

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6452628号  
(P6452628)

(45) 発行日 平成31年1月16日 (2019. 1. 16)

(24) 登録日 平成30年12月21日 (2018. 12. 21)

(51) Int. Cl.

F I

<b>B 2 9 C</b>	<b>43/12</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>43/12</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>43/34</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>43/34</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>70/44</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>70/44</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>73/10</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>73/10</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>73/12</b>	<b>(2006. 01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>73/12</b>

請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-556943 (P2015-556943)  
 (86) (22) 出願日 平成26年1月6日 (2014. 1. 6)  
 (65) 公表番号 特表2016-506885 (P2016-506885A)  
 (43) 公表日 平成28年3月7日 (2016. 3. 7)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/010290  
 (87) 国際公開番号 W02014/123646  
 (87) 国際公開日 平成26年8月14日 (2014. 8. 14)  
 審査請求日 平成28年12月8日 (2016. 12. 8)  
 (31) 優先権主張番号 13/761, 785  
 (32) 優先日 平成25年2月7日 (2013. 2. 7)  
 (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 110002077  
 園田・小林特許業務法人  
 (72) 発明者 ハンクス, デニス ジェー.  
 アメリカ合衆国 ワシントン 98124  
 -2207, シアトル, メール コー  
 ド 4イー-97, ポスト オフィス  
 ボックス 3707

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造を再加工するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合構造 (20) のエリア (22) を再加工する方法であって、  
再加工する前記エリア (22) 内で前記複合構造の一部を除去することと、  
乾燥繊維パッチ (24) の内側 (33) を前記一部が除去された後の複合構造 (20)  
の凹部の底 (30) に対して配置することと、  
 真空バッグ (36) を前記乾燥繊維パッチ (24) の外側 (37) 上方に配置すること  
 と、  
 真空源 (42) を前記乾燥繊維パッチ (24) の前記外側 (37) から前記乾燥繊維パ  
 ッチ (24) に挿入することと、  
 樹脂を前記乾燥繊維パッチ (24) の前記外側 (37) から前記乾燥繊維パッチ (24  
 ) に流し込むことにより、前記乾燥繊維パッチ (24) に樹脂を注入することと、  
 樹脂を前記乾燥繊維パッチ (24) を通して前記乾燥繊維パッチ (24) の前記内側 (3  
 3) に押し込むために、前記真空源 (42) を使用することと  
 を含み、  
 前記真空源 (42) を挿入することは、中空針 (50) を、前記真空バッグ (36) を  
 通して、前記乾燥繊維パッチ (24) の内側 (33) まで挿入することと、前記中空針 (5  
 0) と前記真空バッグ (36) との間に実質的に真空気密のシール (52) を形成する  
 こととを更に含む、方法。

【請求項 2】

前記乾燥繊維パッチ(24)の内側(33)を前記一部が除去された後の複合構造(20)の凹部の底(30)に対して配置することは、

前記乾燥繊維パッチ(24)と前記複合構造(20)との間に接着強化層を配置することを含み、

前記真空源(42)を挿入することは、前記中空針(50)を、前記真空バッグ(36)及び前記乾燥繊維パッチ(24)の最も厚い部分を通して、実質的に前記底(30)まで挿入することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記乾燥繊維パッチ(24)に樹脂が注入された後に、前記真空源(42)を前記乾燥繊維パッチ(24)から除去することを更に含む、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

前記複合構造(20)の厚さ(t)を部分的に通ってスカーフ(26)を形成することを更に含む、

前記乾燥繊維パッチ(24)の内側(33)を前記一部が除去された後の複合構造(20)の凹部の底(30)に対して配置することは、前記スカーフ(26)の底(30)に対して前記乾燥繊維パッチ(24)の前記内側(33)を配置することを含み、前記真空源(42)を挿入することは、前記中空針(50)を前記乾燥繊維パッチ(24)の最も厚い部分を通して実質的に前記スカーフ(26)の底(30)まで挿入することを含む、請求項1から3の何れか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記真空源(42)を前記乾燥繊維パッチ(24)から除去することは、  
前記中空針(50)を前記乾燥繊維パッチ(24)から及び前記真空バッグ(36)から引き抜くことと、  
前記真空バッグ(36)を通した前記中空針(50)の挿入中に前記真空バッグ(36)を貫通したことにより生じる前記真空バッグ(36)の穴を密閉することとを含む、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

前記真空源(42)を前記乾燥繊維パッチ(24)に挿入することは、  
複数の前記中空針(50)を前記乾燥繊維パッチ(24)を通して、前記乾燥繊維パッチ(24)のエリア上方で間隔を空けた位置に挿入することを含む、請求項1から5の何れか一項に記載の方法。

【請求項7】

差分樹脂圧を使用して、前記乾燥繊維パッチ(24)に樹脂を注入することを更に含む、請求項1から6の何れか一項に記載の方法。

【請求項8】

前記樹脂を前記乾燥繊維パッチ(24)の前記外側(37)から前記乾燥繊維パッチ(24)に流し込むことは、

樹脂分配管(60)を、前記真空バッグ(36)下方の前記乾燥繊維パッチ(24)の前記外側(37)に配置することと、

樹脂を前記樹脂分配管(60)に供給することとを含む、請求項1から7の何れか一項に記載の方法。

【請求項9】

内側(33)及び外側(37)を有する乾燥繊維パッチ(24)の樹脂注入を使用して、複合構造(20)のエリア(22)を再加工するための装置であって、再加工する前記エリア(22)内で前記複合構造の一部が除去されており、

前記内側(33)が、前記一部が除去された後の複合構造(20)の凹部の底(30)に対して配置される前記乾燥繊維パッチ(24)を圧縮するための、前記乾燥繊維パッチ(24)の前記外側(37)上方に配置されるように適合される真空バッグ(36)と、

前記真空バッグ(36)を貫通し、前記乾燥繊維パッチ(24)の厚さ(d)を通して、前記乾燥繊維パッチ(24)の内側(33)まで、下に延びるように適合される中空針

10

20

30

40

50

(50)と、

前記中空針(50)と前記真空バッグ(36)との間の真空シール(52)と、

前記乾燥繊維パッチ(24)の前記内側(33)で真空を生成するための、前記中空針(50)と連結される真空ライン(40)とを備える、装置。

【請求項10】

制御された部分気圧で前記乾燥繊維パッチ(24)の前記外側(37)に樹脂を供給するための樹脂のリザーバ(46)と、

前記乾燥繊維パッチ(24)の前記内側(33)で真空を生成し、余分な樹脂を前記乾燥繊維パッチ(24)から取り除くための、前記中空針(50)と連結された真空源(42)と

を更に備え、

前記中空針(50)は、前記乾燥繊維パッチ(24)の最も厚い部分を通して、実質的に前記底(30)まで、下に延びるようにさらに適合される、請求項9に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、構造、特に複合材料を再加工及び/又は強化するための機器並びにプロセスに関し、さらに具体的には、構造をその一側面から再加工するための方法並びに装置を扱う。

【背景技術】

【0002】

複合構造は、構造を設計許容度内に収める、又は局所を強化するために再加工を必要とし得る一つ又は複数の不具合を含む局所を有することがある。

【0003】

構造の局所を再加工するための一つの技術は、その局所全域にパッチを機械的に留めることを含むが、留め具は、航空機の重量及び/又は航空機の抗力を増加させることがあり、さらに用途によっては外見的に好ましくないこともある。

【0004】

同様に、接着された再加工パッチはまた、休み装置機構(arrestment mechanism)を形成する補助的荷重経路を提供し、不具合が大きくなるのを制限するために、機械的留め具の使用を必要とすることもある。

【0005】

湿式レイアップ技術と呼ばれる、構造を再加工するためのさらに別の技術は、織物又は編物などの繊維強化材を含む湿式プライのハンドレイアップ、及びレイアップされる間に湿式樹脂をプライに適用することを含む。湿式レイアップ技術は、空気の封じ込めをパッチ内に生じさせ得、これにより再加工されるエリアに好ましくない空隙が形成され得る。これらの空隙は、再加工されるエリアに好ましくない影響を及ぼすことがあり、再加工されるエリアが仕様を満たしていることの検証を困難にすることがある。湿式レイアップ技術はまた、大きな労働力を要し、修理技術者が湿式樹脂に接近しなければならず、更には、過度の洗浄活動を要求することにもなり得る。

【0006】

用途によっては、先述の問題は、乾燥繊維プリフォームパッチの樹脂注入を用いることにより回避され得る。乾燥繊維プリフォームをスカーフ継ぎで接合された外板などの構造上に配置した後に、樹脂が外板外側から繊維プリフォームに注入されるのに対し、余分な樹脂が外板内側のプリフォームから引き抜かれている。この技術は、有効である間、構造の両側、例えば、外板の内側及び外側への物理的なアクセスを必要とする。結果として、この技術は、構造の一側面へのアクセスが困難又は不可能である用途での使用には適していないこともある。

【0007】

10

20

30

40

50

したがって、空気の封じ込めに起因する空隙を削減又は排除する構造、特に複合材料を再加工するための方法及び装置が必要とされる。また、構造の一側面のみへのアクセスが可能である用途での使用に適合され得る先述の方法及び装置も必要である。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0008】

開示される実施形態は、構造の一側面のみから、例えば、航空機外板の外側から、取り付け注入することができる乾燥繊維プリフォームパッチの樹脂注入を使用して構造を再加工するための方法及び装置を提供する。樹脂注入プロセス中のパッチ内の高圧エリアは、実質的に排除され、これにより再加工されるエリアの空気の封じ込め及び関連する空隙が回避される。実施形態は、労働力を削減し、人の湿式樹脂への接触の必要性を回避し、荷重を運ぶ複合構造部材の再加工を可能にする。開示される方法は、制御された気圧樹脂注入を使用して実施され得、構造の空隙を最適化することができる。

【0009】

一つの開示される実施形態によれば、構造のエリアを再加工する方法が提供される。方法は、パッチを構造上に配置することと、真空源をパッチの外側からパッチに挿入することと、入ってくる高圧樹脂を、パッチを通してパッチの内側に押し込む非常に低圧のエリアを作り出すために、真空源を使用することとを含む。パッチは、乾燥繊維パッチであり得る。方法は、真空バッグをパッチの外側上方に配置することと、バッグを排気して乾燥繊維パッチを圧縮することと、次いで、樹脂をパッチの外側からパッチに流し込むことにより、パッチに樹脂を注入することとを更に含み得る。方法はまた、パッチに樹脂が注入された後に、真空源をパッチから除去することとを含み得る。方法は、構造の厚さを部分的に通ってスカーフを形成することとを更に含み得、パッチを構造上に配置することは、スカーフの底に対してパッチの内側を配置することを含む。真空源を挿入することは、中空針を繊維パッチの最も厚い部分を通して実質的にスカーフの底まで挿入することを含む。真空源を挿入することは、中空針を真空バッグを通して挿入することと、中空針と真空バッグとの間に実質的に真空気密のシールを形成することとを更に含む。真空源を繊維パッチから除去することは、中空針を繊維パッチから及び真空バッグから引き抜くことと、中空針による真空バッグの貫通から生じる真空バッグの穴を密閉することとを含む。方法は、針が繊維パッチから引き抜かれ、バッグが密閉された後に、真空バッグを排気することにより、樹脂が注入されたパッチを圧縮することとを更に含み得る。パッチに樹脂を注入することは、差分樹脂圧 (differential resin pressure) を使用して実行される。樹脂を繊維パッチの外側から繊維パッチに流し込むことは、樹脂分配管を、真空バッグ下方の繊維パッチの外側に配置することと、樹脂を樹脂分配管に供給することとを含む。

【0010】

別の開示される実施形態によれば、構造のエリアを再加工する方法であって、構造の厚さを部分的に通ってスカーフを形成することと、内側及び外側を有する乾燥繊維パッチを製造することと、スカーフの底で構造に対してパッチの内側を配置することを含む、パッチをスカーフ内部に取り付けることとを含む方法が提供される。方法はまた、繊維パッチ上方に真空バッグを取り付けることと、パッチの外側からパッチを通して真空デバイスを挿入することと、バッグを排気して乾燥繊維パッチを圧縮することと、次いでパッチに樹脂を注入することと、樹脂をパッチを通してパッチの内側に押し込むために真空デバイスを使用することとを含む。方法は、パッチに樹脂が注入された後に、真空源をパッチから除去することとを更に含む。パッチを通して真空デバイスを挿入することは、真空針の先端がパッチの厚さ部分を実質的に貫通するまで、真空バッグ及びパッチを通して中空針を挿入することを含む。方法は、真空バッグと真空針との間に実質的に真空気密のシールを形成することと、パッチに樹脂が注入された後に、パッチ及びバッグから真空針を引き抜くこととを更に含み得る。方法はまた、真空バッグから真空針を引き抜くことから生じる真空バッグの穴を密閉することとを含む。パッチに樹脂を注入することは、パッチの外側

の制御された気圧下で樹脂を案内することにより実行される。樹脂を案内することは、螺旋状に巻き付けられた管 (spiral wrap tube) をパッチの外側の外縁周囲に配置することと、螺旋状に巻き付けられた管を、部分気圧 (partial atmospheric pressure) で螺旋状に巻き付けられた管に樹脂を供給するように適合される樹脂のリザーバと連結させることとを含む。方法は、余分な樹脂を、中空針の端部を通してパッチから除去することを更に含み得る。

#### 【0011】

更に別の実施形態によれば、複合材構造のエリアをその一側面のみから再加工する方法が提供される。方法は、スカーフを複合材構造の一側面に形成することと、繊維パッチをスカーフに取り付けることと、パッチの内側を構造に接触するように配置することとを含むことと、真空バッグをパッチ上方に取り付けることと、中空針の先端がパッチの内側に近接するまで、中空針を真空バッグを通してパッチまで挿入することとを含む。方法は、中空針と真空バッグとの間にシールを形成することと、中空針を真空リザーバと連結することと、樹脂をパッチの外側に流し込むことによりパッチに樹脂を注入することと、樹脂を繊維パッチの内側に押し込むために中空針及び真空リザーバを使用することと、繊維パッチの余分な樹脂を中空針を通して除去することとを更に含む。方法はまた、パッチに樹脂が注入された後に、中空針をパッチから除去することを含む。パッチは、最大の厚さのエリアを有し得る。中空針を挿入することは、中空針の先端を繊維パッチの最大の厚さのエリアを通すことにより実行される。方法は、中空針をパッチ及び真空バッグから引き抜くことと、中空針を真空バッグから引き抜くことにより生じる真空バッグの穴を密閉することとを更に含む。樹脂をパッチの外側に流し込むことと、樹脂を繊維パッチの内側に押し込むために中空針及び真空リザーバを使用することとは、制御された部分気圧の樹脂注入を使用して実行され得る。

#### 【0012】

更なる実施形態によれば、内側及び外側を有する乾燥繊維パッチの樹脂注入を使用して、複合構造のエリアを再加工するための装置が提供される。装置は、パッチを圧縮するための、パッチの外側上方に配置されるように適合される真空バッグと、真空バッグを貫通し、パッチの厚さを通して下に延びるように適合される中空針とを備える。装置はまた、中空針と真空バッグとの間の真空シールと、パッチの内側で真空を生成するための、中空針と連結される真空ラインとを備える。装置は、制御された部分気圧で繊維パッチの外側に樹脂を供給するための樹脂のリザーバと、パッチの内側で真空を生成し、余分な樹脂をパッチから取り除くための、中空針と連結される真空源とを更に備え得る。

#### 【0013】

要するに、本発明の一つの態様によれば、構造のエリアを再加工する方法であって、パッチを構造上に配置することと、真空源をパッチの外側からパッチに挿入することと、樹脂をパッチを通してパッチの内側に押し込むために、真空源を使用することとを含む方法が提供される。

#### 【0014】

有利には、パッチを構造上に配置することは、乾燥パッチを構造上に配置することと、乾燥繊維パッチと構造との間に接着強化層を配置することとを含む方法。

#### 【0015】

有利には、真空バッグをパッチの外側上方に配置することと、樹脂をパッチの外側からパッチに流し込むことにより、パッチに樹脂を注入することとを更に含む方法。

#### 【0016】

有利には、パッチに樹脂が注入された後に、真空源をパッチから除去することを更に含む方法。

#### 【0017】

有利には、構造の厚さを部分的に通ってスカーフを形成することを更に含む方法であって、繊維パッチを構造上に配置することは、スカーフの底に対してパッチの内側を配置することを含み、真空源を挿入することは、中空針をパッチの最も厚い部分を通して実質的

10

20

30

40

50

にスカーフの底まで挿入することを含む。

【0018】

有利には、真空源を挿入することは、中空針を真空バッグを通して挿入することと、中空針と真空バッグとの間に実質的に真空気密のシールを形成することを更に含む方法。

【0019】

有利には、真空源を繊維パッチから除去することは、中空針をパッチ及び真空バッグから引き抜くことと、真空バッグを通した中空針の挿入中の真空バッグの貫通から生じる真空バッグの穴を密閉することを含む方法。

【0020】

有利には、真空源をパッチに挿入することは、複数の中空針を、パッチを通してパッチのエリア上方で間隔を空けた位置に挿入することを含む方法。

10

【0021】

有利には、差分樹脂圧(differential resin pressure)を使用して、パッチに樹脂を注入することを更に含む方法。

【0022】

有利には、樹脂を繊維パッチの外側から繊維パッチに流し込むことは、樹脂分配管を、真空バッグ下方のパッチの外側に配置することと、樹脂を樹脂分配管に供給することを含む方法。

【0023】

本発明の別の態様によれば、構造のエリアを再加工する方法であって、構造の厚さを部分的に通ってスカーフを形成することと；内側及び外側を有する乾燥繊維パッチを製造することと、繊維パッチをスカーフに取り付けることと；スカーフの底で構造に対して繊維パッチの内側を配置することを含むことと；繊維パッチ上方に真空バッグを取り付けることと、パッチの外側から繊維パッチを通して真空デバイスを挿入することと；繊維パッチに樹脂を注入することと、樹脂をパッチを通して繊維パッチの内側に押し込むために真空デバイスを使用することと；繊維パッチに樹脂が注入された後に、真空デバイスを繊維パッチから除去することを含む方法が提供される。

20

【0024】

有利には、パッチを通して真空デバイスを挿入することは、真空針の先端が繊維パッチの厚さ部分を実質的に貫通するまで、真空バッグ及びパッチを通して中空針を挿入することを含む方法。

30

【0025】

有利には、真空バッグと中空針との間に実質的に真空気密のシールを形成することを更に含む方法。

【0026】

有利には、繊維パッチに樹脂が注入された後に、繊維パッチ及びバッグから中空針を引き抜くことを更に含む方法。

【0027】

有利には、真空バッグから中空針を引き抜くことから生じる真空バッグの穴を密閉することを更に含む方法。

40

【0028】

有利には、繊維パッチに樹脂を注入することは、繊維パッチの外側の制御された気圧下で樹脂を案内することにより実行される方法。

【0029】

有利には、樹脂を案内することは、樹脂を繊維パッチの外側に案内するために、螺旋状のラップ(spiral wrap)を繊維パッチの外側の外縁周囲に配置することと、螺旋状のラップを、部分気圧で螺旋状のラップに樹脂を供給するように適合される樹脂のリザーバと連結させることを含む方法。

【0030】

有利には、繊維パッチを圧縮することが、真空デバイスが繊維パッチから除去された後

50

に実行及び維持される方法。

【0031】

有利には、余分な樹脂を、中空針の先端を通して繊維パッチから除去することを更に含む方法。

【0032】

本発明の更なる態様によれば、複合材構造のエリアをその複合材構造の一側面のみから再加工する方法であって、スカーフを複合材構造の一側面に形成することと、繊維パッチをスカーフに取り付けることと、繊維パッチの内側を構造に接触するように配置することを含むことと、乾燥繊維パッチと構造との間に接着強化層を配置することと、真空バッグを繊維パッチ上方に取り付けることと、中空針の先端が繊維パッチの内側に近接するまで、中空針を真空バッグを通して繊維パッチまで挿入することと、中空針と真空バッグとの間にシールを形成することと、中空針を真空リザーバと連結することと、乾燥繊維パッチを圧縮することと、樹脂を繊維パッチの外側に流し込むことにより繊維パッチに樹脂を注入することと、樹脂を繊維パッチの内側に押し込むために中空針及び真空リザーバを使用することと、繊維パッチの余分な樹脂を中空針を通して除去することと、繊維パッチに樹脂が注入された後に、中空針をパッチから除去することと、中空針による真空バッグの貫通から生じる真空バッグの穴を密閉することと、真空バッグを排気することにより、樹脂が注入された繊維パッチを圧縮することを含む方法が提供される。

10

【0033】

有利には、繊維パッチは、最大の厚さのエリアを有し、中空針を挿入することは、中空針の先端を繊維パッチの最大の厚さのエリアを通すことにより実行される方法。

20

【0034】

有利には、中空針を繊維パッチ及び真空バッグから引き抜くことと、中空針を真空バッグから引き抜くことにより生じる真空バッグの穴を密閉することと更に含む方法。

【0035】

有利には、樹脂を繊維パッチの外側に流し込むことと、樹脂を繊維パッチの内側に押し込むために中空針及び真空リザーバを使用することとは、制御された部分気圧の樹脂注入を使用して実行され得る方法。

【0036】

本発明の更に別の態様によれば、内側及び外側を有する乾燥繊維パッチの樹脂注入を使用して、複合材構造のエリアを再加工する装置であって、繊維パッチを圧縮するための、繊維パッチの外側上方に配置されるように適合される真空バッグと、真空バッグを貫通し、繊維パッチの厚さを通して下に延びるように適合される中空針と、中空針と真空バッグとの間の真空シールと、繊維パッチの内側で真空を生成するための、中空針と連結される真空ラインとを含む装置が提供される。

30

【0037】

本発明の別の態様によれば、制御された部分気圧で繊維パッチの外側に樹脂を供給するための樹脂のリザーバと、繊維パッチの内側で真空を生成し、余分な樹脂を繊維パッチから取り除くための中空針と連結される真空源とを更に備える装置が提供される。

【0038】

特徴、機能及び利点は、本発明の様々な実施形態において個々に達成することができる、又は下記の説明及び図面を参照することによってさらに詳細を理解することができる更に別の実施形態と組み合わせることができる。

40

【0039】

例示的な実施形態の特徴と考えられる新規のフィーチャは、添付の特許請求の範囲に明記される。しかしながら、例示的な実施形態と、好ましい使用モードと、更にはその目的及び利点とは、添付図面を参照して、本開示の例示的な実施形態の後述の詳細な説明を読むことにより最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0040】

50

【図 1】構造のエリアをその構造の一側面から再加工するための装置の機能ブロック図である。

【図 2】開示される装置を使用して再加工されているエリアを有する構造の斜視図である。

【図 3】図 2 に示されるエリアの分解斜視図である。

【図 4】図 2 の線 4 - 4 に沿った断面図である。

【図 5】別の形態の装置を使用して再加工されている構造の大きなエリアの平面図である。

【図 6】構造を再加工する方法のフロー図である。

【図 7】構造をその構造の一側面から再加工する方法のフロー図である。

【図 8】開示される方法及び装置を使用して、複合外板のエリアを再加工する方法のフロー図である。

【図 9】航空機の製造及び保守方法のフロー図である。

【図 10】航空機のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

まず図 1 を参照すると、開示される実施形態は、不具合（図示されず）を含み得る、又は補強を必要とし得る構造 20 のエリア 22（以下、「再加工エリア」とも呼ばれることがある）を再加工するための方法及び装置に関する。エリア 22 は、エリア 22 を設計又は性能仕様内に収めるために、再加工パッチ 24 を使用して再加工され得る。不具合とは、限定されないが、製造時又は構造 20 の運航中に発生する衝撃損傷、亀裂、破碎若しくは空隙を含み得る。

【0042】

図示された例では、構造 20 は、複合航空機外板 20 を備えるが、開示される方法は、金属、金属複合材、及びセラミックを含むがこれらに限定されない様々な材料のうちの任意のものから形成される他の構造を再加工するために用いられ得る。

【0043】

構造 20 は、整備 / 修理人員がアクセスするのが困難又は不可能であり得る内側 34 と、再加工パッチ 24 を使用してエリア 22 を再加工、補強及び / 又は修理する（まとめて以下では「再加工する」と言われる）ために、人員がアクセスできる外側 32 とを含む。以下でより詳しく述べられるように、開示される方法及び装置により、エリア 22 は、構造 20 の一側面のみから、図示される例では、構造 20 の外側 32 から再加工することができる。

【0044】

エリア 22 を外側 32 から再加工するために、不具合を含む構造 20 の一部は、相欠き（scarfing）と言われる再加工エリア 22 内で除去され得、これにより、構造 20 の厚さ「t」未満である深さ「d」を有するスカーフ空洞 26 が形成される。要するに、スカーフ空洞 26 は、構造 20 の厚さ「t」を部分的にのみ貫通する。図示された例では、スカーフ空洞 26 は、先細側面 27、及び平底 30 を有しているが、他の適用では、側面 27 は、先細りしなくてもよく、底 30 は、平らでなくてもよい。

【0045】

再加工エリア 38 が外側 32 から所望の深さ「d」までスカーフ継ぎで接合されており、再加工パッチ 24 が製造され、スカーフ空洞 26 に配置される。再加工パッチ 24 は、内側 33 及び外側 37 を有する。再加工パッチ 24 は、例えば、編物又は織物を含み得る乾燥繊維強化材の層をまとめて積み重ね連結するなどによって製造される乾燥繊維プリフォームを含む。再加工パッチ 24 の形状は、スカーフ空洞 26 の形状に一致し得る。例えば、図示される適用において、再加工パッチ 24 の外縁は、スカーフ空洞 26 の先細側面 27 に一致するように先細りし得る。しかしながら、他の適用では、スカーフ空洞 26 及び再加工パッチ 24 は、階段状の特性を含むがこれに限定されない、他の断面特性を有し得る。さらに、乾燥繊維再加工パッチ 24 が図示されているが、樹脂で粘着力が高められ

10

20

30

40

50

た又は予備含浸された（プリプレグ）繊維強化パッチを使用して、開示される方法を実行することも可能であり得る。

【 0 0 4 6 】

可撓性のあり得る真空バッグ 3 6 は、再加工パッチ 2 4 上方に配置され、再加工パッチ 2 4 の外側 3 2 の構造 2 0 の表面 3 8 に密閉される。真空バッグ 3 6 は、樹脂注入前、注入中及び / 又は注入後に再加工パッチ 2 4 を圧縮するために、真空バッグ 3 6 を排気する、適する真空発生装置 4 5 及びリザーバ 4 4 と連結される。再加工パッチ 2 4 の樹脂注入は、制御された圧力樹脂リザーバ 4 6、着脱可能な真空源 4 2 及び制御された真空リザーバ 4 4 を備える樹脂注入システム 3 5 を使用して、実行され得る。樹脂注入システム 3 5 のいくつかの構成要素は、開示全体が本明細書中で参照することによって援用される、2 0 0 8 年 2 月 2 6 日に登録された米国特許番号 7, 3 3 4, 7 8 2 に図示された構成要素と類似であり得る。先述の米国特許では、樹脂リザーバ 4 6 が気圧未満の圧力まで排気され、真空補助される樹脂トランスファプロセスを制御するために真空バッグ 3 6 による循環的（反復）圧縮と組み合わせて使用され得る制御気圧樹脂注入システム（CAPRI）が開示される。しかしながら、他の種類の樹脂注入技術及び機器を使用して、開示された方法を実行することも可能であり得る。さらに、開示された方法は、オートクレーブ内で実行されてもよい。

【 0 0 4 7 】

真空源 4 2 は、スカーフ空洞 2 6 の底 3 0 付近で、修理パッチ 2 4 の内側に沿って、再加工パッチの最も厚い部分の下方に配置される。真空源 4 2 は、真空バッグ 3 6 を通過し得る真空ライン 4 0 により、真空リザーバ 4 4 と連結される。樹脂リザーバ 4 6 からの樹脂は、樹脂供給管 4 8 を通してパッチ 2 4 の外側 3 7 に供給される。真空源 4 2 は、スカーフ空洞 2 6 の底 3 0 で、パッチ 2 4 の内側 3 3 に沿った圧力を、真空発生装置 4 5 により生成されるパッチ 2 4 の外側 3 7 における真空バッグ 3 6 内の圧力よりも低い圧力レベルまで低下させる機能を果たす。パッチ 2 4 の内側 3 3 に沿った真空源 4 2 によって作り出される圧力低下により、樹脂を再加工パッチ 2 4 の厚さ全体を通して流すパッチ 2 4 の内側 3 3 と外側 3 7 との間に圧力差が生じる。真空源 4 2 はまた、内側 3 3 付近で、もしそうしなければ、空隙を発生させる空気の封じ込めを生じ得る、再加工パッチ 2 4 の最も厚い部分の高圧エリアを排除する。パッチ 2 4 を通ってスカーフ空洞 2 6 の底 3 0 におけるパッチ 2 4 の内側 3 3 まで流れる余分な樹脂は、真空ライン 4 0 を通って真空リザーバ 4 4 内に逃げる。再加工パッチ 2 4 の樹脂注入に続き、真空源 4 2 は、樹脂が注入されたパッチ 2 4 から除去され、硬化前に密閉される。

【 0 0 4 8 】

ここで、構造 2 0 のエリア 2 6 を再加工するための装置の一つの実用的な実施形態を示す図 2、図 3 及び図 4 に注目する。この例では、構造 2 0 は、航空機産業で使用されるような複合積層外板 2 0 を含む。再加工エリア 2 2 は、外板 2 0 の厚さを部分的にのみ通ってスカーフ継ぎで接合されており（図 2 及び図 4）、この結果、スカーフ空洞 2 6 は、先細側面 2 7（図 3 を参照）及び一般的な平底 3 0 を有する。乾燥繊維プリフォームを備える再加工パッチ 2 4 が製造され、再加工パッチ 2 4 の内側 3 3 が構造 2 0 と接触した状態で、スカーフ空洞 2 6 内に配置される。再加工パッチ 2 4 は、スカーフ空洞 2 6 の先細側面 2 7 と実質的に一致する先細縁 2 9（図 4）を有し得る。リリースプライ 6 6 は、再加工パッチ 2 4 上方に配置される。リリースプライ 6 6 により、樹脂はリリースプライを通して流れることが可能であり、リリースプライ 6 6 は、限定されないが、多孔性のテフロン（登録商標）加工された繊維ガラスを含み得る。図に示される例示的实施形態では、スカーフ空洞 2 6 及び再加工パッチ 2 4 は各々、形状が実質的に円形である。しかしながら、開示される方法及び装置は、スカーフ空洞 2 6 及び再加工パッチ 2 4 が円形ではない、例えば、楕円形、正方形などであるエリア 2 2 を再加工するために使用され得ることに留意すべきである。

【 0 0 4 9 】

限定されないが、繊維ガラスなどの多孔性流動媒体 6 2（図には、2つのプライが示さ

10

20

30

40

50

れている)の一つ又は複数のプライは、リリースプライ66を覆い、再加工パッチ24のエリア上方に樹脂を分配する機能を果たす。流動媒体62は、再加工パッチ24への樹脂の流れの所望の波面生成を補助する「デッドゾーン」をつくり出す機能を果たす、中心の、概して円形又は他の形状の切欠き64を含み得る。いくつかの適用では、切欠き64は、パッチ24の形状によって必要とされない場合には、不要であり得る。円形の、螺旋状に巻かれた、樹脂分配管60は、ナイロン又は類似の材料で形成され得るが、流体媒体62の最上部に配置され、その外縁周囲で延在する。樹脂分配管60は、適用次第では、他の形状を有し得、樹脂供給管48と連結される。樹脂供給管48は、樹脂を制御圧力下で樹脂分配管60に供給する樹脂リザーバ46(図1)と連結される注入口54を含む。真空バッグ36は、樹脂分配管60だけではなく再加工パッチ24も覆い、シーラントテープを含み得る、適するシーラント70によって外板20の外側38に密閉される。

10

#### 【0050】

先ほど図1と関連付けて説明された真空源42は、真空針50などの真空デバイスを備え得る。中空針50の一端の先端25は、中空針50の另一端が真空ライン40と連結される間は、開放される。中空針50は、真空バッグ36を貫通し47、流体媒体62の中心の切欠き64を通過して、修理パッチ24内に達するが、これにより中空針50の開口先端25は、スカーフ空洞26の底30で、実質的に再加工パッチ24の最も厚い部分の内側33に沿って位置決めされる。適するシーラント52は、真空バッグシーラント70に類似であり得るが、中空針50が真空バッグ36を貫通する47(図4)地点において、中空針50と真空バッグ36との間に実質的に真空気密のシールを形成する。

20

#### 【0051】

再加工パッチ24がスカーフ空洞26に配置され、樹脂分配管60及び流体媒体62が取り付けられた後の使用に際し、樹脂注入が開始され得、真空バッグ36は、圧縮圧力を再加工パッチ24に適用するために排気される。圧力下で樹脂リザーバ46から供給される樹脂は、樹脂供給管48を通過して、樹脂分配管60内に流れ、更に流体媒体62上及び流体媒体62を通過して流れる。流れている樹脂は、流れている樹脂を再加工パッチ24の上面上方に均一に分配するのを補助する流体媒体62を覆う。真空リザーバ44は、スカーフ空洞26の底30付近で、再加工パッチ24の最も厚い部分における圧力を低下させる中空針50の開口先端25をもたらし真空ライン40に真空を生成する。開口先端25における低圧エリアは、入ってくる樹脂の圧力を下回る。開口先端25におけるこの低下圧力により、再加工パッチ24の任意の空気又は他の揮発性物質が逃げる一方で、樹脂は、再加工パッチ24を通過してその最も厚い部分にまで至る。圧力勾配は、再加工パッチ24に樹脂が完全に注入され、空気が、樹脂注入プロセス中に再加工パッチ24内部に封じ込められないようにすることを保証する。余分な樹脂は、再加工パッチ24に存在する任意の空気/揮発性物質と共に、先端25に移動し、更に中空針50を通して真空ライン40に移動し、余分な樹脂/空気/揮発性物質が真空リザーバ44に搬送される。

30

#### 【0052】

再加工パッチ24は、真空バッグ36を使用することによって、循環的に圧縮され得る。ここで、空気が乾燥繊維プリフォーム内に案内され、次に循環的な方法で封じ込められるため、プリフォームが更に圧縮される。樹脂リザーバ46の圧力は、再加工パッチ24に樹脂が注入されているときに、再加工パッチ24に加えられる正味の圧縮圧力(*net compaction pressure*)をより好ましく制御するために、真空バッグ36内部の圧力との関係で変更され得る。針50の開口先端25のサイズは、真空バッグ36に形成される貫通の直径を最小限にしつつ、針50を通した自由な樹脂の流れが、針50の壁における自然の摩擦力を十分に克服できるように選択され得る。再加工パッチ24にほぼ完全に樹脂が含浸されると、余分な樹脂は、中空針50を通過して真空ライン40に流れ始め、真空リザーバ44に集められる。真空バッグ36内部の真空圧力の量は、針50への余分な樹脂の流れを誘導するために、調節され得る。真空リザーバ44内部の圧力はまた、中空針50を通した真空リザーバ44への余分な樹脂の流れを誘導するために調節され得る。再加工パッチ24の樹脂注入完了後、かつ硬化前に、針50は、再加工

40

50

パッチ 24 から引き抜かれ得、針 50 による以前の貫通による真空バッグ 36 に残っている穴（図示されず）は、硬化中にバッグ 36 の真空の完全性を維持するために、真空バッグシーラントなどの適するシーラントを使用して密閉され得る。

#### 【0053】

適用次第では、複数の真空源 42（図 1）を大きな面積を有する再加工パッチ 24 のより厚い部分近傍に配置することが必要又は望ましいことがある。例えば、図 5 を参照すると、比較的大きな面積の再加工パッチ 24 には、間隔を空けた位置に複数の中空針 50 が提供される。シール 52 は、再加工パッチ 24 の全面積を覆う真空バッグ 36 に針 50 の各々を密閉する。一連の樹脂出口ライン 40 は、中空針 50 を、針 50 の位置で再加工パッチ 24 の内側圧力を低下させる真空リザーバ 24 と連結させる。樹脂は、樹脂供給管 48 により樹脂リザーバ 46 と連結される螺旋状に巻かれた樹脂分配管 60 を通して、再加工パッチ 24 内に流れる。

#### 【0054】

図 6 は、パッチ 24 内部に配置され、パッチ 24 を通して樹脂を押し込むために使用される真空源 42 を使用した、構造 20 を再加工する方法のステップ全体を示す。ステップ 67 から開始し、パッチ 24 の内側 33 が構造 20 と接触した状態で、適するパッチ 24 が構造 20 上に配置される。ステップ 69 では、真空源 42 が、パッチ 24 の外側 37 からパッチ 24 に挿入される。次に、ステップ 71 では、真空源 42 が、パッチ 24 を通してパッチ 24 の内側 33 に樹脂を押し込むために使用される。所望であれば、公称厚さ 0.005 ~ 0.010 インチの接着プライ、又は接着ライン 39 を強化する他の手段が、乾燥繊維パッチ 24 とスカーフ空洞 26 との間に配置され得る。

#### 【0055】

ここで、樹脂が注入された再加工パッチ 24 を使用した構造 20 のエリアを再加工する別の方法のステップ全体を示す図 7 に注目する。ステップ 72 から開始し、パッチ 24 の内側 33 が構造 20 と接触するように、乾燥繊維再加工パッチ 24 が構造 20 上に配置される。所望であれば、公称厚さ 0.005 ~ 0.010 インチの接着プライ、又は接着ライン 39 を強化する他の手段が、乾燥繊維パッチ 24 とスカーフ空洞 26 との間に配置され得る。ステップ 74 では、真空バッグ 36 が再加工パッチ 24 上方に配置され、構造 20 に密閉される。真空バッグ 36 は、樹脂の注入に先立って、所望のように乾燥繊維再加工パッチ 24 を圧縮するために排気され得る。ステップ 76 では、真空源 42 が、再加工パッチ 24 の内側 33 で位置決めされる。ステップ 78 では、樹脂が再加工パッチ 24 の外側 37 上に流され、ステップ 80 では、真空源 42 が、パッチ 24 の内側 33 での圧力を低下させつつ、樹脂を再加工パッチ 24 を通して再加工パッチ 24 の内側 33 に押し込むために使用される。ステップ 82 では、再加工パッチ 24 への樹脂の注入後に、真空源 42 が除去される。真空バッグ 36 は、ステップ 78 及び 80 中に再加工パッチ 24 に樹脂が注入されている間、再加工パッチ 24 での所望レベルの圧縮圧力を維持し得る。ステップ 84 では、樹脂が注入された再加工パッチ 24 は、真空バッグ 36 内部の圧力を低下させることにより、さらに圧縮され得る。ステップ 86 では、樹脂が注入されたパッチ 24 が硬化される。

#### 【0056】

図 8 は、開示される実施形態による、複合外板 20 の再加工方法のステップを示す。ステップ 88 では、乾燥繊維プリフォーム再加工パッチ 24 が、乾燥繊維物又は乾燥編物の層をまとめて積み重ねることなどにより、準備される。ステップ 90 では、外板 20 が準備され、再加工されるエリア 22 で洗浄が行われ、必要であれば、不具合を除去し、再加工パッチ 24 が配置され得るスカーフ空洞 26 を形成するために、スカーフ継ぎで連結され得る。ステップ 92 では、再加工パッチ 24 が、スカーフ空洞 26 に取り付けられる。所望であれば、公称厚さ 0.005 ~ 0.010 インチの接着プライ、又は接着ライン 39 を強化する他の手段が、乾燥繊維パッチ 24 とスカーフ空洞 26 との間に配置され得る。任意で、完成プライ（図示されず）が、ステップ 94 で、再加工パッチ 24 上方に適用され得る。ステップ 96 では、リリースプライ 66 などの分離媒体が取り付けられ、続いて

、流体媒体 6 2 がステップ 9 8 で取り付けられる。ステップ 1 0 0 では、螺旋状に巻かれた樹脂分配管 6 0 を含み得る樹脂供給管が取り付けられ、樹脂リザーバ 4 6 と結合される。ステップ 1 0 2 では、真空バッグ 3 6 が、再加工パッチ 2 4 上方に取り付けられ、密閉される。ステップ 1 0 4 では、中空針 5 0 が、真空バッグ 3 6、更には再加工パッチ 2 4 の最も厚い部分を通して挿入され、真空バッグ 3 6 に密閉される。中空針 5 0 の挿入中に、針 5 0 の開口先端 2 5 は、再加工パッチ 2 4 が再加工パッチ 2 4 の内側 3 3 において最大の厚さを有する場所で、スカーフ空洞の底において位置決めされる。

#### 【 0 0 5 7 】

ステップ 1 0 6 では、樹脂出口ライン 4 0 が、中空針 5 0 と真空リザーバ 4 4 との間で結合される。真空バッグ 3 6 は、ステップ 1 0 8 において、再加工パッチ 2 4 の圧縮を開始するために排気される。ステップ 1 1 0 では、樹脂を樹脂リザーバ 4 6 から樹脂分配管 6 0 を通って流体媒体 6 2 に流すことにより、樹脂の流れが開始する。ステップ 1 1 2 では、再加工パッチ 2 4 を通る樹脂の流れは、樹脂を再加工パッチ 2 4 に供給する樹脂リザーバ 4 6 と、再加工パッチ 2 4 の最も厚い部分での圧力を局所的に低下させ、余分な樹脂を取り除くために使用される真空リザーバ 4 4 との相対圧力を制御することにより制御される。ステップ 1 1 4 では、中空針 5 0 が、再加工パッチ 2 4 の最も厚い部分での圧力を低下させ、余分な樹脂を再加工パッチ 2 4 から真空リザーバ 4 4 に押し込むスカーフ空洞 2 6 の底 3 0 で真空を適用するために使用される。中空針 5 0 により適用される真空は、入ってくる樹脂に対する圧力より低く、したがって、樹脂をスカーフ空洞 2 6 の底に流れるようにする圧力差をつくり出す。ステップ 1 1 6 では、樹脂注入プロセスが完了し、続いてステップ 1 1 8 で、針 5 0 が再加工パッチ 2 4 から引き抜かれ、針 5 0 による以前の貫通に起因する真空バッグに残っている穴が密閉される。再加工パッチ 2 4 は、ステップ 1 2 0 で硬化され、ステップ 1 2 2 で、硬化された再加工パッチ 2 4 は、必要に応じて、トリミングされ、洗浄され、研磨され、滑らかにされる。

#### 【 0 0 5 8 】

本開示の実施形態は、様々な潜在的用途、具体的には、例えば、航空宇宙、船舶、自動車における用途、及び自動レイアップ装備が使用され得る他の用途を含む輸送産業においての使用が見い出され得る。したがって、ここで図 9 及び図 1 0 を参照すると、本開示の実施形態は、図 9 に示す航空機の製造及び保守方法 1 2 4、及び図 1 0 に示す航空機 1 2 6 に関して使用され得る。開示される実施形態の航空機の適用は、例えば、限定されないが、複合外板及び構造を担持する他の荷重を含み得る。製造前の段階では、例示的な方法 1 2 4 は、航空機 1 2 6 の仕様及び設計 1 2 8 と、材料の調達 1 3 0 とを含み得る。製造段階では、航空機 1 2 6 の、構成要素及びサブアセンブリの製造 1 3 2 と、システムインテグレーション 1 3 4 とが行われる。その後、航空機 1 2 6 は、認可及び納品 1 3 6 を経て、運航 1 3 8 に供される。顧客により運航される間に、航空機 1 2 6 は、改造、再構成、改修なども含み得る、定期的な整備及び保守 1 4 0 が予定される。運行中に、航空機 1 2 6 の構造的なエリアを再加工、修理又は補強するために、開示される方法が用いられ得る。

#### 【 0 0 5 9 】

方法 1 2 4 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）によって実行又は実施され得る。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み得、第三者は、限定しないが、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含み得、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得る。

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 0 に示すように、例示的な方法 1 2 4 によって製造された航空機 1 2 6 は、複数のシステム 1 4 4 及び内装 1 4 6 を備えた機体 1 4 2 を含み得る。高レベルのシステム 1 4 4 の例は、推進システム 1 4 8、電気システム 1 5 0、油圧システム 1 5 2、及び環境システム 1 5 4 のうちの一つ又は複数を含む。任意の数の他のシステムも含まれ得る。航空

10

20

30

40

50

宇宙産業の例を示したが、本開示の原理は、海運及び自動車産業などの他の産業にも適用され得る。

【 0 0 6 1 】

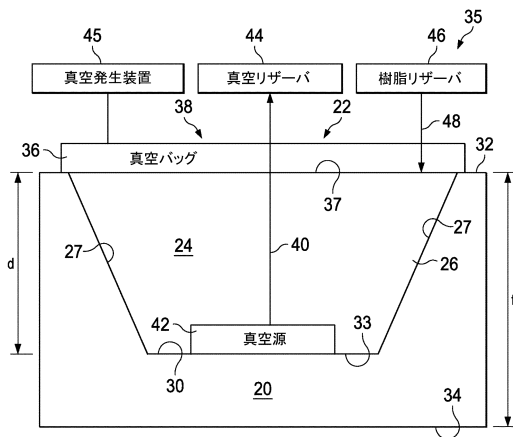
本明細書に具現化されたシステム及び方法は、製造及び保守方法 1 2 4 の一つ又は複数の任意の段階で採用され得る。例えば、製造プロセス 1 2 8 に対応する構成要素又はサブアセンブリは、航空機 1 2 6 の運航中に再加工され得る。また、一つ又は複数の装置の実施形態、方法の実施形態、若しくはそれらの組み合わせは、例えば、航空機 1 2 6 の組立を実質的に効率化するか、又は航空機 1 2 の整備コストを削減することにより、製造段階 1 3 2 及び 1 3 4 において利用され得る。同様に、装置の実施形態、方法の実施形態、若しくはそれらの組み合わせのうちの一又は複数は、航空機 1 2 6 の運航中に、例えば限定

10

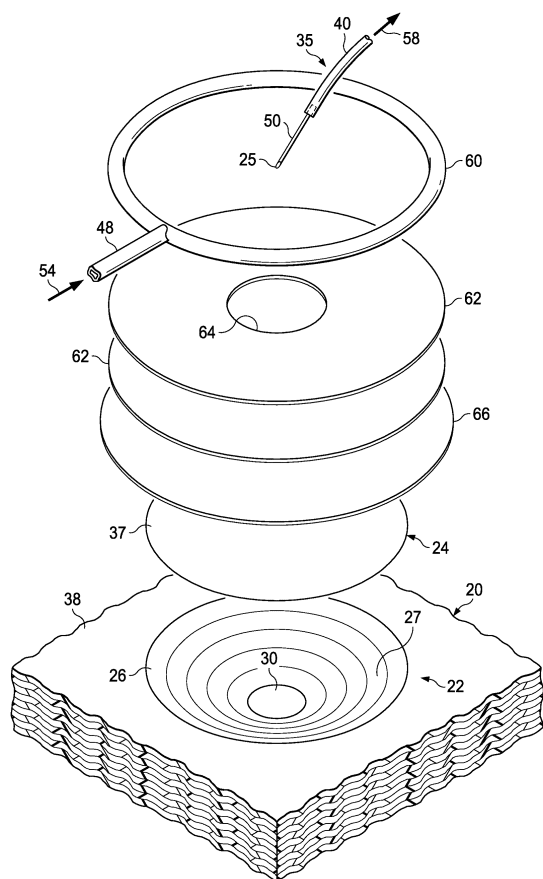
【 0 0 6 2 】

種々の例示的な実施形態の説明は、例示及び説明を目的として提示されており、網羅的な説明であること、又は開示された形態に実施形態を限定することを意図していない。当業者には、多くの修正例及び変形例が明らかだろう。更に、種々の例示的な実施形態は、他の例示的な実施形態と比較して、異なる利点を提供し得る。選択された一つ又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実際の用途を最もよく説明するため、及び他の当業者に対し、様々な実施形態の開示内容と、考慮される特定の用途に適した様々な修正との理解を促すために選択及び記述されている。

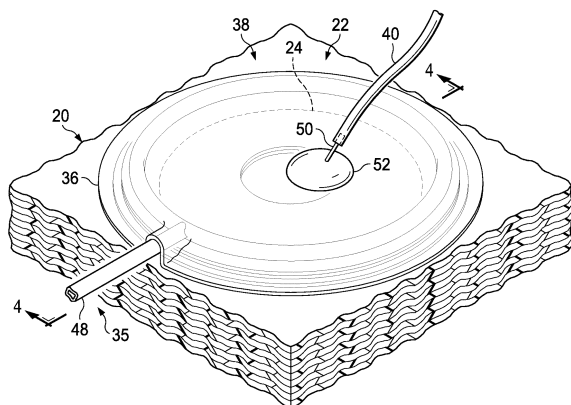
【 図 1 】



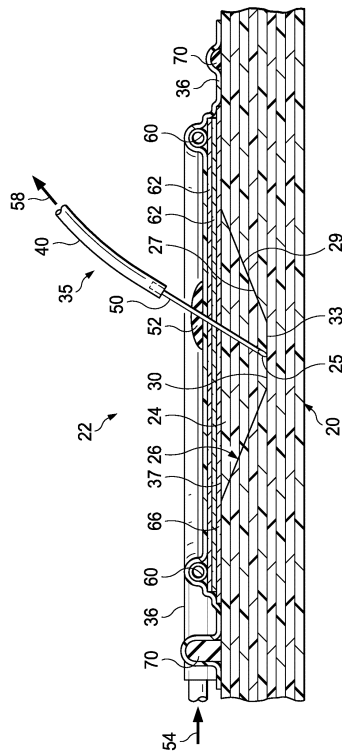
【 図 3 】



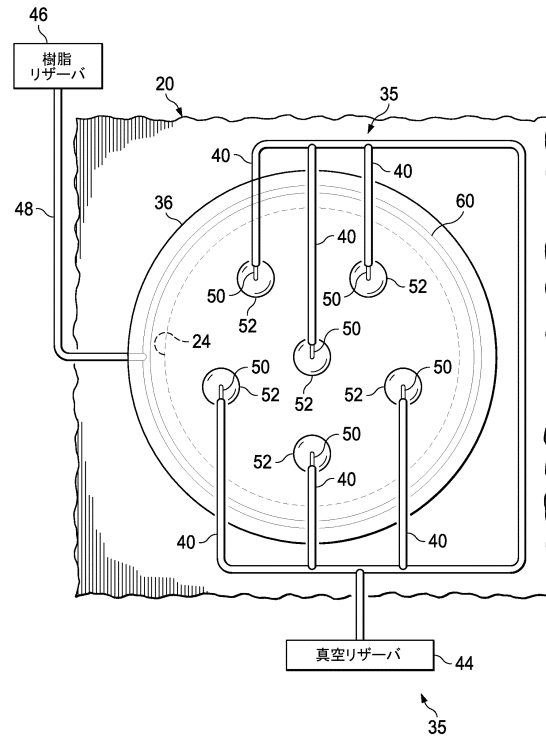
【 図 2 】



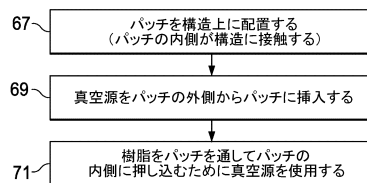
【図 4】



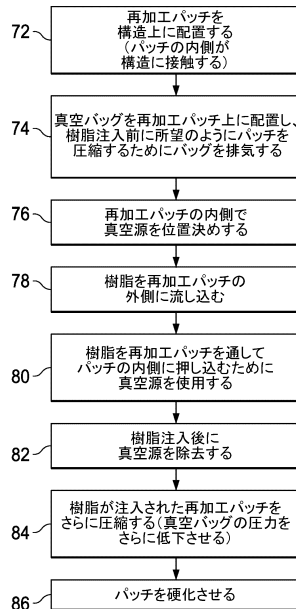
【図 5】



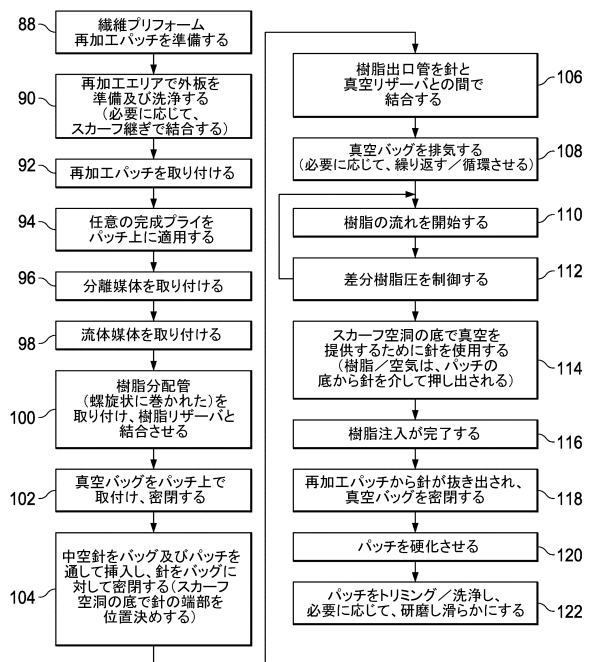
【図 6】



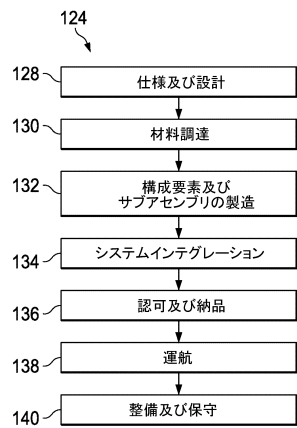
【図 7】



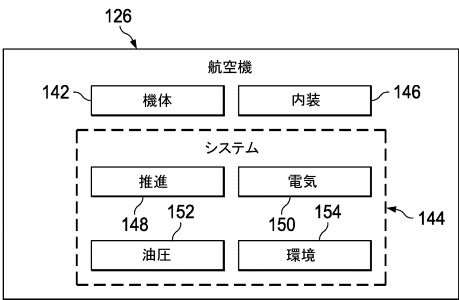
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 2 9 K 105/08 (2006.01) B 2 9 K 105:08

(72)発明者 ウッズ, ジャック エー.  
アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 1 2 4 - 2 2 0 7 , シアトル, メール コード 4 イー -  
9 7 , ポスト オフィス ボックス 3 7 0 7

審査官 一宮 里枝

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 2 / 1 5 4 5 4 4 ( W O , A 2 )  
特開 2 0 0 4 - 2 0 3 0 2 1 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)  
B 2 9 C 3 9 / 0 0 - 3 9 / 4 4  
B 2 9 C 4 3 / 0 0 - 4 3 / 5 8  
B 2 9 C 7 0 / 0 0 - 7 0 / 8 8  
B 2 9 C 7 3 / 0 0 - 7 3 / 3 4