

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6170346号
(P6170346)

(45) 発行日 平成29年7月26日 (2017. 7. 26)

(24) 登録日 平成29年7月7日 (2017. 7. 7)

(51) Int. Cl.

F 1

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

B 2 9 C 43/12

B 2 9 C 43/36 (2006. 01)

B 2 9 C 43/36

B 2 9 C 43/18 (2006. 01)

B 2 9 C 43/18

B 2 9 C 43/34 (2006. 01)

B 2 9 C 43/34

B 2 9 C 70/44 (2006. 01)

B 2 9 C 70/44

請求項の数 14 外国語出願 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-119019 (P2013-119019)
 (22) 出願日 平成25年6月5日 (2013. 6. 5)
 (65) 公開番号 特開2014-12399 (P2014-12399A)
 (43) 公開日 平成26年1月23日 (2014. 1. 23)
 審査請求日 平成28年5月23日 (2016. 5. 23)
 (31) 優先権主張番号 13/491, 698
 (32) 優先日 平成24年6月8日 (2012. 6. 8)
 (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 ホーレンシュタイナー、ウィリアム シ
 ュタール
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材部品を硬化するための非通気式ブラダシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部キャビティ (28) を有する複合チャージ (20) のオートクレーブ硬化に使用する
 ための装置であって、

前記硬化中に前記複合チャージ (20) に圧力を加えるために前記キャビティ (28)
 内に配置されるように適合された可撓性のブラダ (30) と、

前記ブラダ (30) を加圧するための流体のリザーバ (32) であって、前記リザーバ
 (32) と前記ブラダ (30) が閉じた系 (25) 内で共に結合されている、リザーバ (32) と、

前記可撓性のブラダ (30) および前記流体リザーバ (32) を覆って封止された可撓
 性のバッグ (24) であって、前記流体リザーバ (32) と面と面との接触をしている可
 撓性のバッグ (24) と、
 を備える装置。

【請求項 2】

前記可撓性のバッグ (24) が、圧力をオートクレーブ (26) から前記流体リザーバ
 (32) に伝達する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記複合チャージ (20) がその上に配置されるように適合された硬化工具 (22) を
 さらに備えており、

前記流体リザーバ (32) が前記硬化工具 (22) 上に位置し、前記可撓性のバッグ (

10

20

24) が前記硬化工具 (22) に封止されている、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記流体リザーバ (32) が可撓性である、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

前記ブラダ (30) が通気穴 (44) を含んでおり、

前記流体リザーバ (32) の一部分が、前記ブラダ (30) に取り付けられており、前記ブラダ (30) 内の前記通気穴 (44) と結合された流体出口 (41) を含んでいる、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

前記リザーバ (32) が、前記流体リザーバ (32) 内の圧力を選択的に解放するために真空源 (64) と結合されるように適合された真空ポート (60) を含んでいる、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

前記ブラダ (30) が、

前記ブラダ (30) 内で内側チャンバ (65) を形成する隔壁 (35) と、

前記ブラダ (30) が前記流体リザーバ (32) からの流体によって加圧されたとき前記ブラダ (30) を剛性化するのに十分な密度を有する、前記内側チャンバ (65) を満たす充填材料 (66) と

を含んでいる、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

前記隔壁 (35) が、前記流体リザーバ (32) からの流体にさらされる可撓性の側部を含んでおり、

前記可撓性の側部が、前記流体リザーバ (32) が前記ブラダ (30) を加圧したとき前記充填材料 (66) に圧力を加えるように撓む、請求項 7 に記載の装置。

【請求項 9】

内部キャピティ (28) を有する複合チャージ (20) をオートクレーブ硬化する方法であって、

前記複合チャージ (20) を工具 (22) 上に配置すること (70)、

前記キャピティ (28) 内にブラダ (30) を設置すること (72)、

前記ブラダ (30) を流体のリザーバ (32) と結合すること (74)、

前記複合チャージ (20) および前記リザーバ (32) を覆って、前記流体リザーバ (32) と面と面との接触をさせて可撓性のバッグ (24) を封止すること (76)、ならびに

前記可撓性のバッグ (24) を使用してオートクレーブ圧力を前記リザーバ (32) に伝達し、前記リザーバ (32) から流体を前記ブラダ (30) 内に押し込むこと (78) を含む方法。

【請求項 10】

前記ブラダ (30) を前記リザーバ (32) と結合すること (74) が、前記ブラダ (30) が前記キャピティ (28) 内に設置される前に前記ブラダ (30) を前記リザーバ (32) に取り付けることを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記バッグ (24) を封止すること (76) が、前記工具 (22) に前記バッグ (24) を封止することを含む、請求項 9 または 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ブラダ (30) を充填材料 (66) で満たすことによって前記ブラダ (30) を剛性化すること、および

前記ブラダ (30) 内に隔壁 (35) を配置すること (80) によって前記充填材料 (66) を前記流体から分離すること

をさらに含む、請求項 9 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

真空を使用して前記可撓性のバッグ（２４）が前記リザーバ（３２）の側部からオートクレーブ圧力を前記リザーバ（３２）に伝達することをさらに含む、請求項 9 から 1 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記複合チャージ（２０）が硬化した後で前記可撓性のバッグ（２４）を前記複合チャージ（２０）および前記リザーバ（３２）から取り外すこと、ならびに

前記可撓性のバッグ（２４）が取り外された（８２）後で、真空源（６４）に対して前記リザーバ（３２）のポートを開けることによって前記ブラダ（３０）内の圧力を解放すること

10

をさらに含む、請求項 9 から 1 3 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【０００１】**

本開示は、一般に複合樹脂部品を作製するための方法および機器に関し、より詳細には、オートクレーブ内で複合材部品を硬化させる際に使用されるブラダシステムを扱う。

【背景技術】**【０００２】**

複合樹脂部品を、硬化サイクル中に部品に熱と圧力を加えるオートクレーブ内で硬化させることがある。一部の部品幾何形状は内部キャビティを含み、これらの内部キャビティは、部品に加えられるオートクレーブ圧力に反作用するように膨張可能なブラダなど工具をキャビティ内に配置しないと、オートクレーブ圧力下で部品のつぶれを引き起こすおそれがある。たとえば、航空機工業では、膨張可能なブラダを、マンドレルのような硬化工具上でオートクレーブ硬化される複合ストリングレイアップのキャビティ内に挿入することがある。これらのブラダは、オートクレーブ圧力までブラダを通気することによって加圧される。

20

【０００３】

上述の通気式ブラダにはいくつかの問題があり、これらの問題は、硬化後の部品における不整合に通ずるおそれがある。たとえば、適正にブラダを通気することができないと、ブラダが、加えられるオートクレーブ圧力に反作用するのに十分なほどには加圧されないおそれがある。同様に、不十分なブラダ加圧は、ブラダを外の通気口と結合する通気穴を封止するために使用されるシーラントテープの不良に起因することがある。また、ブラダの壁が破損または貫通する可能性があり、その場合、硬化サイクルの間中、オートクレーブガスが部品内に押し込まれるおそれがある。これらの課題は、比較的多数のストリングが、他の部品と同時に共に硬化される（*co-cured*）場合、特に問題となり得る。たとえば、いくつかのストリングを胴体の外板と共に硬化する場合、ストリング内に配置されたブラダのそれぞれが、共に硬化される構造物内への潜在的なリーク源であり、このリーク源は、構造物全体を廃品にする、または大規模に手直しする原因になり得る。

30

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

40

【０００４】

したがって、ブラダ内の漏れ、またはブラダを適正に加圧することができないことに起因する悪影響を低減または解消することができる非通気式ブラダシステムが求められている。また、オートクレーブ圧力まで通気することを必要とせず、ブラダ通気穴シールの必要をなくするブラダシステムおよび硬化方法が求められている。

【課題を解決するための手段】**【０００５】**

開示されている実施形態は、ブラダの漏れ、シールの漏れ、および／またはオートクレーブ圧力までブラダを適正に通気することができないことによる硬化後の部品における不整合を実質的に低減または解消することができる非通気式ブラダシステムを提供する。開

50

示されているシステムは、廃品および／または手直しの必要を低減することができる。さらに、開示されている方法および非通気式ブラダシステムは、人件費を削減し、生産フローを改善することができる。これらの実施形態は、ブラダ内の通気穴周りでシーラントテープを使用する必要をなくする。流体リザーバがブラダ通気穴に永続的に取り付けられ、真空バッグの下方で封止され、それによりブラダ通気口周りの漏れ経路をなくする。リザーバは、オートクレーブが加圧されたときブラダキャビティを加圧する。ブラダ内に漏れがある場合、ブラダの容積分だけが部品内に漏れる。

【 0 0 0 6 】

開示されている一実施形態によれば、内部キャビティを有する複合材部品チャージのオートクレーブ硬化で使用するための装置が提供される。この装置は、硬化中に複合材部品チャージに圧力を加えるためにキャビティ内に配置されるように適合された可撓性のブラダと、ブラダを加圧するための流体のリザーバとを備え、リザーバとブラダが閉じた系内で共に結合される。この装置は、可撓性のブラダおよび流体リザーバを覆って封止された可撓性のバッグをさらに備え、可撓性のバッグが流体リザーバと対面接触し、圧力をオートクレーブから流体リザーバに伝達する。また、この装置は、複合材部品チャージが配置されるように適合された硬化工具を備えることができ、流体リザーバが硬化工具上に位置し、可撓性のバッグが硬化後工具に対して封止される。流体リザーバは可撓性である。ブラダは通気穴を含み、流体リザーバの一部分が、ブラダに取り付けられており、ブラダ内の通気穴と結合された流体出口を含む。流体リザーバは、複合チャージが硬化した後で流体リザーバ内の圧力を選択的に解放するために真空源と結合されるように適合された、可撓性のバッグの下方で封止された真空ポートを含むことができる。ブラダは、ブラダ内で内側チャンバを形成する隔壁と、ブラダが流体リザーバからの流体によって加圧されたときブラダを剛性化するのに十分な密度を有する、内側チャンバを満たす充填材料とを含む。隔壁は、流体リザーバからの流体にさらされる可撓性の側部を含む。可撓性の側部は、流体リザーバがブラダを加圧したとき充填材料に圧力を加えるように撓む。

【 0 0 0 7 】

他の開示されている実施形態によれば、複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する際に使用するための非通気式ブラダシステムが提供される。非通気式ブラダシステムは、複合材部品チャージに圧力を加えるように適合されたブラダと、一定量の流体を収容するように適合され、流体圧力をブラダに供給するためにオートクレーブによって加えられる圧力によって圧縮可能な可撓性の流体リザーバとを備え、流体リザーバが、オートクレーブに通気されない閉じた流体系内でブラダと結合される。流体リザーバは、ブラダに取り付けられる。流体リザーバは流体出口を含み、ブラダは、この流体出口に結合された通気穴を含む。ブラダは、流体リザーバからの流体にさらされ、ブラダ内で内部チャンバを形成する隔壁と、ブラダを剛性化するための、内部チャンバ内の充填材料とを含む。

【 0 0 0 8 】

他の実施形態では、内部キャビティを有する未硬化の部品に対して実質的に均一な外部空気圧を加えるための装置が提供される。この装置は、部品が配置されるように適合された工具と、内部キャビティ内に配置されるように適合され、部品と接触し、流体で加圧されるように適合されたブラダと、ブラダと結合された流体のリザーバと、工具に対して封止され、部品、ブラダ、およびリザーバを覆う可撓性のバッグとを備える。リザーバは、内部キャビティ内に設置し、そこから取り外すことができる単一のアセンブリを形成するようにブラダに取り付けられる。リザーバは、可撓性のバッグと対面接触し、可撓性のバッグを介してリザーバに外部圧力が加わることを可能にする可撓性の壁を含む。ブラダは、ブラダを剛性化するための充填材料と、充填材料をリザーバ流体から分離する隔壁とを含む。リザーバおよびブラダは、外部圧力に通気されない閉じた流体系を形成する。

【 0 0 0 9 】

他の実施形態によれば、内部キャビティを有する複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する方法が提供される。この方法は、複合材部品チャージを工具上に配置すること、キャビティ内にブラダを設置すること、ブラダを流体のリザーバと結合すること、部品お

10

20

30

40

50

よびリザーバを覆って可撓性のバッグを封止すること、可撓性のバッグを使用してオートクレーブ圧力をリザーバに伝達し、リザーバから流体をブラダ内に押し込むことを含む。ブラダをリザーバと結合することは、ブラダがキャビティ内に設置される前にブラダをリザーバに取り付けることを含む。バッグを封止することは、工具に対してバッグを封止することを含む。この方法は、ブラダを充填材料で満たすことによってブラダを剛性化すること、およびブラダ内に隔壁を配置することによって充填材料を流体から分離することをさらに含むことができる。また、この方法は、真空を使用し、リザーバの側部に接して可撓性のバッグを引き下げることを含むことができる。

【0010】

さらなる実施形態によれば、内部キャビティを有する複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する方法が提供される。この方法は、オートクレーブ内で複合材部品チャージを支持すること、およびオートクレーブ圧力を使用して内部キャビティ内のブラダを加圧し、流体リザーバから流体をブラダ内に押し込むことを含む。オートクレーブ圧力を使用し、流体リザーバから流体をブラダ内に押し込むことは、流体リザーバを覆って封止された真空バッグを真空排気すること、およびバッグを使用し、オートクレーブ圧力を流体リザーバに伝達することを含む。

【0011】

要約すると、本発明の一態様によれば、内部キャビティを有する複合チャージのオートクレーブ硬化で使用するための装置であって、硬化中に複合チャージに圧力を加えるためにキャビティ内に配置されるように適合された可撓性のブラダと、ブラダを加圧するための流体のリザーバとを備え、リザーバとブラダが閉じた系内で共に結合される、装置が提供される。

【0012】

この装置は、可撓性のブラダおよび流体リザーバを覆って封止された可撓性のバッグをさらに含み、可撓性のバッグが流体リザーバと対面接触することが有利である。

【0013】

この装置では、可撓性のバッグが、圧力をオートクレーブから流体リザーバに伝達することが有利である。

【0014】

この装置は、複合チャージが配置されるように適合された硬化工具をさらに含み、流体リザーバが硬化工具上に位置し、可撓性のバッグが硬化後工具に対して封止されることが有利である。

【0015】

この装置では、流体リザーバが可撓性であることが有利である。

【0016】

この装置では、ブラダが通気穴を含み、流体リザーバの一部分が、ブラダに取り付けられており、ブラダ内の通気穴と結合された流体出口を含むことが有利である。

【0017】

この装置では、リザーバが、流体リザーバ内の圧力を選択的に解放するために真空源と結合されるように適合された真空ポートを含むことが有利である。

【0018】

この装置では、ブラダが、ブラダ内で内側チャンバを形成する隔壁と、ブラダが流体リザーバからの流体によって加圧されたときブラダを剛性化するのに十分な密度を有する、内側チャンバを満たす充填材料とを含むことが有利である。

【0019】

この装置では、隔壁が、流体リザーバからの流体にさらされる可撓性の側部を含み、可撓性の側部が、流体リザーバがブラダを加圧したとき充填材料に圧力を加えるように撓むことが有利である。

【0020】

本発明の他の態様によれば、複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する際に使用す

10

20

30

40

50

るための非通気式ブラダシステムであって、複合材部品チャージに圧力を加えるように適合されたブラダと、一定量の流体を収容するように適合され、流体圧力をブラダに供給するためにオートクレーブによって加えられる圧力によって圧縮可能な可撓性の流体リザーバとを含み、流体リザーバが、オートクレーブに通気されない閉じた流体系内でブラダと結合される、非通気式ブラダシステムが提供される。

【 0 0 2 1 】

この非通気式ブラダシステムでは、流体リザーバが、ブラダに取り付けられることが有利である。

【 0 0 2 2 】

この非通気式ブラダシステムでは、流体リザーバが流体出口を含み、ブラダが、この流体出口に結合された通気穴を含むことが有利である。

10

【 0 0 2 3 】

この非通気式ブラダシステムでは、ブラダが、流体リザーバからの流体にさらされ、ブラダ内で内部チャンバを形成する隔壁と、ブラダを剛性化するための、内部チャンバ内の充填材料とを含むことが有利である。

【 0 0 2 4 】

本発明の他の態様によれば、内部キャビティを有する部品に対して実質的に均一な外部空気圧を加えるための装置であって、部品が配置されるように適合された工具と、内部キャビティ内に配置されるように適合され、部品と接触し、流体で加圧されるように適合されたブラダと、ブラダと結合された流体のリザーバと、工具に対して封止され、部品、ブラダ、およびリザーバを覆う可撓性のバッグとを含む装置が提供される。

20

【 0 0 2 5 】

この装置では、リザーバが、内部キャビティ内に設置し、そこから取り外すことができる単一のアセンブリを形成するようにブラダに取り付けられることが有利である。

【 0 0 2 6 】

この装置では、リザーバが、可撓性のバッグと対面接触し、可撓性のバッグを介してリザーバに外部圧力が加わることを可能にする可撓性の壁を含むことが有利である。

【 0 0 2 7 】

この装置では、ブラダが、ブラダを剛性化するための充填材料と、充填材料をリザーバ流体から分離する隔壁とを含むことが有利である。

30

【 0 0 2 8 】

この装置では、リザーバおよびブラダが、外部圧力に通気されない閉じた流体系を形成することが有利である。

【 0 0 2 9 】

本発明の他の態様によれば、内部キャビティを有する複合チャージをオートクレーブ硬化する方法であって、複合チャージを工具上に配置すること、キャビティ内にブラダを設置すること、ブラダを流体のリザーバと結合すること、複合チャージおよびリザーバを覆って可撓性のバッグを封止すること、ならびに、可撓性のバッグを使用してオートクレーブ圧力をリザーバに伝達し、リザーバから流体をブラダ内に押し込むことを含む方法が提供される。

40

【 0 0 3 0 】

この方法では、ブラダをリザーバと結合することが、ブラダがキャビティ内に設置される前にブラダをリザーバに取り付けることを含むことが有利である。

【 0 0 3 1 】

この方法では、バッグを封止することが、工具に対してバッグを封止することを含むことが有利である。

【 0 0 3 2 】

この方法は、ブラダを充填材料で満たすことによってブラダを剛性化すること、および、ブラダ内に隔壁を配置することによって充填材料を流体から分離することをさらに含むことが有利である。

50

【 0 0 3 3 】

この方法は、真空を使用し、リザーバの側部に接して可撓性のバッグを引き下げること
をさらに含むことが有利である。

【 0 0 3 4 】

この方法は、複合チャージが硬化した後で可撓性のバッグを複合チャージおよびリザー
バから取り外すこと、ならびに、可撓性のバッグが取り外された後で、真空源に対してリ
ザーバのポートを開けることによってブラダ内の圧力を解放することをさらに含むことが
有利である。

【 0 0 3 5 】

本発明のさらなる態様によれば、内部キャビティを有する複合材部品チャージをオート
クレブ硬化する方法であって、オートクレブ内で複合材部品チャージを支持すること
、および、オートクレブ圧力を使用して内部キャビティ内のブラダを加圧して、流体リ
ザーバから流体をブラダ内に押し込むことを含む方法が提供される。

【 0 0 3 6 】

さらに、この方法では、オートクレブ圧力を使用し、流体リザーバから流体をブラダ
内に押し込むことが、流体リザーバを覆って封止された真空バッグを真空排気すること、
およびバッグを使用し、オートクレブ圧力を流体リザーバに伝達することを含む。

【 0 0 3 7 】

これらの特徴、機能、および利点は、本開示の様々な実施形態において独立して達成す
ることができ、以下の説明および図面を参照すればさらに詳細がわかる他の実施形態にお
いて組み合わせることができる。

【 0 0 3 8 】

有利な実施形態の特徴と考えられる新規の特徴が、添付の特許請求の範囲に記載されて
いる。しかし、有利な実施形態、ならびに好ましい使用モード、その他の目的および利点
は、添付の図面と併せ読めば、本開示の有利な実施形態の以下の詳細な説明を参照するこ
とによって最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 9 】

【図 1】開示されている実施形態による非通気式ブラダシステムの機能ブロック図である
。

【図 2】図 1 に示されている非通気式ブラダシステムを使用して硬化された複合樹脂スト
リングの斜視図である。

【図 3】複合ストリングチャージを硬化する際に使用される硬化工具の斜視図である。

【図 4】図 3 と同様であるが、工具上に配置されたストリングチャージを示す図である。

【図 5】図 4 と同様であるが、ストリングチャージのキャビティ内に配置された膨張可能
なブラダを示す図である。

【図 6】図 5 と同様であるが、ストリングチャージ上に配置された外板チャージをさらに
示す図である。

【図 7】図 6 と同様であるが、外板チャージを覆って設置された当て板を示す図である。

【図 8】図 7 と同様であるが、硬化工具の周縁周りに付着されたシーラントテープを示す
図である。

【図 9】図 8 に示されている硬化工具の一端の斜視図であり、可撓性の流体リザーバが、
硬化工具上に設置され、可撓性のブラダと結合されている。

【図 10】図 9 における線 10 - 10 に沿った断面図であるが、硬化工具を覆って設置さ
れ硬化工具に対して封止された真空バッグをさらに示す。

【図 11】図 10 と同様であるが、ブラダ内の隔壁を使用する代替の実施形態を示す断面
図であり、ブラダは、その加圧されていない状態で示されている。

【図 12】図 11 と同様であるが、真空バッグを介して流体リザーバに加えられたオート
クレブ圧力を介してブラダが加圧されているところを示す図である。

【図 13】非通気式ブラダシステム内に漏れがある場合に複合チャージに達する流体の体

10

20

30

40

50

積を示す線図である。

【図１４】非通気式ブラダシステムを使用して内部キャビティを有する複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する方法の流れ図である。

【図１５】非通気式ブラダシステムを使用して複合材部品チャージをオートクレーブ硬化する代替の方法の流れ図である。

【図１６】航空機生産および整備方法の流れ図である。

【図１７】航空機のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００４０】

最初に図１を参照すると、以下「チャージ」「複合チャージ」「複合材部品チャージ」または「ストリンガチャージ」とも称される未硬化の複合樹脂部品２０が、オートクレーブ２６内に配置された硬化工具２２上で硬化され、オートクレーブ２６内では、オートクレーブ熱および圧力が複合チャージ２０に加えられる。複合チャージ２０は、１つまたは複数の内部空隙、閉じ込め領域もしくは封入領域、またはキャビティを含み、これらは、説明を容易にするために、以下まとめてキャビティ２８と称する。硬化中にチャージ２０に加えられるオートクレーブ圧力に反作用させるために、可撓性の膨張可能なブラダ３０が、硬化サイクル前にキャビティ２８内に配置される。可撓性の流体リザーバ３２が、硬化工具２２上に装着され、オートクレーブ２６内の雰囲気に通気されない閉じたブラダシステム２５を形成するようにブラダ３０と結合される。換言すれば、ブラダ３０と流体リザーバ３２は、オートクレーブ２６の内部雰囲気に直接さらされない閉じた流体系を形成する。真空バッグ２４など可撓性のバッグが、硬化工具２２を覆って配置され硬化工具２２に対して封止され、複合チャージ２０、ブラダ３０、および流体リザーバ３２を覆う。可撓性のバッグ２４は、可撓性のバッグ２４を真空排気するために適切な真空源６４と結合されるように適合される。硬化中、ブラダ３０は、流体リザーバ３２から供給される実質的に非圧縮性の流体（図示せず）を使用して加圧される。

【００４１】

下記でより詳細に論ずるように、ブラダ３０と流体リザーバ３２が共に真空バッグ２４の下に位置するので、ブラダ３０は、オートクレーブ２６の内部雰囲気に通気されない。すなわち、ブラダ３０は非通気式である。それどころか、ブラダ３０と流体リザーバ３２の組合せは、真空バッグ２４にかかるオートクレーブ気圧によって制御される閉じた非通気式ブラダシステム２５を形成する。任意選択で、ブラダ３０は、流体リザーバ３２から供給される流体から、ブラダ３０の実質的に完全な内部容積を分離する内部隔壁３５を含むことができる。流体リザーバ３２内の減圧により、ブラダ３０は、部分的にわずかにつぶれることができ、それによりブラダ３０が複合チャージ２０内で「固定された状態」になることが防止され、硬化後の複合チャージ２０からブラダ３０を取り外すことが容易になる。

【００４２】

次に図２を参照すると、開示されている非通気式ブラダシステムおよび硬化方法を使用し、１つまたは複数の内部キャビティを有する、様々な幾何形状の様々な複合樹脂部品の任意のものを硬化させることができる。たとえば、限定することなしに、開示されているシステムおよび方法を、プリプレグのマルチプライレイアップを含むことができる繊維強化複合樹脂ストリンガ２３の作製に使用することができる。ストリンガ２３は、内部キャビティ３１を形成するハットセクション２７と、１対の横方向に延びるフランジセクション２９と、硬化中にフランジセクション２９と統合される実質的に平坦な外板セクション３３とを含む。他のストリンガ幾何形状も可能である。

【００４３】

図３～１０は、図２に示されているストリンガ２３を硬化するための図１に示されている装置を準備する際の連続的な段階をそれぞれ示す。特に図３を参照すると、任意の好適な材料製の硬化工具２２は、ハットセクション工具面３２を画定する内部キャビティ２８と、１対の横方向に延びるフランジセクション工具面３４とを含む。工具面３２、３４は

10

20

30

40

50

、ストリング２３のそれぞれハットセクション２７およびフランジセクション２９の幾何形状にそれぞれ合致するように構成される。硬化工具２２は、内部キャビティ２８を囲む実質的に平坦な上部工具面３６と、キャビティ２８の一端にある面取り面３８と、実質的に平坦な端部セクション４０とを有する。内部キャビティ２８の一端は、４２で開いている。下記で論ずるように、硬化工具２２を使用し、複合ストリングチャージを組み立て、組み立てられたチャージをオートクレーブ２６（図１）内で硬化することができる。図の硬化工具２２はストリング２３の特徴に合致するように適合された幾何形状を有するが、開示されている非通気式ブラダシステム２５は、応用例、および硬化しようとする特定の複合材部品チャージに応じて、任意の様々な他の幾何形状を有する硬化工具と共に使用されてもよいことを理解されたい。

10

【００４４】

図４を参照すると、複合ストリングチャージ２０が硬化工具２２上に配置されている。ストリングチャージ２０は、キャビティ２８を満たし工具面３２（図３）と係合するハット２０ａと、工具面３４とそれぞれ係合する１対の横方向に延びるフランジ２０ｂとを備える。ストリングチャージ２０は、別個のレイアップ工具（図示せず）上でレイアップし、次いで硬化工具２２に移してもよく、あるいは部品チャージの幾何形状に応じて、ストリングを硬化工具２２上で直接レイアップすることも可能となり得る。

【００４５】

次に図５を参照すると、ストリングチャージ２０が硬化工具２２内に配置された後で、硬化サイクル中に加えられるオートクレーブ圧力に反作用させるために、可撓性のブラダ３０がストリングチャージ２０のキャビティ２８（図４）内に配置される。ブラダ３０は、たとえば限定しないがエラストマーなど、任意の好適な材料から形成することができる。ブラダ３０には、設置される前に離型剤を付着しておき、硬化に続いてキャビティ２８からブラダを後で取り外すのを容易にすることができる。ブラダ３０は、下記で論ずるように、図１に示されている流体リザーバ３２と結合されるように適合されたブラダ通気穴４４を含む。この例では、ブラダ３０はキャビティ２８の幾何形状に実質的に合致するように構成されており、硬化工具２２の平坦な工具表面３６と実質的に同一平面である実質的に平坦な上部表面３０ａを有する。

20

【００４６】

次に図６を参照すると、図５に示されているようにブラダ３０が設置された後で、実質的に平坦な複合外板チャージ４６が硬化工具２２上に配置され、ブラダ３０を覆い隠し、ストリングチャージ２０のフランジ２０ｂ（図５）および平坦な工具表面３６と対面接触する。次に、図７に示されているように、硬化プロセス中に外板チャージ４６の上に実質的に均一な圧力を加えるために、平坦な複合外板チャージ４６を覆って、当て板４８を設置することができる。また、図７には示されていないが、応用例に応じて、ピールプライ、離型フィルム、および／もしくはブリーザ、または他の構成部品を当て板４８と共に設置してもよい。図８に示されているように、工具２２を真空バギングするための準備の際に、好適なシーラントテープ５０または他の好適なシーラントを硬化工具２２の周部に付着することができる。この時点で、真空プローブベース５２を、硬化工具２２の平坦な端部セクション４０に付着することができる。

30

40

【００４７】

次に、図９に示されているように、可撓性の流体リザーバ３２がブラダ３０に取り付けられ、その結果、望むなら、ブラダ３０および流体リザーバ３２を、単一のアセンブリとして設置し取り外すことができる。流体リザーバ３２は、ブラダ３０内の通気穴４４（図８）と結合され、ブラダ３０が複合外板チャージキャビティ２８内で定位置にあるとき硬化工具２２の面取り面３８上で支持される。流体リザーバ３２は、ブラダ３０に永続的に取り付けられ、ブラダ３０に対して封止されてもよく、したがって、硬化プロセスの準備の際にブラダ３０が複合チャージ２０内に設置されるたびに、ブラダ３０を圧力源に再接続する必要がなくなる。また、この構成は、ブラダが複合チャージ２０内に設置されるたびに、シーラントを通気穴４４周りに配置する必要をなくする。流体リザーバ３２は、限

50

定しないがエラストマーなど、任意の好適な材料から形成することができる。真空プローブ54が、真空プローブベース52上に装着され、硬化サイクル中に真空バッグ24を真空排気するために真空源（図示せず）と結合されるように適合される。

【0048】

次に図10を参照すると、流体リザーバ32は、概して矩形または方形の断面形状を有することができ、流体リザーバ32に外部圧力が加えられたとき破線32bによって示されているように下向きに塑性変形することができる、可撓性である側部32aを有する。流体リザーバ32の一部分32bは、ブラダ30の一端に対面接触して取り付けられており、ブラダ30内の通気穴44と位置合わせされ結合され、流体が流体リザーバ32とブラダ30の間を流れることを可能にする流体出口41を含む。他の実施形態では、流体リザーバ32は、異なる形状を有することができ、ブラダ30に取り付けられても取り付けられなくてもよい。図9に示されている流体リザーバ32の設置に続いて、真空バッグ24と称することもある、ポリエステルまたはナイロンなど任意の好適な材料から形成された可撓性のバッグ24が、工具22を覆って設置され、流体リザーバ32、ストリンガチャージ20、46、およびブラダ30を覆う。真空バッグ24は、流体リザーバ32と対面接触する。真空バッグ24は、封止用テープ50または他の好適なシーラントを使用して、硬化工具22の周縁に対して、また真空プローブ54周りで封止される。真空バッグ24を真空排気することにより、真空バッグ24が流体リザーバ32の側部と対面接触で引き下げられ、オートクレーブ圧力 P_A を流体リザーバ32に加えることができる。

【0049】

任意選択で、流体リザーバ32は、硬化サイクルに続いて真空バッグ24が取り外された後で真空源（図示せず）と結合されるように適合された真空ポート60を含むことができる。真空ポート60は、硬化中、真空バッグ24の下で閉じられ封止されているが、硬化が完了し、真空バッグが取り外された後で、流体リザーバ32の内部容積56を真空源に接続することを可能にするバルブまたは他の装置（図示せず）を含む。このように流体リザーバ32を真空源に結合することにより、流体リザーバ32内の流体圧力が解放され、これによりブラダ30内の圧力が低下し、ブラダ30がわずかに収縮する、またはつぶれることを可能にする。このようにブラダ30が収縮することにより、ブラダ30の最大断面寸法（図示せず）が、硬化後のストリンガからブラダ30を取り外すことを可能にするのに十分な量だけ減少する。

【0050】

オートクレーブ内で実施される硬化中、オートクレーブ圧力 P_A が真空バッグ24を硬化工具22に押し付け、それにより複合チャージ20を押し固め、一方、流体リザーバ32に圧力を加える。流体リザーバ32に加えられたオートクレーブ圧力 P_A により、流体リザーバ32の内部容積56から流体が流れ（45）、ブラダ通気穴44を通過してブラダ30に入り、それによりブラダ30が内部加圧される。ブラダ30のこの加圧により、複合チャージ20に加えられたオートクレーブ圧力 P_A に反作用する力55が複合チャージ20に加えられる。硬化が完了したとき、オートクレーブ圧力 P_A が真空バッグ22から除去され、したがって流体リザーバ32から除去される。その結果として生じる流体リザーバ32内の流体圧力の低下により、流体はブラダ58から通気穴44を通過して流体リザーバ32内に流れて戻ることが可能になる。

【0051】

前述のように、流体リザーバ32は、ブラダ30に対して永続的に封止されてもよく、したがって、ブラダ30が複合チャージ20内に設置されるたびに通気穴44（図8）周りにシーラントを配置する必要がなくなる。したがって、流体リザーバ32をブラダ30に対して永続的に封止することにより、通気穴44周りの、複合チャージ20内への漏れをなくすることができる。ブラダ30または流体リザーバ32のどちらかに漏れがある場合、複合チャージ20内への流体の漏れは、ブラダ30と流体リザーバ32の総容積に限定される。なぜなら、ブラダシステム25（図1）が閉じた系であり、オートクレーブからの空気が複合チャージキャビティ28（図4）内に入ることができないからである。

【 0 0 5 2 】

開示されている非通気式ブラダシステムの代替の実施形態が、図 1 1 および図 1 2 に示されている。この実施形態では、ブラダ 3 0 は、ブラダ 3 0 の内側チャンバ 6 5 を、流体リザーバ 3 2 によって供給される流体から分離する内部隔壁 3 5 を含む。隔壁 3 5 は、可撓性の材料製であり、ブラダ 3 0 と一体に形成されてもよい。ブラダチャンバ 6 5 は、比較的低い C T E (熱膨張率) と、ブラダ 3 0 に所望のレベルの剛性を与えるように選択された密度とを有する流動性の充填材料 6 6 で満たされる。隔壁 3 5 の一方の側部 7 5 が、流体リザーバ 3 2 によって供給される流体にさらされる。オートクレーブ圧力 P_A によってブラダ 3 0 に押し付けられたリザーバ 5 6 からの流体が、隔壁 3 5 に対して流体圧力 P_F (図 1 2) を働かせ、隔壁 3 5 を、図 1 2 に示されている位置 3 5 a に内向きに撓ませる。充填材料 6 6 の加圧により、外向きの圧力 6 8 が複合チャージ 2 0 に対して働く。

10

【 0 0 5 3 】

次に図 1 3 を参照すると、上述の非通気式ブラダシステム 2 5 内に漏れがある場合、ブラダシステム 2 5 は真空バッグ 2 4 の下で封止されているので、オートクレーブ 2 6 (図 1) 内の空気の体積が複合チャージ 2 0 に達しない。それどころか、ブラダ 3 0 または流体リザーバ 3 2 のどちらかに漏れがある場合 (図 1 0 ~ 1 2) に複合チャージ 2 0 に達する可能性がある流体の総量は、流体リザーバ内側容積 5 6 にブラダチャンバ容積 6 5 を加算したものに限定される。

【 0 0 5 4 】

次に、上述の非通気式ブラダシステム 2 5 を使用してオートクレーブ硬化するための方法のステップを広く例示する図 1 4 に注目する。ステップ 7 0 で開始して、複合樹脂チャージ 2 0 が、硬化工具とすることができると好適な工具上に配置される。7 2 では、可撓性の膨張可能なブラダ 3 0 が、チャージ 2 0 の内部キャビティ 2 8 内に設置される。7 4 では、可撓性のブラダ 3 0 が、一定量の流体を収容する可撓性の流体リザーバ 3 2 と結合される。7 6 では、流体リザーバ 3 2 と共に複合チャージ 2 0 が、真空バッグなど可撓性のバッグ 2 4 で覆われ、次いでバッグ 2 4 が硬化工具 2 2 に対して封止される。7 8 では、流体リザーバ 3 2 を圧縮し、リザーバ 3 2 から流体をブラダ 3 0 内に押し込むために、オートクレーブ圧力 P_A がバッグ 2 4 に加えられ、それにより、オートクレーブ圧力によって複合チャージ 2 0 に加えられる力に反作用するようにブラダ 3 0 を加圧する。任意選択で、ステップ 8 0 では、ブラダ 3 0 内の内部隔壁 3 5 を使用し、流体リザーバ 3 2 によって生成される流体圧力を使用してブラダ 3 0 に圧力を伝達してもよい。また、任意選択で、ステップ 8 2 では、硬化および真空バッグ 2 4 の取外しに続いて、流体リザーバ 3 2 を好適な真空源と結合することによって、流体リザーバ 3 2 内の圧力を解放し、ブラダ取外しの助けとすることができる。

20

30

【 0 0 5 5 】

複合材部品チャージ 2 0 を硬化する代替の方法が、図 1 5 に示されている。8 4 では、複合材部品チャージ 2 0 が工具 2 2 上に配置され、8 6 では、ブラダ 3 0 が複合材部品チャージ 2 0 のキャビティ 2 8 内に設置される。ブラダ 3 0 は、ステップ 8 8 で流体のリザーバ 3 2 と結合される。次に、ステップ 9 0 に示されているように、可撓性のバッグ 2 4 が複合材部品チャージ 2 0 および流体のリザーバ 3 2 を覆って封止される。ステップ 9 2 では、可撓性のバッグ 2 4 を使用し、オートクレーブ圧力を流体のリザーバ 3 2 に伝達し、リザーバ 3 2 から流体をブラダ 3 0 内に押し込む。

40

【 0 0 5 6 】

本開示の実施形態は、様々な潜在的な応用例、たとえば航空宇宙、船舶、自動車応用例を含めて特に輸送産業、および複合材部品のオートクレーブ硬化を使用することができる他の応用例において使用される可能性がある。したがって、次に図 1 6 および図 1 7 を参照すると、本開示の実施形態は、図 1 6 に示されている航空機製造および整備方法 9 4、ならびに図 1 6 に示されている航空機 9 6 の状況において使用することができる。開示されている実施形態の航空機応用例は、たとえば限定しないが、いくつか例を挙げれば、ビーム、スパー、およびストリングなど、限定しないがスティフナの硬化を含むことができ

50

る。生産前段階中には、例示的な方法 9 4 は、航空機 9 6 の仕様および設計 9 8 と、材料調達 1 0 0 とを含むことができる。生産中には、航空機 9 6 の構成部品およびサブアセンブリ製造 1 0 2 ならびにシステム統合 1 0 4 が行われる。その後で、航空機 9 6 は、運用に移す (1 0 8) ために検証および出荷 1 0 6 を受けることができる。顧客によって運用されている間、航空機 9 6 には、日常の保守および整備 1 1 0 が予定されており、やはり改修、再構成、リハーピッシュなどを含む可能性がある。

【0057】

方法 9 4 のプロセスのそれぞれは、システムインテグレータ、第三者、および/またはオペレータ (たとえば顧客) によって実行または実施されてもよい。この説明では、システムインテグレータは、限定しないが任意の数の航空機製造者および主要システム下請け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、下請け業者、および供給者を含むことができ、オペレータは、航空会社、リース会社、軍、整備企業などとすることができる。

【0058】

図 1 7 に示されているように、例示的な方法 9 4 によって生産された航空機 9 6 は、機体 1 1 2 を複数のシステム 1 1 4 およびインテリア 1 1 6 と共に含むことができる。高レベルシステム 1 1 4 の例は、推進システム 1 1 8、電気システム 1 2 0、油圧システム 1 2 2、および環境システム 1 2 4 の 1 つまたは複数を含む。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。航空宇宙の例が示されているが、本開示の原理は、船舶工業および自動車工業など、他の産業に応用することができる。

【0059】

本明細書に含まれているシステムおよび方法は、生産および整備方法 9 4 の段階の任意の 1 つまたは複数の間に使用することができる。たとえば、生産プロセス 1 0 2 に対応する構成部品またはサブアセンブリは、航空機 9 6 が運用されている間に生産される構成部品またはサブアセンブリと同様にして作製または製造されてもよい。また、1 つまたは複数の装置実施形態、方法実施形態、またはそれらの組合せは、生産段階 1 0 2、1 0 4 中に、たとえば航空機 9 6 の組立てを実質的に速めること、または航空機 9 6 のコストを削減することによって役立たせることができる。同様に、装置実施形態、方法実施形態、またはそれらの組合せの 1 つまたは複数は、航空機 9 6 が運用されている間に、たとえば限定しないが保守および整備 1 1 0 に役立たせることができる。

【0060】

様々な有利な実施形態の説明は、例示および説明のために提供されており、網羅的なものとするとも、開示されている形態にある実施形態に限定することも意図していない。多数の修正形態および変形形態が当業者には明らかになるであろう。さらに、異なる有利な実施形態は、他の有利な実施形態に比べて、異なる利点を提供することがある。選択された 1 つまたは複数の実施形態は、実施形態の原理、実用的な応用例について最もよく説明するために、また、企図されている特定の仕様に適した様々な修正形態と共に様々な実施形態について、当業者が本開示を理解することができるように、選択され述べられている。

【符号の説明】

【0061】

20 チャージ、複合ストリンガチャージ、複合チャージ、複合樹脂チャージ、複合樹脂部品

20 a ハット

20 b フランジ

22 硬化工具

23 ストリンガ

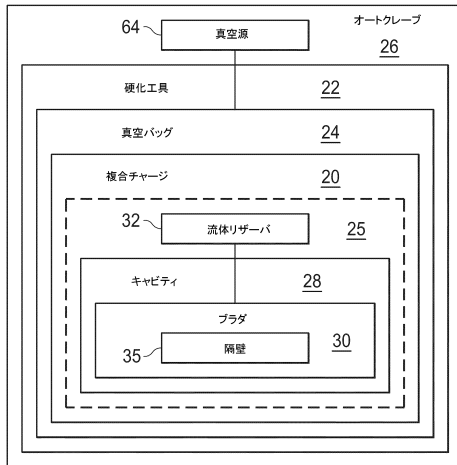
24 可撓性のバッグ、真空バッグ

25 非通気式ブラダシステム

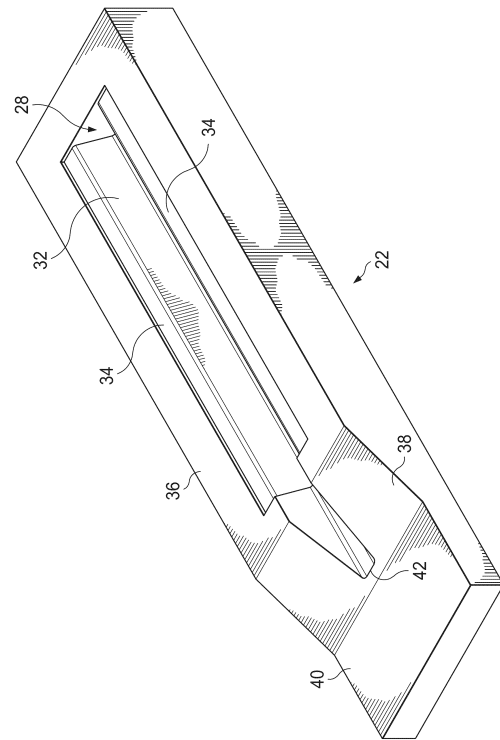
26 オートクレーブ

2 7	ハットセクション	
2 8	キャビティ	
2 9	フランジセクション	
3 0	ブラダ	
3 0 a	上部表面	
3 1	内部キャビティ	
3 2	ハットセクション工具面、流体リザーバ	
3 2 a	側部	
3 2 b	破線	
3 3	外板セクション	10
3 4	フランジセクション工具面	
3 5	内部隔壁	
3 5 a	位置	
3 6	工具表面、上部工具面	
3 8	面取り面	
4 0	端部セクション	
4 1	流体出口	
4 4	ブラダ通気穴	
4 6	複合外板チャージ	
4 8	当て板	20
5 0	シーラントテープ、封止用テープ	
5 2	真空プローブベース	
5 4	真空プローブ	
5 5	力	
5 6	リザーバ、内部容積	
5 8	ブラダ	
6 0	真空ポート	
6 4	真空源	
6 5	内側チャンバ	
6 6	充填材料	30
6 8	圧力	
7 5	側部	
9 6	航空機	
1 1 2	機体	
1 1 4	システム	
1 1 6	インテリア	
1 1 8	推進システム	
1 2 0	電気システム	
1 2 2	油圧システム	
1 2 4	環境システム	40
P _A	オートクレーブ圧力	
P _F	流体圧力	

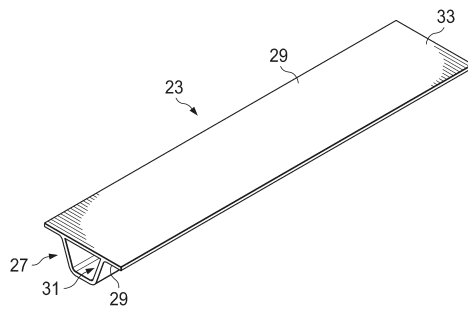
【図 1】



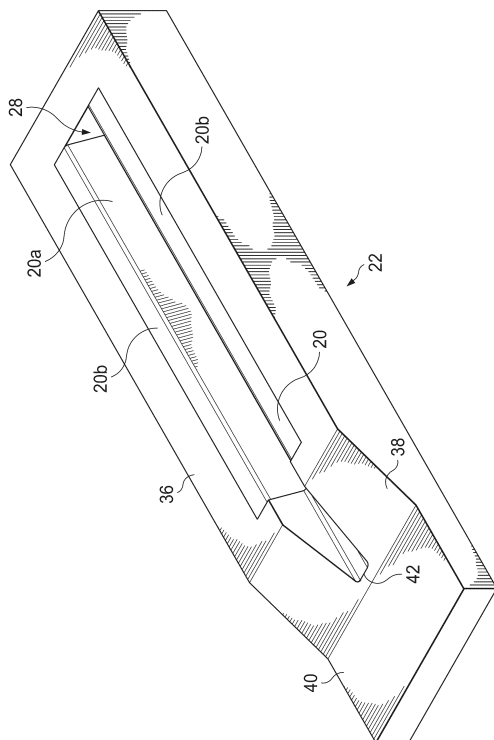
【図 3】



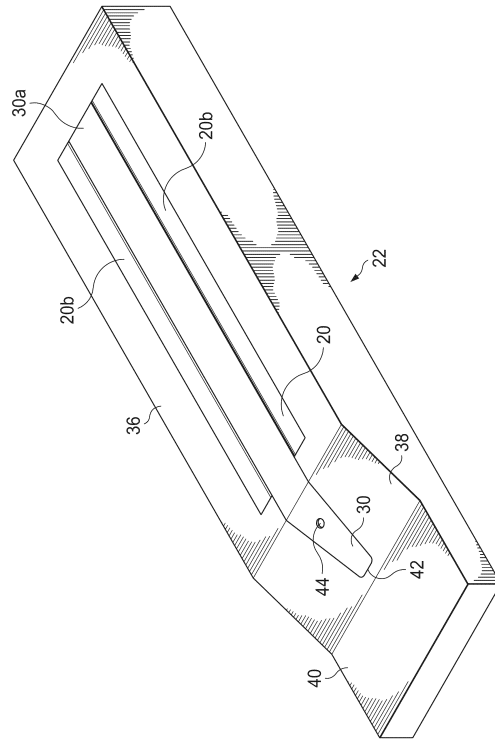
【図 2】



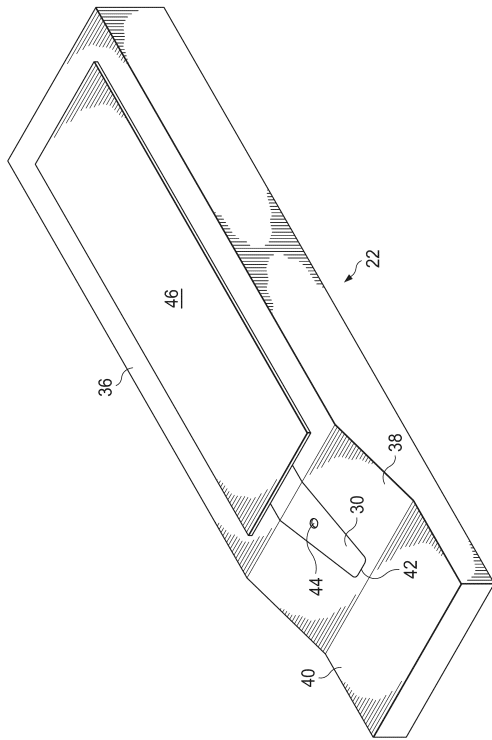
【図 4】



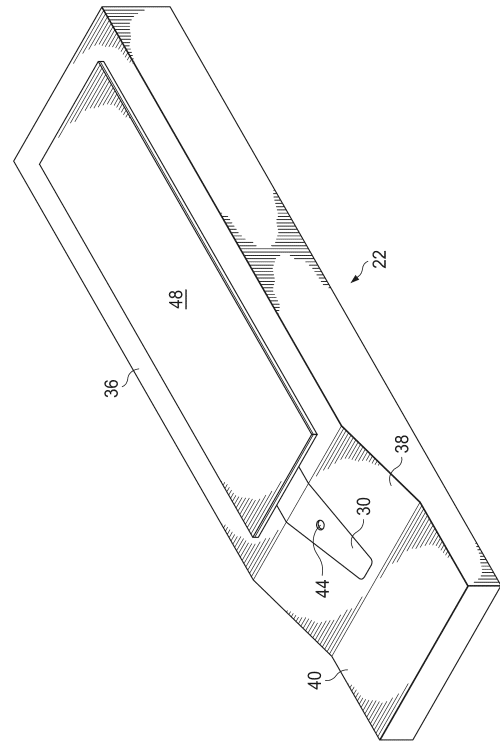
【図 5】



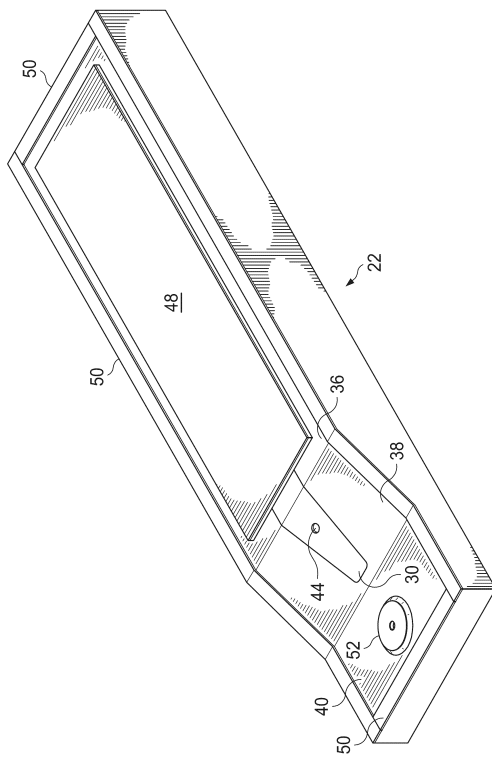
【図 6】



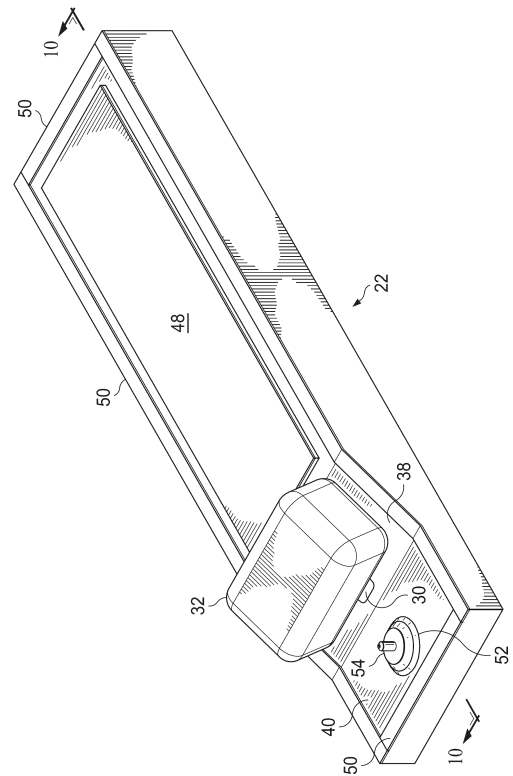
【図 7】



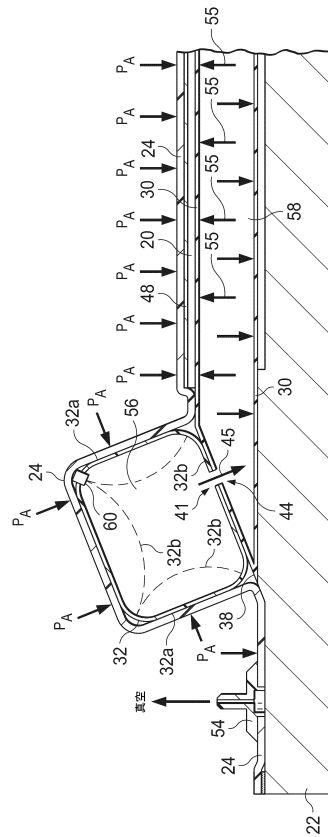
【図 8】



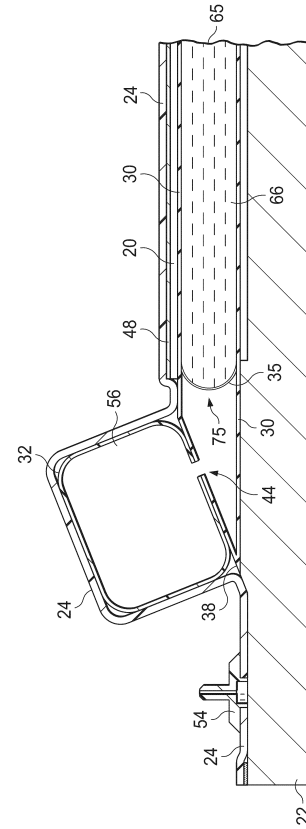
【図 9】



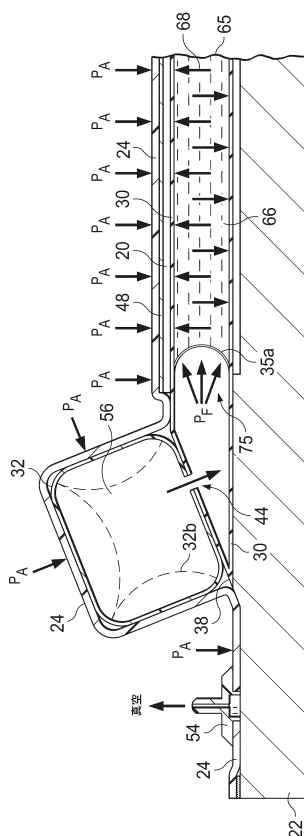
【図 10】



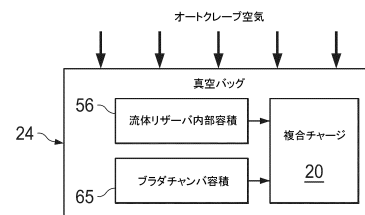
【図 11】



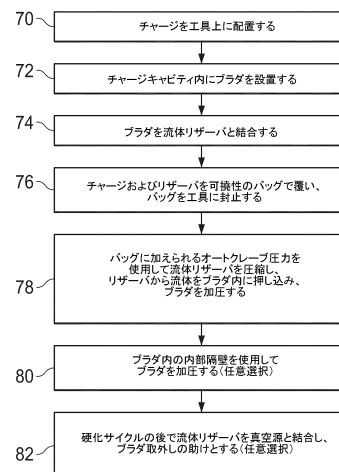
【図 12】



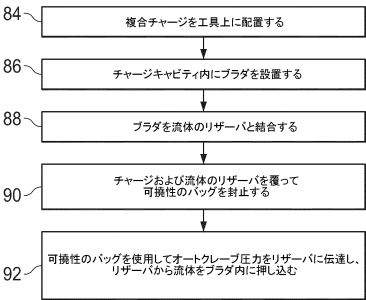
【図 13】



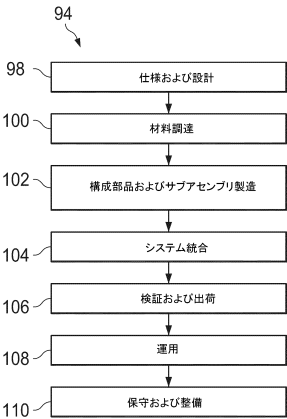
【図 14】



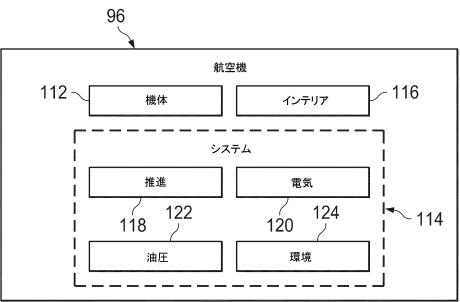
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
B 6 4 C	1/00	(2006.01)	B 6 4 C	1/00	B
B 6 4 F	5/10	(2017.01)	B 6 4 F	5/10	

(72)発明者 ウィルデン, カーティス エス.
 アメリカ合衆国 ワシントン 98042, ケント, サウスイースト 231番 ストリート
 16115

審査官 高 橋 理絵

(56)参考文献 国際公開第2009/020466(WO, A1)
 特開2011-152753(JP, A)
 特表2004-527393(JP, A)
 特開2010-131838(JP, A)
 特開2011-140226(JP, A)
 国際公開第03/101708(WO, A1)
 特表2012-509215(JP, A)
 国際公開第2010/059514(WO, A1)
 米国特許出願公開第2010/0124654(US, A1)
 特開2006-175866(JP, A)
 米国特許出願公開第2006/0134251(US, A1)

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