールに対する部品の位置を表わす一組の位置データを生成することを含む。本方法は、部品の近くにツールを動かして、部品上に、外形を有する積層材を配置するために、マニピュレータ及び位置データを使用する。外形を有する複合積層材の形成は、ツール上に自動的に複合材料を配置する自動積層成形装置を使用して行うことができる。積層材は、ツール上でブラダーを膨張させること、及び/又はツール上でバッグを膨張させることにより、部品に対して圧密化することができる。バッグは、減圧することにより、圧密化された積層材から分離することができる。位置データの生成は、共通の三次元(3D)座標系において、部品の外形の3D位置に対するツール外形の3D位置を決定することにより、実行することができる。

#### 【0006】

別の実施形態によれば、マルチ外形の表面を有する部品上に複合ダブラーを適用する方法を提供することができる。本方法は、部品表面の外形にほぼ一致する、ツールのマルチ外形面上に、真空バッグを引き付けることを含む。ツール面上には、バッグの上から複合プライが積層される。本方法は、部品の表面に対するツール面の位置を表わす一組の位置データを生成することを含む。本方法は、更に、位置データとマニピュレータとを使用して、ツールを自動的に部品の近くへと動かし、部品表面に対して積層材を配置することを含む。本方法は、バッグを膨張させることにより、部品表面に対して積層材を圧密化することを含む。ツール面上にバッグを引き付けることは、バッグを真空引きすることにより行われる。

#### 【0007】

また別の実施形態によれば、マルチ外形表面を有する部品上に積層材を適用する方法が提供される。本方法は、部品表面の外形にほぼ一致する、ツールのマルチ外形面上に、柔軟なバッグを引き付けることを含む。本方法は、バッグで覆われたツール面上に複合積層材を配置すること、及びツールを部品の近くに動かして、ツールを使用して部品表面上に積層材を配置することを含む。本方法はまた、バッグを膨張させることにより、部品表面に対して積層材を圧密化すること、及びバッグを真空引きすることにより、圧密化された積層材からバッグを引き離すことを含む。本方法は、更に、ツール面とバッグとの間でブラダーを膨張させることにより、部品表面に対して積層材を圧密化することを含むことができる。

#### 【0008】

また別の実施形態によれば、外形を有する基板上に複合積層材を適用するための装置が提供される。本装置は、ツールと、第1及び第2コンパクタと、第1及び第2コンパクタを制御する手段とを含む。ツールは、基板の近くにツールを動かすためのマニピュレータに取り付けられており、基板の外形とほぼ一致する外形を有するツール面を含んでいる。第1の柔軟なコンパクタはツール面を覆っており、コンパクタの上には複合積層材が配置される。第2の柔軟なコンパクタは、第1のコンパクタと、基板上に積層材を圧密化するためのツール面との間に配置される。第1のコンパクタは、ツールにシールされた真空バッグを含むことができ、第2のコンパクタは、柔軟で膨張させることが可能なブラダーを含むことができる。第1及び第2のコンパクタを制御する手段は、圧力源と、真空源と、圧力源及び真空源を使用して第1及び第2のコンパクタを選択的に与圧及び減圧する

10

20

30

40

50

ためのコントローラとを含むことができる。

【0009】

別の実施形態によれば、マルチ外形表面を有する部品上において、複合積層材を形成及び適用するための装置が提供される。本装置は、部品表面の外形とほぼ一致するマルチ外形面を有するツールと、ツール上の柔軟なバッグと、マニピュレータと、コントローラとを含んでいる。柔軟なバッグは、ツール面の外形を覆ってそのような外形に適合しており、バッグ上には積層材が配置されて、柔軟なバッグが与圧されることにより部品表面に対して積層材が圧密化される。マニピュレータは、部品の近くへとツールを動かし、部品表面上に積層材を配置する。コントローラは、マニピュレータの動作及びバッグの与圧を制御する。本装置は、更に、ツール面と、部品表面に対して積層材を圧密化するためのバッグとの間に、膨張させることが可能なブラダーを含むことができる。一実施形態では、ツールは構造用発泡材から形成される。

10

【0010】

また別の実施形態によれば、マルチ外形表面を有する部品上において複合積層材を形成及び適用するための装置が提供される。本装置は、ツールと、ロボットマニピュレータと、複合繊維自動積層成形装置と、ロケータシステムと、コンパクタと、制御手段とを含んでいる。ツールは、部品表面の外形とほぼ一致するマルチ外形面を含む。ロボットマニピュレータの上には、ツールを操作するためのツールが搭載される。複合繊維自動積層成形装置は、ツール面上にマルチプライ複合積層材を形成するための繊維配置ヘッドを含む。ロケータシステムは、繊維配置ヘッドと、ツール面と、部品表面とを、共通の空間座標系において互いに対して位置決めする一組の位置データを生成する。ツール上のコンパクタは、部品表面に対して積層材を圧密化し、制御手段は、マニピュレータ、自動積層成形装置、及びコンパクタの動作を、位置データに基づいて制御する。

20

【0011】

本発明は、マルチ外形表面を有する部品上に複合ダブラーを適用する方法にも関し、本方法は、

部品表面の外形とほぼ一致する、ツールのマルチ外形面上に、真空バッグを引き付けること、

バッグの上からツール面上に複合プライを積み上げること、

部品の表面に対するツール面の位置を表わす一組の位置データを生成すること、

位置データとマニピュレータとを使用して、自動的にツールを部品の近くへと移動させ、部品表面に対して積層材を配置すること、並びに

バッグを膨張させることにより、部品表面に対して積層材を圧密化することを含む。

30

【0012】

上述の方法では、ツール面上にバッグを引き付けることを、バッグを真空引きすることにより実行することができる。

【0013】

本方法は、更に、

バッグを真空引きすることにより、圧密化された積層材からバッグを引き離すこと

を含むことができる。

40

【0014】

本方法は、更に、

バッグとツール面との間でブラダーを膨張させることにより、部品に対して積層材を圧密化すること

を含むことができる。

【0015】

本発明は、マルチ外形表面を有する部品の上に積層材を適用する方法にも関し、本方法は、

部品表面の外形とほぼ一致するツールのマルチ外形面上に柔軟なバッグを引き付けるこ

50

と、

バッグで覆われたツール面の上に、複合積層材を配置すること、  
部品の近くにツールを移動させ、ツールを使用して部品表面上に積層材を配置すること

、  
バッグを膨張させることにより、部品表面に対して積層材を圧密化すること、並びに  
バッグを真空引きすることにより、圧密化された積層材からバッグを引き離すこと  
を含む。

【 0 0 1 6 】

上述の方法は、更に、

ツール面とバッグとの間でブラダーを膨張させることにより、部品表面に対して積層材  
を圧密化すること  
を含むことができる。

【 0 0 1 7 】

本方法では、

ツール面上にバッグを引き付けることが、バッグを真空引きすることを含むことができ  
、且つ

部品の近くにツールを移動させることが、空間内において部品の位置をツール面の位置  
に関連付ける一組のデータによりプログラムされたコントローラによって操作されるマニ  
ピュレータを用いて実行することができる。

【 0 0 1 8 】

本発明は、マルチ外形表面を有する部品上において複合積層材を形成及び適用するた  
めの装置にも関し、本装置は、

部品表面の外形とほぼ一致するマルチ外形面を有するツール、

ツール面の外形を覆ってそのような外形に適合するツール上の柔軟なバッグであって、  
その上に積層材が配置されて、与圧されると部品表面に対して積層材を圧密化するバッグ

、  
ツールを部品の近くへと動かして、部品表面上に積層材を配置するマニピュレータ、並  
びに

マニピュレータの動作及びバッグの与圧を制御するコントローラ  
を備えている。

【 0 0 1 9 】

上述の装置は、更に、

部品表面に対して積層材を圧密化するための、ツール面とバッグとの間に配置されて膨  
張させることが可能なブラダー  
を備えることができる。

【 0 0 2 0 】

本装置では、ツールは構造用の発泡材とすることができる。

【 0 0 2 1 】

本発明は、マルチ外形表面を有する部品の上において、複合積層材を形成及び適用する  
ための装置にも関し、本装置は、

部品表面の外形とほぼ一致するマルチ外形面を有するツール、

その上に搭載されたツールを操作するためのロボットマニピュレータ、

ツール面上にマルチプライ複合積層材を形成するための繊維配置ヘッドを含む複合繊維  
自動積層成形装置、

繊維配置ヘッド、ツール面、及び部品表面を、共通の空間座標系内で互いに対して位置  
決めする一組の位置データを生成するためのロケータシステム、

部品表面に対して積層材を圧密化するための、ツール上のコンパクタ、並びに

位置データに基づいて、マニピュレータ、自動積層成形装置、及びコンパクタの動作を  
制御する制御手段

を備えている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

上述の装置では、コンパクトは、ツールに対してシールされてツール面を覆う与圧可能なバッグを含むことができ、このバッグは与圧されると部品表面に対して積層材を押し付ける。

## 【 0 0 2 3 】

本装置は、更に、

ツール面と、積層材に圧密化のための圧力を印加するバッグとの間に配置された、バッグを介して与圧可能なツール上のブラダーを含むことができる。

## 【 0 0 2 4 】

本装置は、更に、

圧力源、

真空源、並びに

制御手段により動作されて、バッグ及びブラダーの各々と、圧力源及び真空源とを選択的に連結する一組のバルブを含むことができる。

## 【 0 0 2 5 】

本発明は、マルチ外形表面を有する航空機の複合部品上において、複合ダブラーを形成及び適用するための装置にも関し、本装置は、

部品表面の外形とほぼ一致するマルチ外形面を有する構造用発泡材ツール、

ツールを操作するためのロボットマニピュレータ、

マニピュレータ上にツールを取り外し可能に取り付けて、マニピュレータ上のツールの交換を可能にする取り付けアダプタ、

ツール面上にマルチプライ複合積層材を形成するための繊維配置ヘッドを含む複合繊維自動積層成形装置、

繊維配置ヘッド、ツール面、及び部品表面を共通の空間座標系に位置決めする一組の位置データを生成するためのロケータシステム、

ツール面を覆い、且つツールに対してシールされた、部品表面に対して積層材を圧密化するための、膨張させることが可能なバッグ、

部品表面に対して積層材を圧密化するための、ツール面上及びバッグ内部において膨張させることが可能なブラダー、

圧力源、

真空源、

圧力源及び真空源の各々をバッグ及びブラダーと選択的に連結するためのバルブシステムを含む、バッグ及びブラダーの各々を別々に膨張及び減圧する手段、並びに

マニピュレータ、自動積層成形装置、及びバルブシステムの動作を調節及び制御するためのコントローラ

を備えている。

## 【 0 0 2 6 】

本発明は、マルチ外形表面を有する航空機の複合部品上において複合ダブラーを形成及び適用する方法にも関し、本方法は、

部品表面の外形にほぼ一致する、ツールのマルチ外形面上に、柔軟なバッグを配置すること、

ツールに対してバッグをシールして、ほぼ気密なチャンバを形成すること、

真空チャンバを真空引きすることにより、ツール面上にバッグを引き付けること、

自動積層成形装置を使用して、バッグの上に複合積層材を形成し、ツール面の外形に適合させること、

自動制御されるマニピュレータにツールを取り付けること、

3D空間座標系において部品表面に対してツール面を位置決めする一組の位置データを生成すること、

10

20

30

40

50

マニピュレータを使用して、部品の近くへとツールを動かし、部品表面上に積層材を配置すること、

ツール面とバッグとの間でバッグを膨張させて、部品表面に対して積層材を圧密化すること、

部品表面に対して積層材を更に圧密化するために、バッグを膨張させること、

バッグを真空引きすることによりバッグを減圧すること、並びに、

プログラムされたコントローラを使用して、自動積層成形装置、バッグ、ブラダー、及びマニピュレータの動作を調節及び制御することを含む。

【図面の簡単な説明】

10

【0027】

【図1】図1は、複雑な寸法形状を有する複合積層材を形成及び適用するための装置の機能的ブロック図を示している。

【図2】図2は、開示された実施形態による航空機のマルチ外形機首セクションの斜視図であり、マルチ外形機首セクションの上に複合ダブラーが適用及び圧密化されている。

【図3】図3は、図2に示されるダブラーを形成及び適用するために使用されるツールの等角図であり、明瞭性のために圧密化バッグ及びブラダーは省略されている。

【図4】図4は、複雑な寸法形状を有する複合積層材を形成して、図2に示す機首セクションに適用するための装置の側面図である。

【図5】図5は、ツール及びロケータシステムの断面図及び線図の組み合わせを示している。

20

【図6A】図6Aは、最初に組み立てられたときのツールの断面図である。

【図6B】図6Bは、図6Aに示すツールの斜視図である。

【図7A】図7Aは、図6Aに似ているが、バッグがツール表面に引き付けられている。

【図7B】図7Bは、図6Bに似ているが、バッグがツール表面に引き付けられている。

【図8A】図8Aは、ツールの断面図であり、ツール面上に積層材を形成する自動繊維配置ヘッドを示している。

【図8B】図8Bは、ツールの斜視図であり、ツール面上に部分的に形成された積層材を示している。

【図9A】図9Aは、ツールの断面図であり、ツール面上に配置された積層と、部品表面に対して積層材を圧密化するために膨張させたツールブラダーとを示している。

30

【図9B】図9Bは、部品表面上に積層材を配置するツールを示す斜視図である。

【図10】図10は、図9Aに似ているが、ツール上のバッグが膨張させられて、部品表面に対して積層材を更に圧密化している。

【図11】図11は、図10に似ているが、バッグが真空引きされたことにより積層材からバッグが分離している。

【図12】図12は、マルチ外形部品表面上において、複雑な寸法形状を有する積層を形成及び配置する方法を示すフロー図である。

【図13】図13は、航空機の製造及び整備方法のフロー図である。

【図14】図14は、航空機のブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【実施例】

【0028】

まず図1～3を参照すると、開示される実施形態は、複雑な寸法形状を有する基板22の上に複合積層材20を形成及び配置する方法と装置とに関し、このような複雑な寸法形状は、図2に示す部品24のマルチ外形表面22を含みうる。図示の実施形態では、部品24は航空機の機首セクションを含み、積層材22は、機首セクション24の領域34を補強するダブラー20を含んでいる。この装置は、一又は複数のコントローラ35によって操作される適切なマニピュレータ36の上に取り付けられたツールアセンブリ25を含んでいる。マニピュレータ36は、コントローラ35によって使用されるプログラムされ

50

た一組の指令に基づいて座標系 5 5 の複数の軸に沿ってツールアセンブリ 2 5 を動かすロボット又は同様の自動装置を含むことができる。

【 0 0 2 9 】

ツールアセンブリ 2 5 は、部品 2 4 に積層材 2 0 が適用される領域 3 4 内のマルチ外形部品表面 2 2 とほぼ一致するマルチ外形ツール面 2 8 を有するツール 2 6 を含む。ツールアセンブリ 2 5 は、それぞれ部品表面 2 2 に対して積層材 2 0 を圧密化するための第 1 及び第 2 のコンパクト 5 4、5 6 も含んでいる。ツールアセンブリ 2 5 は、更に、ツール 2 6 が取り付けられるツール基部 3 0 を含む。コンパクト 5 4、5 6 の各々は、コントローラ 3 5 によって操作される圧力源 6 2 及び真空源 6 4 をそれぞれ使用して、それぞれ膨張及び減圧される。

10

【 0 0 3 0 】

積層材 2 0 は、自動積層成形装置 ( A F P ) 4 2 によってマルチ外形ツール面 2 8 上に形成することができ、A F P 装置 4 2 はコントローラ 3 5 によって操作することもできる。ロケータシステム 3 4 は、特定の三次元座標系 5 5 において、部品表面 2 2 に対するツール面 2 8 の位置及び方向を位置決めする一組の位置データ 4 5 a を生成する。同様に、ロケータシステム 4 5 をコントローラ 3 5 が使用して、ツール面 2 8 に対する A F P 装置 4 2 の運動を位置決め及び調節することができる。

【 0 0 3 1 】

次に、装置の更なる詳細を示す図 4 及び 5 を参照する。この実施形態では、マニピュレータ 3 6 は、一対のレール 3 8 に沿った線形運動を行なうように取り付けられたロボット 3 6 を含んでいる。ロボット 3 6 はロボットアーム 4 0 を含み、アーム 4 0 の端部には、素早く切替えられるアダプタ 3 2 によってツールアセンブリ 2 5 が取り付けられている ( 図 5 )。素早く切替えられるアダプタ 3 2 は、寸法形状の異なる部品 2 4 の様々な領域に様々な構成された積層材 2 0 を配置するために、様々な構成されたツール 2 6 をアーム 4 0 に素早く取り付けることを可能にする。上述のように、ロボット 3 6 は、一又は複数のプログラムされたコントローラ 3 5 ( 図 1 ) によって操作されて、空間座標系 5 5 ( 図 5 ) 内の複数の軸に沿ってツールアセンブリ 2 5 を配置することができる。ロボット 3 6 は、ツールアセンブリ 2 5 を動かして、部品 2 4 のマルチ外形表面 2 2 上の標的領域 3 4 にダブラー又はその他の積層材 2 0 を配置する。

20

【 0 0 3 2 】

A F P 装置 4 2 は、レール 3 8 に沿って線形運動するために取り付けられた第 2 ロボットデバイス 4 2 a を含むことができ、且つロボットアーム 4 6 の端部に取り付けられた自動繊維配置ヘッド 4 4 を含んでいる。後述するように、ヘッド 4 4 が複合繊維からなるテープ又はトウの複数のストリップ又はコースをツール面 2 8 の上に敷くことにより、マルチ外形積層材 2 0 が形成され、次いでこの積層材 2 0 は、ロボット 3 6 によって配置されたツールアセンブリ 2 5 によって、ツール表面 2 2 上に配置及び圧密化される。別の実施形態では、積層材 2 0 は、適切に装備して、コンベヤ ( 図示しない ) 又は回転トレイ ( 図示しない ) 上のロボットに送達することができる。

30

【 0 0 3 3 】

ロケータシステム 4 5 ( 図 1 ) は、部品 2 4、詳細には部品表面 2 2 に対するツール 2 6 の位置、即ちツール面 2 8 ( 図 1 ) の位置を、監視及び更新する。ロケータシステム 4 5 を使用することにより、ツールアセンブリ 2 5 及びロボット 3 6 は、固定位置に取り付けられるのではなく、可動とすることができる。このような可動性は、配置精度を向上させると同時に、リーン生産方式に寄与することができる。上述のように、ロケータシステム 4 5 ( 図 1 ) は、A F P 装置 4 2、ツールアセンブリ 2 5、及び部品 2 4 の動きを、共通の空間座標系 5 5 ( 図 5 ) 内で調節するために、一組の位置データ 4 5 a ( 図 1 ) を生成する。位置データ 4 5 a を常に更新し、それをコントローラ 3 5 が閉フィードバックループにおいて使用することにより、部品表面上 2 2 における積層材 2 0 の配置精度を達成することができる。

40

【 0 0 3 4 】

50



ロケータシステム 45 は、一又は複数のレーザートラッカー 48 を含むことができる。このレーザートラッカー 48 は、ツールアセンブリ 25 及び部品 24 の上に配置された反射標的 50 上にレーザー光線 52 を向けることにより、位置データを発生させる。ロケータシステム 45 は、随意で、反射体 50 によって反射されたレーザー光線の位置を記録する写真測量カメラ 33 を更に含むことにより、空間座標系 55 において部品表面 22 に対するツールアセンブリ 25 の位置を測定することができる。写真測量カメラ 33 は、限定しないが、例えば市販の V - S t a r カメラといった市販のカメラを含むことができる。複数の標的 50 のレーザートラッカー測定値と写真測量との組み合わせを使用することにより、共通の空間座標系 55 において部品表面 22 に対するツール面 20 a の位置を決定することができる。標的 50 の位置のレーザー追跡測定値と写真測量とは、コントローラ 35 の一部を含みうる一又は複数のコンピュータ及びソフトウェアプログラムを利用して統合することができる。反射標的 50 を含むロケータシステム 45 は、2009 年 9 月 8 日発行の米国特許第 75897258 号に開示されているものに類似してよく、ここで参照したことによりこの米国特許全体を本明細書に包含する。

10

**【0035】**

次に、図 5 を詳細に参照する。ツール 26 は、限定しないが、例えば軽量の構造用発泡材を含むことができ、この場合ツール面 28 は、限定しないが、機械加工及びモルディングといった複数の周知の加工技術のいずれかによって形成することができる。ツール 26 は、安価な加工方法を使用した他の安価な材料から作製することができ、それによりツール 26 の費用を低減することができる。第 1 のコンパクト 54 は、膨張させることが可能なブラダー 54 を含むことができ、このブラダーは、54 a に示すように、ツール面 28 上か、又はツール面 28 内部のやや窪んだ部分に配置できる。第 2 のコンパクト 56 は柔軟な真空バッグ 56 を含むことができ、この真空バッグの周囲 56 a はツール 26 に対してシールされていることにより、ツール面 28 上に、与圧されたほぼ気密なチャンバ 65 を形成している。ツール面 28 とバッグ 56 との間に通気口 58 を設けることにより、減圧排気の際にバッグ 56 の下方で空気を移動させることができる。バッグ 56 及び通気口 58 の両方がツール面 28 をカバーしているので、ツール面 28 が損傷から保護されており、ツール 26 から積層材 20 を除去し易い。バッグ 56 は、積層プロセスの間に複合積層プリプレグがバッグ 56 の表面に歪みなく接着することが可能であるが、部品表面 22 上において積層材料を膨張させ、圧密化し、そして解放するのに十分な弾性を有する表面組成を有することができる。バッグ 56 は、限定しないが、例えばラテックスフィルム、ポリ包装フィルム、或いはテクスチャー構造又は非テクスチャー構造を有するウレタンから形成することができる。

20

30

**【0036】**

図 5、6 A、7 A、8 A、9 A、及び 10 に示す実施形態では、ブラダー 54 は、概ね平行で、別個であるが、相互に接続されて、単一のブラダーとして動作する一連のブラダー 54 b として図示されている。しかしながら、他の実施形態では、ブラダー 54 は、ツール面 28 のほぼ全体に亘って延びる単一のブラダーを含んでもよい。ブラダー 54 の形状、大きさ、及び膨張シーケンスは、部品表面 22 に対する圧密化を最適化するように決定することができる。ブラダー 54 及びバッグ 56 は、それぞれ、一連のフロー制御バルブ 72 及び三方向制御バルブ 70 を介して、圧力源 62 及び真空源 64 に接続される。制御バルブ 70 は、上述のコントローラ 35 (図 1) と同じ又は異なるコントローラ 74 によって動作して、圧力源 62 及び真空源 64 のいずれかをブラダー 54 及びバッグ 56 に選択的に連結するように機能する。このように、自動的に動作する制御バルブ 70 は、ブラダー 54 及びバッグ 56 の一方又は両方を、圧力源 62 に接続することにより、ブラダー 54 又はバッグ 56 を与圧して膨張させることができる。同様に、制御バルブ 70 は、ブラダー 54 又はバッグ 56 に真空源 64 を連結することにより、ブラダー 54 を減圧するか、又はバッグ 56 を減圧排気することができ、これによりバッグ 56 がツール面 28 上に引き付けられる。幾つかの実施形態では、ツール面 28 に真空溝 60 を設けることができ、この真空溝は、チャンバ 65 の与圧 / 減圧のために、制御バルブ 70 にも連結でき

40

50

る。

【 0 0 3 7 】

図 6 ~ 1 1 は、ツールアセンブリ 2 5 の使用と、マルチ外形積層材 2 4 を形成し、次いで部品表面 2 2 上において積層材 2 4 を配置及び圧密化するために使用される一連のステップを示している。まず、図 6 A 及び 6 B に示すように、ツール 2 6 をツール基部 3 0 上に固定した後で、バッグ 5 6 及び通気口 5 8 をツール面 2 8 上にインストールしてバッグ 5 6 の周囲 5 6 a をツール 2 6 にシールすることにより、バッグ 5 6 とツール 2 6 との間にほぼ気密で与圧可能なチャンバ 5 6 ( 図 5 及び 6 ) を形成する。次いで真空ライン 6 6 及び圧力ライン 6 8 ( 図 5 ) をインストールし、ブラダー 5 4 及びバッグ 5 8 の両方に接続する。この時点で、ライン 7 5 及びライン 7 1 のいずれもが、制御バルブ 7 0 ( 図 5 ) によって圧力源 6 2 又は真空源 6 4 に接続されておらず、大気に開放されているので、ブラダー 5 4 及びチャンバ 6 5 はほぼ大気圧である。

10

【 0 0 3 8 】

図 7 A 及び 7 B に示すように、ツールアセンブリ 2 5 は、制御バルブ 7 0 を用いて真空源 6 4 をライン 7 5 及び 7 7 の両方に接続することにより準備され、その結果、ブラダー 5 4 のほぼ完全な減圧が行われ、チャンバ 6 5 から空気が排出される。チャンバ 6 5 からの空気の排出により、ツール表面 2 8 上にバッグ 5 6 が引き付けられ、バッグ 5 6 がツール面 2 8 のマルチ外形にほぼ適合する。

【 0 0 3 9 】

図 8 A 及び 8 B に示すように、ツール面 2 8 上にバッグ 5 6 が引き付けられると、繊維配置ヘッド 4 4 は、所定のプライスケジュールに従って、バッグ 5 6 上への複合繊維材料の敷設を開始することができる。プライは、AFP 装置 4 2 によって形成されるにつれてツール面 2 8 の外形に適合するので、積層材 2 0 の外形は結果として部品表面 2 2 の外形とほぼ一致する。ライン 7 5 及び 7 7 は、ツール面 2 8 上に積層材 2 0 が形成されている際に、真空源 6 4 と連結されたままである。

20

【 0 0 4 0 】

図 9 A 及び 9 B に示すように、積層材 2 0 がツール 2 6 上に形成された後、ロボット 3 6 は、ツールアセンブリ 2 5 を部品 2 4 の近くへと動かして、部品表面 2 2 上の所望の位置 3 4 ( 図 4 参照 ) に積層材 2 0 を適用する。部品表面 2 2 に積層材 2 0 が適用されて表面と接触している状態で、圧力源 6 2 はライン 7 5 と連結されており、一方真空源 6 4 はライン 7 7 と連結されたままである。ライン 7 5 を与圧することによりブラダー 5 4 が膨張し、それによりブラダー 5 4 は膨張して積層材 2 0 に圧力を印加する。これにより、部品表面 2 2 に対して積層材が圧密化される。ブラダー 5 4 による積層材 2 0 のこのような圧密化の間に、ライン 7 7 を介して真空引きされる結果、バッグ 5 6 は減圧されたままである。

30

【 0 0 4 1 】

次に、図 1 0 に示すように、バッグ 5 6 を与圧して膨張させるライン 7 7 に圧力源 6 2 を連結すると、バッグが拡張して積層材 2 0 に圧力を加え、部品表面 2 2 に対して積層材 2 0 を更に圧密化させる。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 は、本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、真空源 6 4 がライン 7 5 及び 7 7 の両方に連結されることにより、ブラダー 5 4 及びバッグ 5 6 の両方が減圧される。バッグ 5 6 が減圧されると、バッグ 5 6 は積層材 2 0 から離れて後退する。バッグ 5 6 が積層材 2 0 から分離すると、ロボット 5 6 が、次の積層 / 適用サイクルの準備が整った待機位置 ( 図示しない ) へとツールアセンブリ 2 5 を戻す。

40

【 0 0 4 3 】

次に図 1 2 を参照する。図 1 2 は、複合積層材を形成してマルチ外形部品表面に適用する方法のステップを示している。まずステップ 7 6 においてツール 2 6 を作製する。これは、図示の実施例では、構造用発泡材を、部品表面 2 2 とほぼ一致するマルチ外形面 2 6 を有する所望の形状に形成することにより行うことができる。上述のように、構造用発泡

50

材は、限定しないが、機械加工及びモールドイングを含む種々の既知の加工方法のいずれかを使用して所望のツール形状に形成することができる。次に、ステップ78では、真空/圧力ライン75、77をツール26に配置し、流れ制御バルブ72に連結する。ステップ80では、上述の写真測量及び/又はレーザー追跡技術、或いは他の技術を使用して一組の位置データを生成することにより、部品表面22に対してツール面26を位置決めする。ステップ82では、ブラダー54及びバッグ56の両方を真空引きすることにより、バッグ56をマルチ外形ツール面26上に引き付ける。ステップ83では、AFP装置42を使用して、ツール面26と適合するバッグ56の上に一又は複数のプライを形成することにより、複合積層材をツール面26上に形成する。

#### 【0044】

マルチ外形積層材20を形成したら、次いで、ステップ84において、ロボット36又はその他のマニピュレータがツールアセンブリ25を部品24の近くに動かし、積層材20を部品表面22の上に配置する。次に、ステップ86に示すように、ブラダー54を与圧することにより、ブラダー54を膨張させて積層材20に圧密化のための圧力を印加する。この間、真空バッグ56は減圧したままとする。次いで、ステップ88では、バッグ56も与圧することにより、バッグ56を膨張させて、積層材20に対して圧密化圧力を更に加える。これにより、部品表面22に対して積層材20が更に圧密化される。圧密化の後、まずバッグ56を真空引きし、次いでブラダー54を真空引きすると、それらの各々が減圧されて積層材20から離れる。本方法の実用的な一実施形態では、ブラダー54を一分間に亘って膨張させる間に、バッグ56を真空引きする。次いで、バッグ56を一分間に亘って膨張させ、その後バッグ56を真空引きする。これにより、圧密化された積層材20からバッグ56が離れ易くなる。最後に、ステップ92において、ツールアセンブリ25を待機位置に後退させ、積層材の形成及び配置サイクルを繰返す準備が整う。

#### 【0045】

本発明の実施形態は、様々な用途、特に、例えば航空、船舶、及び自動車の分野を含む輸送産業に使用することが可能である。したがって、図13及び14に示すように、本発明の実施形態は、図13に示す航空機の製造及び整備方法94と、図14に示す航空機96に使用することができる。本発明の実施形態の航空機への応用例には、例えば、限定しないが、構造用部材及び内装用コンポーネントといった広い種類のアセンブリ及びサブアセンブリが含まれる。製造前の段階では、例示的方法94は、航空機96の仕様及び設計98と、材料調達100とを含むことができる。製造段階では、航空機96の、コンポーネント及びサブアセンブリの製造102と、システムインテグレーション104とが行われる。その後、航空機96は、認可及び納品106を経て就航108される。顧客により就航される間、航空機96は、定期的な保守及び整備110（改修、再構成、改装なども含む）を受ける。

#### 【0046】

方法94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なシステム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。

#### 【0047】

図14に示すように、例示的な方法94によって製造された航空機96は、複数のシステム114及び内装116と共に機体112を含むことができる。ハイレベルシステム114の実施例には、推進システム118、電気システム120、油圧システム122、及び環境システム124の内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。本発明の方法は、内装116又は機体112に使用されるコンポーネント、構造用部材、一又は複数のサブアセンブリを作製するために利用することができる。航空産業の実施例を示したが、本発明の理念は、船舶及び自動車産業といった他の産業に適用可能

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 4 8 】

本明細書に具現化したシステム及び方法は、製造及び整備方法 9 4 のいずれかの一又は複数の段階において利用することができる。例えば、製造段階 1 0 2 に対応するコンポーネント、構造用部材、アセンブリ、又はサブアセンブリは、航空機 9 6 が就航中に製造されるものと同様の方式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、方法の実施形態、又はそれらの組み合わせは、例えば、航空機 9 6 の、アセンブリの実質的な効率化又はコストダウンによって、製造段階 1 0 2 及び 1 0 4 の間に利用することができる。同様に、装置の実施形態、方法の実施形態、又はそれらの組み合わせの内の一又は複数、航空機 9 6 が就航している間に、限定しないが、例えば保守及び整備 1 1 0 に、利用することができる。

10

【 0 0 4 9 】

特定の例示的な実施形態に関して本発明の実施形態を説明したが、これら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、したがって当業者には他の変形例が自明であろう。

【 0 0 5 0 】

本発明は、以下の実施態様を含む。

( 態様 1 )

外形を有する部品の上に複合積層材を形成及び配置する方法であって、  
部品の外形とほぼ一致する外形を有するツールの上に、外形を有する複合積層材を形成  
すること、  
ツールに対する部品の位置を表わす一組の位置データを生成すること、並びに  
マニピュレータ及び位置データを使用して、部品の近くへとツールを動かし、外形を有  
する部品の上に、外形を有する積層材を配置すること  
を含む方法。

20

( 態様 2 )

外形を有する複合積層材を形成することを、ツール上に複合材料を自動的に配置する自  
動積層成形装置を使用して実行する、態様 1 に記載の方法。

( 態様 3 )

ツール上でブラダーを膨張させることにより、部品に対して積層材を圧密化すること  
を更に含む、態様 1 に記載の方法。

30

( 態様 4 )

ツール上でバッグを膨張させることにより、部品に対して積層材を更に圧密化すること  
を更に含む、態様 3 に記載の方法。

( 態様 5 )

バッグを減圧することにより、圧密化された積層材からバッグを後退させること  
を更に含む、態様 4 に記載の方法。

( 態様 6 )

位置データを生成することを、共通の三次元 ( 3 D ) 座標系において、部品の外形の 3  
D 位置に対するツールの外形の 3 D 位置を決定することにより実行する、態様 1 に記載の  
方法。

40

( 態様 7 )

外形を有する基板上に複合積層材を適用するための装置であって、  
基板の近くへとツールを動かすためのマニピュレータに取り付けられるツールであって  
、基板の外形とほぼ一致する外形を有するツール面を含むツール、  
基板上に積層材を圧密化するための、ツール上の第 1 の柔軟なコンパクトであって、ツ  
ール面を覆い、上に複合積層材が配置されるよう適合された第 1 の柔軟なコンパクト、並  
びに

第 1 及び第 2 のコンパクトを制御する手段  
を備える装置。

50

( 態様 8 )

第 1 のコンパクトと、基板上に積層材を圧密化するためのツール面との間に配置される、ツール上の第 2 の柔軟なコンパクトを更に備える、態様 7 に記載の装置。

( 態様 9 )

第 1 のコンパクトが、ツールにシールされた真空バッグを含んでおり、第 2 のコンパクトが、柔軟で膨張させることが可能なブラダーを含んでおり、且つ第 1 及び第 2 のコンパクトを制御する手段が、圧力源と、真空源と、圧力源及び真空源をバッグ及びブラダーと選択的に連結させるためのコントローラとを含んでいる、態様 7 に記載の装置。

【 図 1 】

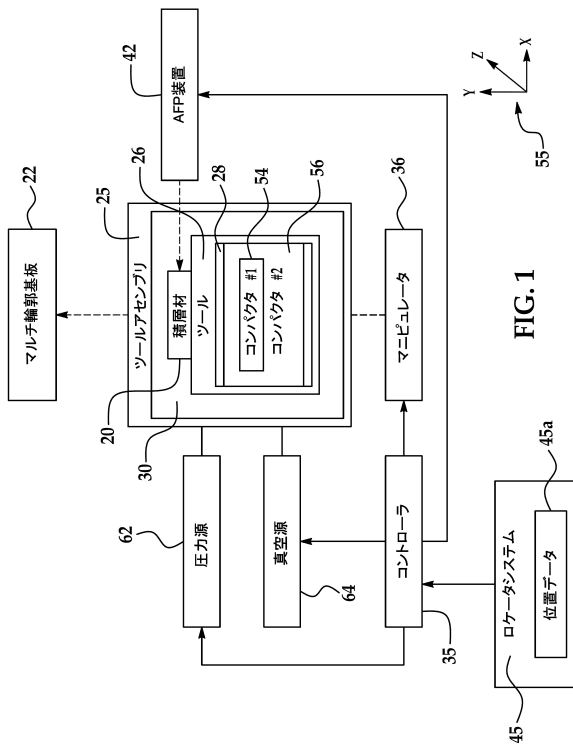


FIG. 1

【 図 2 】

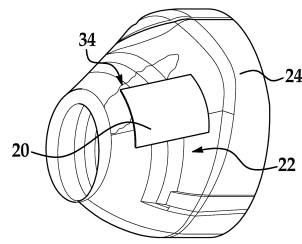


FIG. 2

【 図 3 】

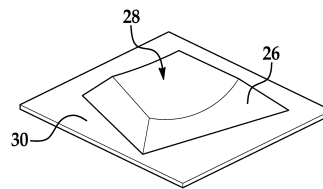


FIG. 3

【 図 4 】

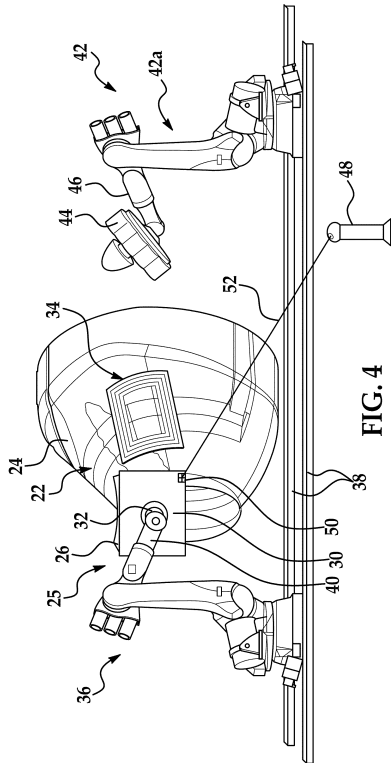


FIG. 4

【 図 5 】

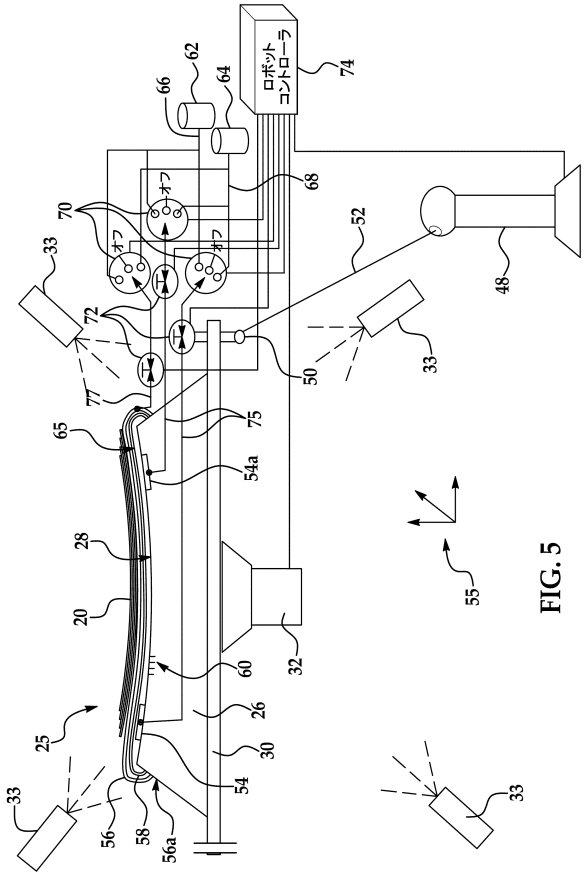


FIG. 5

【 図 6 A 】

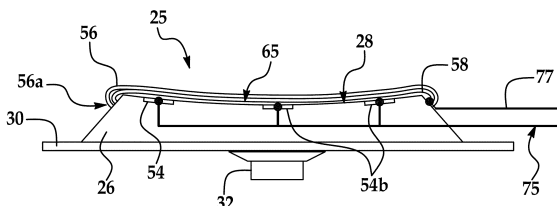


FIG. 6A

【 図 7 B 】

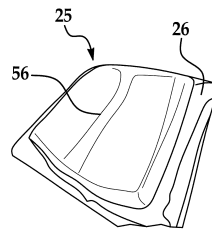


FIG. 7B

【 図 6 B 】

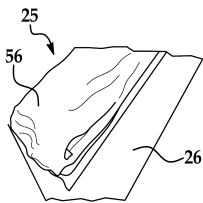


FIG. 6B

【 図 8 A 】

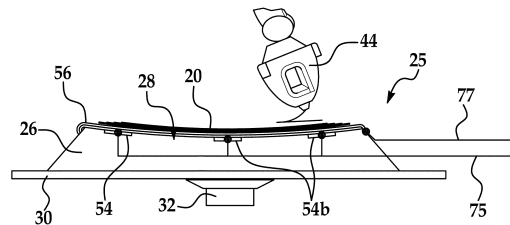


FIG. 8A

【 図 7 A 】

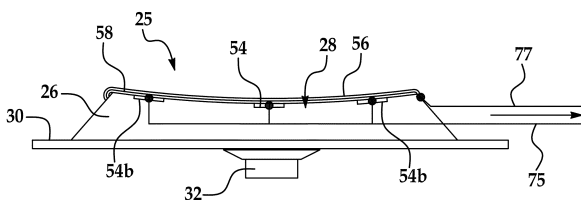


FIG. 7A

【 図 8 B 】

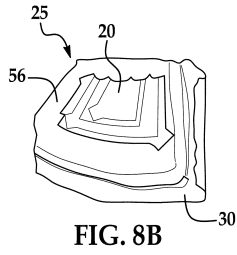


FIG. 8B

【 図 9 B 】

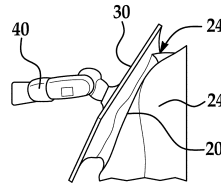


FIG. 9B

【 図 9 A 】

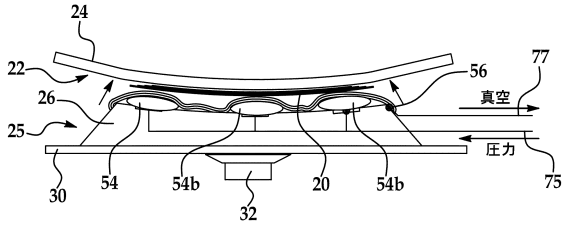


FIG. 9A

【 図 10 】

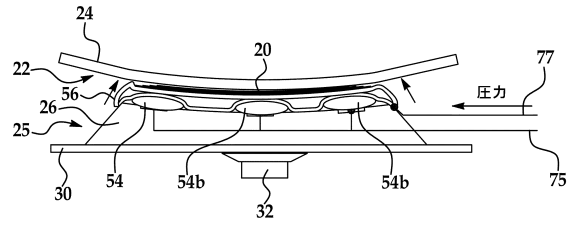


FIG. 10

【 図 11 】

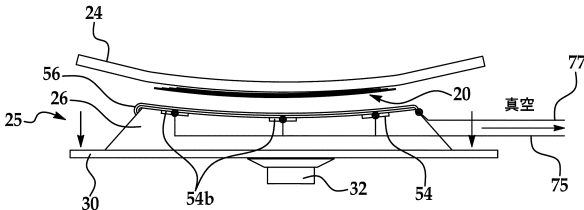


FIG. 11

【 図 13 】

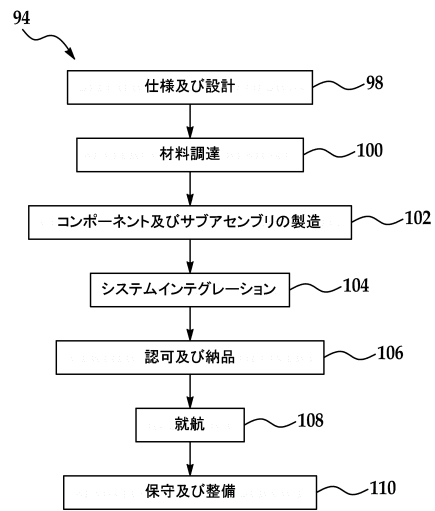


FIG. 13

【 図 12 】

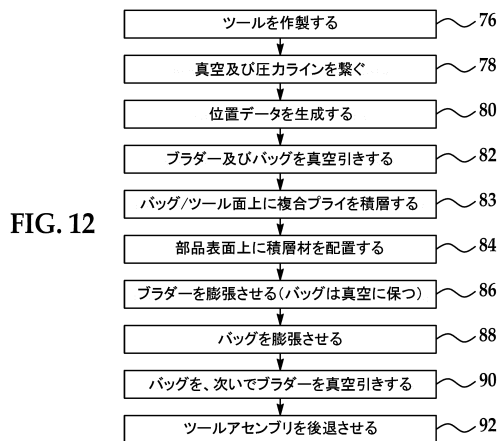


FIG. 12

【 図 1 4 】

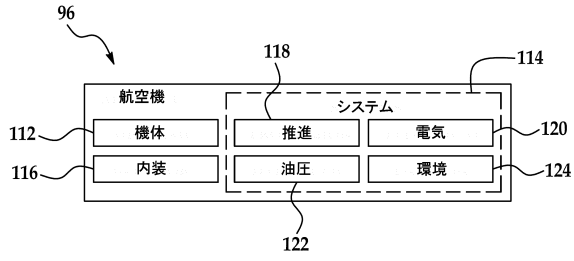


FIG. 14



## フロントページの続き

- (72)発明者 カーティス エス． ウィルデン  
アメリカ合衆国 ワシントン 98042, ケント, サウスイースト 290番 プレイス  
20233
- (72)発明者 ウィリアム エス． ホレンスタイナー  
アメリカ合衆国 ワシントン 98032, ケント, サウス 245番 コート 4206
- (72)発明者 ブライアン ジー． ロビンス  
アメリカ合衆国 ワシントン 98059, レントン, サウスイースト 148番 ストリー  
ト 16028

審査官 宮本 靖史

- (56)参考文献 特開2009-166279(JP,A)  
特開2007-253441(JP,A)  
国際公開第1996/06725(WO,A1)  
特開2006-123404(JP,A)  
特開2006-168718(JP,A)  
特開平04-223140(JP,A)  
特開2007-030336(JP,A)  
実開平04-083714(JP,U)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29B 7/00 - 15/14  
B29C 31/00 - 31/10  
B29C 37/00 - 37/04  
B29C 39/00 - 39/24  
B29C 39/38 - 39/44  
B29C 41/00 - 41/36  
B29C 41/46 - 41/52  
B29C 43/00 - 43/34  
B29C 43/44 - 43/48  
B29C 43/52 - 43/58  
B29C 70/00 - 70/68  
B29C 71/00 - 71/02  
C08J 5/04 - 5/10  
C08J 5/24