

(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 29 C 43/12	(2006.01)
B 29 C 43/36	(2006.01)
B 29 C 43/18	(2006.01)
B 29 C 43/34	(2006.01)
B 29 C 70/44	(2006.01)
B 29 C	43/12
B 29 C	43/36
B 29 C	43/18
B 29 C	43/34
B 29 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 義教
(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プラダシステム

(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プラダ(30)と、

前記プラダ(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)と前記プラダ(30)が閉じた系(25)内で共に結合されている、リザーバ(32)と、

前記可撓性のプラダ(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)と面と面との接觸をしている可撓性のバッグ(24)と、
10
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(20)
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】

前記プラダ(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、前記プラダ(30)に取り付けられており、前記プラダ(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は真空源(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】

前記プラダ(30)が、

前記プラダ(30)内で内側チャンバ(65)を形成する隔壁(35)と、

前記プラダ(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プラダ(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)が前記プラダ(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】

内部キャビティ(28)を有する複合チャージ(20)をオートクレープ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)、

前記キャビティ(28)内にプラダ(30)を設置すること(72)、

前記プラダ(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プ圧力を前記リザーバ(32)に伝達し、前記リザーバ(32)から流体を前記プラダ(30)内に押し込むこと(78)を含む方法。

【請求項10】

前記プラダ(30)を前記リザーバ(32)と結合すること(74)が、前記プラダ(30)が前記キャビティ(28)内に設置される前に前記プラダ(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】

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

前記プラダ(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 13】

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プ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12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

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プラダ(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13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、オートクレープ内で複合材部品を硬化させる際に使用されるプ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プ内で硬化させことがある。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プ圧力に反作用するように膨張可能なプラダなど工具をキャビティ内に配置しないと、オートクレープ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、膨張可能なプラダを、マンドレルのような硬化工具上でオートクレープ硬化される複合ストリンガレイアップのキャビティ内に挿入することがある。これらのプラダは、オートクレープ圧力までプラダを通気することによって加圧される。

20

【0003】

上述の通気式プ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、適正にプラダを通気することができないと、プラダが、加えられるオートクレープ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、不十分なプラダ加圧は、プ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、プ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、オートクレープ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ガが、他の部品と共に硬化される(cocured)場合、特に問題となり得る。たとえば、いくつかのストリンガを胴体の外板と共に硬化する場合、ストリンガ内に配置されたプラダのそれぞれが、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、プラダ内の漏れ、またはプ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プラダシステムが求められている。また、オートクレープ圧力まで通気することを必要とせず、プラダ通気穴シールの必要をなくするプ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、プラダの漏れ、シールの漏れ、および／またはオートクレープ圧力までプ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プ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プラダシステムは、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、プ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。流体リザーバがプ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、それによりプラダ通気口周りの漏れ経路をなくする。リザーバは、オートクレープが加圧されたときプラダキャビティを加圧する。プラダ内に漏れがある場合、プラダの容積分だけが部品内に漏れる。

【0006】

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プ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プラダと、プラダを加圧するための流体のリザーバとを備え、リザーバとプラダが閉じた系内で共に結合される。この装置は、可撓性のプ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プ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。プラダは通気穴を含み、流体リザーバの一部分が、プラダに取り付けられており、プ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。プラダは、プラダ内で内側チャンバを形成する隔壁と、プ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プ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、流体リザーバがプ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。

【0007】

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プ硬化する際に使用するための非通気式プラダシステムが提供される。非通気式プラダシステムは、複合材部品チャージに圧力を加えるように適合されたプラダと、一定量の流体を収容するように適合され、流体圧力をプラダに供給するためにオートクレープ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、オートクレープに通気されない閉じた流体系内でプラダと結合される。流体リザーバは、プラダに取り付けられる。流体リザーバは流体出口を含み、プラダは、この流体出口に結合された通気穴を含む。プラダは、流体リザーバからの流体にさらされ、プラダ内で内部チャンバを形成する隔壁と、プ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。

【0008】

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プラダと、プ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、プラダ、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プ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。プラダは、プ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。リザーバおよびプラダは、外部圧力に通気されない閉じた流体系を形成する。

【0009】

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プ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、キャビティ内にプラダを設置すること、プ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

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、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プラダ内に押し込むことを含む。プラダをリザーバと結合することは、プラダがキャビティ内に設置される前にプ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、プラダを充填材料で満たすことによってプラダを剛性化すること、およびプ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など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プラダを加圧し、流体リザーバから流体をプラダ内に押し込むなどを含む。オートクレーブ圧力を使用し、流体リザーバから流体をプ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プラダと、プラダを加圧するための流体のリザーバとを備え、リザーバとプ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、可撓性のプ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、プラダが通気穴を含み、流体リザーバの一部分が、プラダに取り付けられており、プ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、プラダが、プラダ内で内側チャンバを形成する隔壁と、プ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プ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、流体リザーバがプ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

るための非通気式プ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プラダと、一定量の流体を収容するように適合され、流体圧力をプラダに供給するためにオートクレープ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、オートクレープに通気されない閉じた流体系内でプラダと結合される、非通気式プラダシステムが提供される。

【0021】

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

【0022】

この非通気式プラダシステムでは、流体リザーバが流体出口を含み、プラダが、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

【0023】

この非通気式プラダシステムでは、プラダが、流体リザーバからの流体にさらされ、プラダ内で内部チャンバを形成する隔壁と、プ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。

【0024】

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プラダと、プ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、プラダ、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

【0025】

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プラダに取り付けられることが有利である。

【0026】

この装置では、リザーバが、可撓性のバッグと対面接觸し、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。

【0027】

この装置では、プラダが、プ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

【0028】

この装置では、リザーバおよびプラダが、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。

【0029】

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プ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、キャビティ内にプラダを設置すること、プ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プ圧力をリザーバに伝達し、リザーバから流体をプラダ内に押し込むことを含む方法が提供される。 40

【0030】

この方法では、プラダをリザーバと結合することが、プラダがキャビティ内に設置される前にプ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。

【0031】

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。

【0032】

この方法は、プラダを充填材料で満たすことによってプラダを剛性化すること、および、プ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

【0033】

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¹⁰とをさらに含むことが有利である。

【0034】

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プ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。

【0035】

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ーブ硬化する方法であって、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プラダを加圧して、流体リザーバから流体をプラダ内に押し込むことを含む方法が提供される。

【0036】

さらに、この方法では、オートクレーブ圧力を使用し、流体リザーバから流体をプ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、オートクレーブ圧力を流体リザーバに伝達することを含む。

【0037】

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。

【0038】

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考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】**【0039】**

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

30

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

【図3】複合ストリンガ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ガチャージを示す図である。

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

【図6】図5と同様であるが、ストリンガ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。

40

【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、可撓性のプ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、プ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、プラダは、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ーブ圧力を介してプラダが加圧されているところを示す図である。

【図13】非通気式プ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

50

積を示す線図である。

【図14】非通気式プ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】非通気式プ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プラダ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プラダシステム25を形成するようにプラダ30と結合される。換言すれば、プラダ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、プラダ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、プラダ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】

下記により詳細に論ずるように、プラダ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、プラダ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、プラダ30は非通気式である。それどころか、プラダ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プラダシステム25を形成する。任意選択で、プラダ30は、流体リザーバ32から供給される流体から、プラダ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、プラダ30は、部分的にわずかにつぶれることができ、それによりプラダ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からプラダ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プ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

、ストリンガ 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、複合ストリンガ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 はストリンガ 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プラダシステム 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、複合ストリンガチャージ 20 が硬化工具 22 上に配置されている。ストリンガチャージ 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。ストリンガチャージ 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、ストリンガを硬化工具 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、ストリンガチャージ 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、可撓性のプラダ 30 がストリンガチャージ 20 のキャビティ 28 (図 4) 内に配置される。プラダ 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。プラダ 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 からプラダを後で取り外すのを容易にすることができる。プラダ 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プラダ通気穴 44 を含む。この例では、プラダ 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プラダ 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、プラダ 30 を覆い隠し、ストリンガチャージ 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

【 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 がプラダ 30 に取り付けられ、その結果、望むなら、プラダ 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、プラダ 30 内の通気穴 44 (図 8) と結合され、プラダ 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、プラダ 30 に永続的に取り付けられ、プラダ 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プラダ 30 が複合チャージ 20 内に設置されるたびに、プラダ 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、プ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

40

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、プラダ 30 の一端に対面接触して取り付けられており、プラダ 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 とプラダ 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、プラダ 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、ポリエスチ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 、およびプラダ 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、これによりプラダ 30 内の圧力が低下し、プラダ 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。このようにプラダ 30 が収縮することにより、プラダ 30 の最大断面寸法（図示せず）が、硬化後のストリンガからプラダ 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）、プラダ通気穴 44 を通ってプラダ 30 に入り、それによりプラダ 30 が内部加圧される。プラダ 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、流体はプラダ 58 から通気穴 44 を通って流体リザーバ 32 内に流れ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、プラダ 30 に対して永続的に封止されてもよく、したがって、プラダ 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 をプラダ 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。プラダ 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、プラダ 30 と流体リザーバ 32 の総容積に限定される。なぜなら、プラダシステム 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。

10

20

30

40

50

【0052】

開示されている非通気式プラダシステムの代替の実施形態が、図11および図12に示されている。この実施形態では、プラダ30は、プラダ30の内側チャンバ65を、流体リザーバ32によって供給される流体から分離する内部隔壁35を含む。隔壁35は、可撓性の材料製であり、プラダ30と一体に形成されてもよい。プラダチャンバ65は、比較的低いCTE(熱膨張率)と、プラダ30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66で満たされる。隔壁35の一方の側部75が、流体リザーバ32によって供給される流体にさらされる。オートクレープ圧力P_Aによってプラダ30に押し付けられたリザーバ56からの流体が、隔壁35に対して流体圧力P_F(図12)を働かせ、隔壁35を、図12に示されている位置35aに内向きに撓ませる。充填材料66の加圧により、外向きの圧力68が複合チャージ20に対して働く。

【0053】

次に図13を参照すると、上述の非通気式プラダシステム25内に漏れがある場合、プラダシステム25は真空バッグ24の下で封止されているので、オートクレープ26(図1)内の空気の体積が複合チャージ20に達しない。それどころか、プラダ30または流体リザーバ32のどちらかに漏れがある場合(図10~12)に複合チャージ20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56にプラダチャンバ容積65を加算したものに限定される。

【0054】

次に、上述の非通気式プラダシステム25を使用してオートクレープ硬化するための方法のステップを広く例示する図14に注目する。ステップ70で開始して、複合樹脂チャージ20が、硬化工具とができる好適な工具上に配置される。72では、可撓性の膨張可能なプラダ30が、チャージ20の内部キャビティ28内に設置される。74では、可撓性のプラダ30が、一定量の流体を収容する可撓性の流体リザーバ32と結合される。76では、流体リザーバ32と共に複合チャージ20が、真空バッグなど可撓性のバッグ24で覆われ、次いでバッグ24が硬化工具22に対して封止される。78では、流体リザーバ32を圧縮し、リザーバ32から流体をプラダ30内に押し込むために、オートクレープ圧力P_Aがバッグ24に加えられ、それにより、オートクレープ圧力によって複合チャージ20に加えられる力に反作用するようにプラダ30を加圧する。任意選択で、ステップ80では、プラダ30内の内部隔壁35を使用し、流体リザーバ32によって生成される流体圧力を使用してプラダ30に圧力を伝達してもよい。また、任意選択で、ステップ82では、硬化および真空バッグ24の取外しに続いて、流体リザーバ32を好適な真空源と結合することによって、流体リザーバ32内の圧力を解放し、プラダ取外しの助けとすることができます。

【0055】

複合材部品チャージ20を硬化する代替の方法が、図15に示されている。84では、複合材部品チャージ20が工具22上に配置され、86では、プラダ30が複合材部品チャージ20のキャビティ28内に設置される。プラダ30は、ステップ88で流体のリザーバ32と結合される。次に、ステップ90に示されているように、可撓性のバッグ24が複合材部品チャージ20および流体のリザーバ32を覆って封止される。ステップ92では、可撓性のバッグ24を使用し、オートクレープ圧力を流体のリザーバ32に伝達し、リザーバ32から流体をプラダ30内に押し込む。

【0056】

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プ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16および図17を参照すると、本開示の実施形態は、図16に示されている航空機製造および整備方法94、ならびに図16に示されている航空機96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る。

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(108)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。10

【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。20

【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。30

【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ことも、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、選択され述べられている。

【符号の説明】

【0061】

2 0 チャージ、複合ストリングチャージ、複合チャージ、複合樹脂チャージ、複合樹脂部品

2 0 a ハット

2 0 b フランジ

2 2 硬化工具

2 3 ストリング

2 4 可撓性のバッグ、真空バッグ

2 5 非通気式プラダシステム

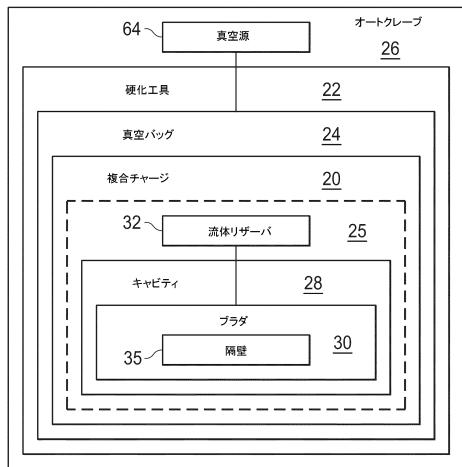
2 6 オートクレーブ

40

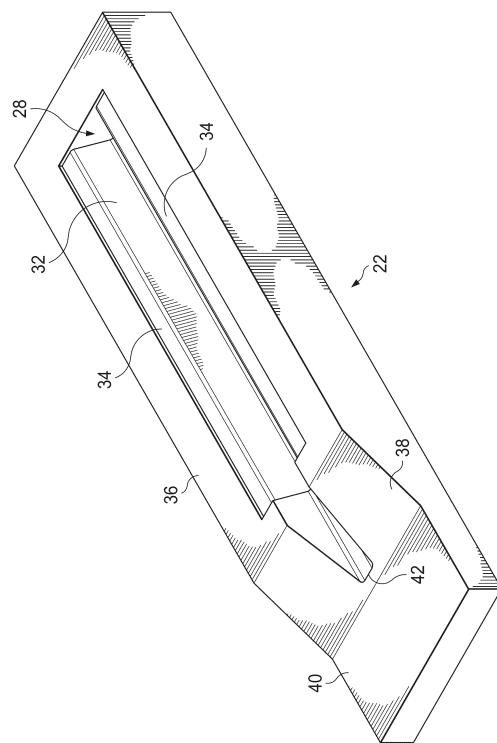
50

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	プラダ	
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	プラダ通気穴	
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	プラダ	
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	

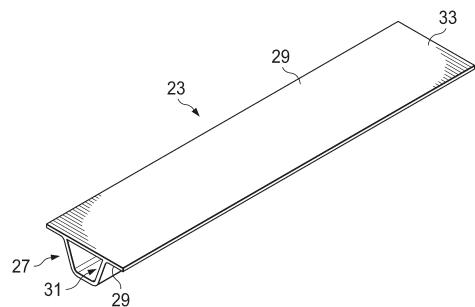
【図1】



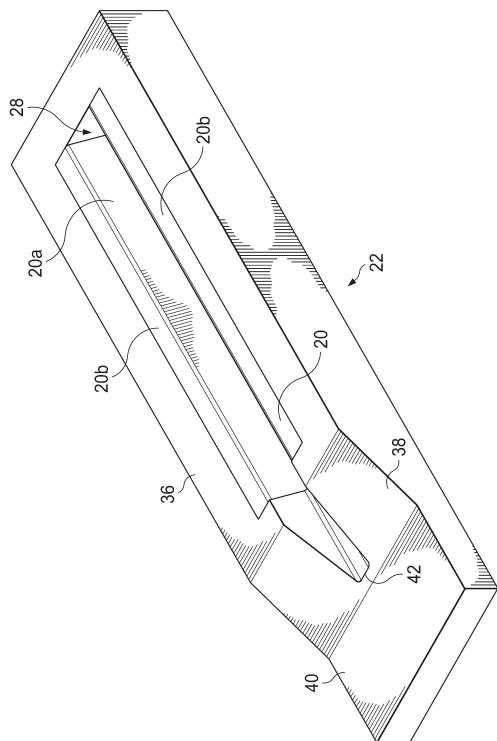
【図3】



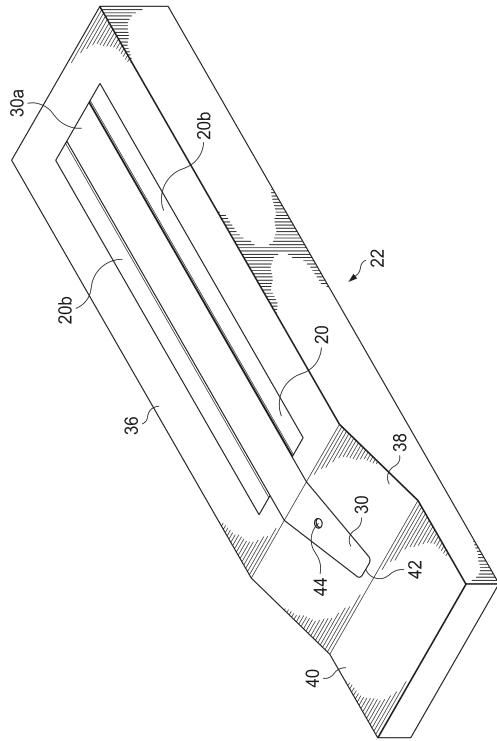
【図2】



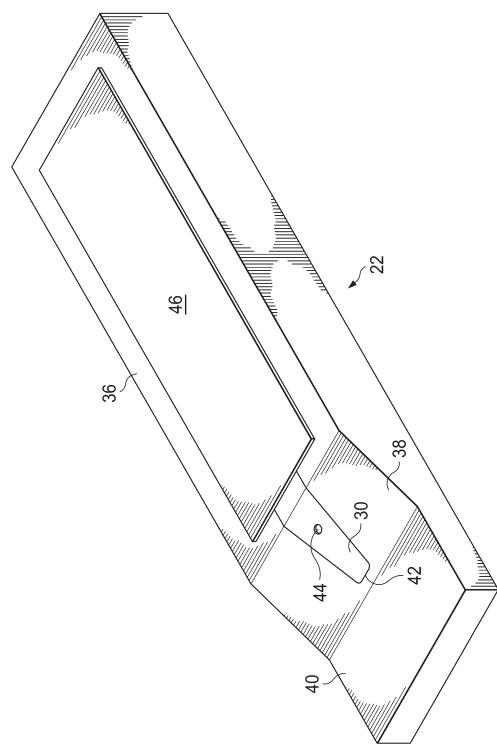
【図4】



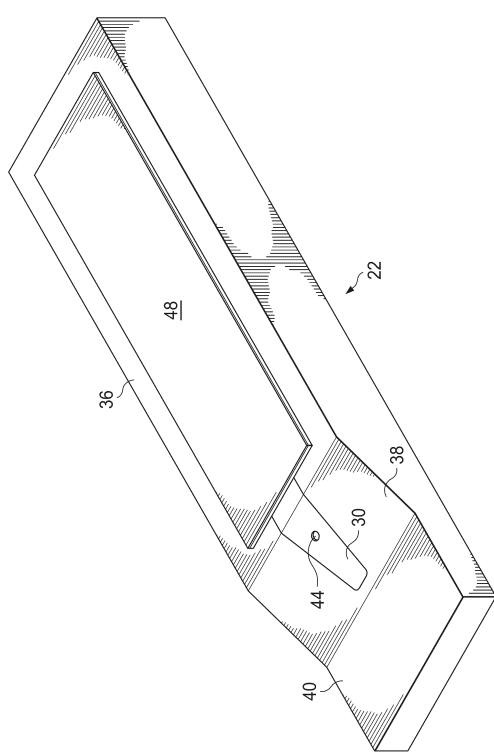
【図5】



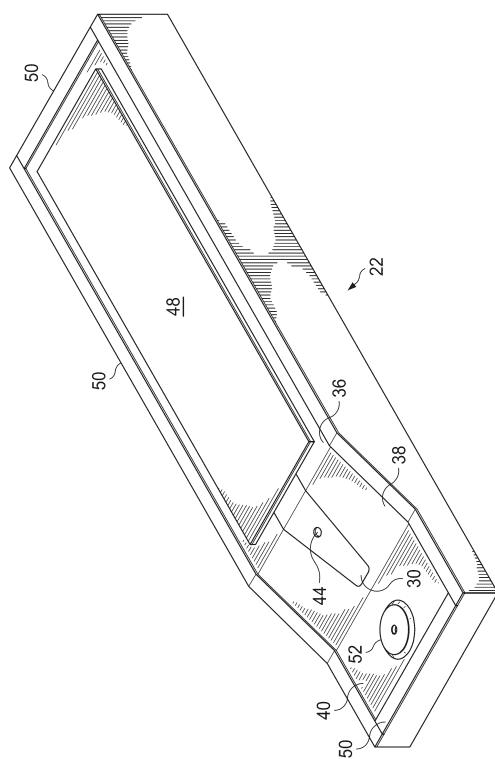
【図6】



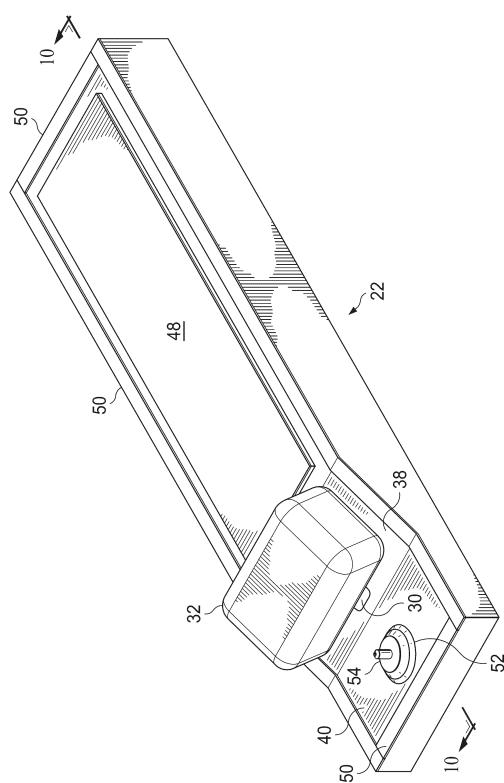
【図7】



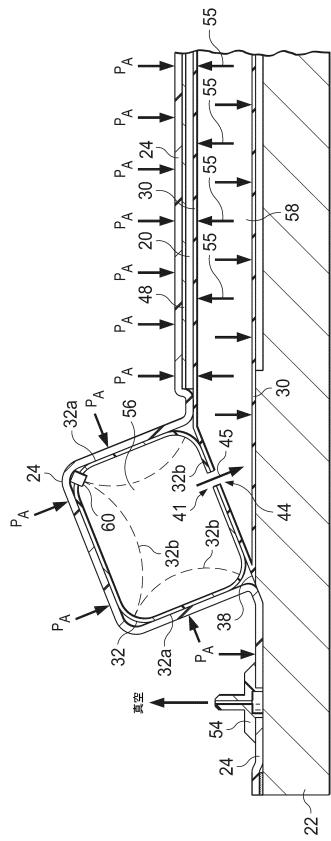
【図8】



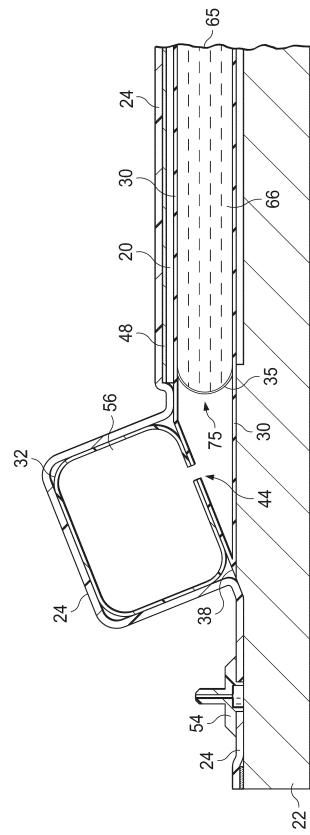
【図9】



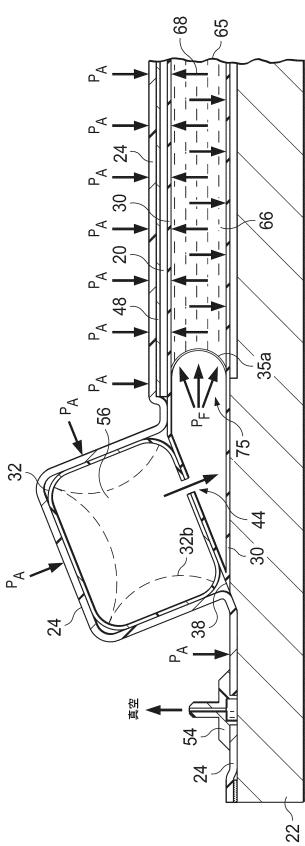
【図10】



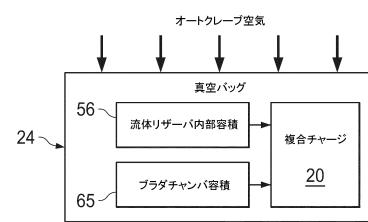
【図11】



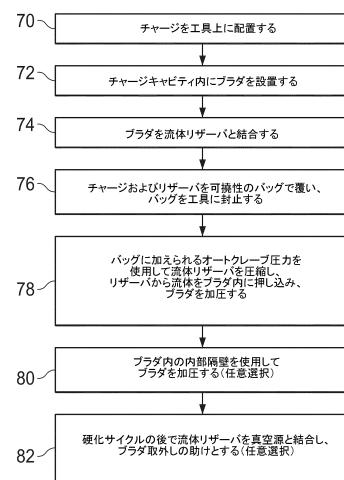
【図12】



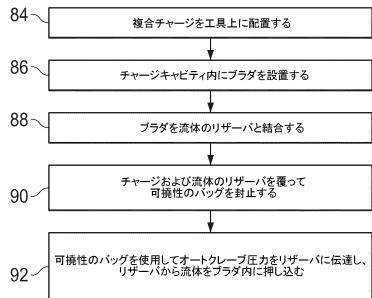
【図13】



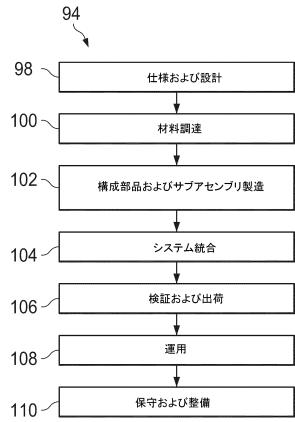
【図14】



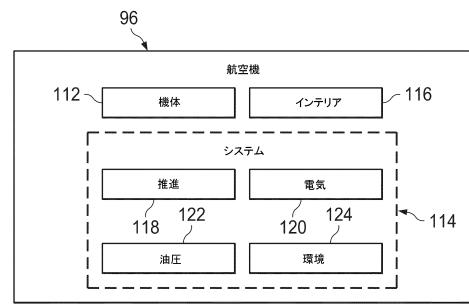
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int.CI. 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.CI., DB名)

B 2 9 C 43/00 - 43/58
B 2 9 C 70/00 - 70/88