

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6351584号
(P6351584)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int.Cl.	F I
DO 6M 15/256 (2006.01)	DO 6M 15/256
DO 6M 15/71 (2006.01)	DO 6M 15/71
B 2 9 C 70/10 (2006.01)	B 2 9 C 70/10
B 2 9 K 105/08 (2006.01)	B 2 9 K 105/08

請求項の数 13 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2015-520209 (P2015-520209)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成25年5月30日 (2013. 5. 30)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2015-528070 (P2015-528070A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成27年9月24日 (2015. 9. 24)		アメリカ合衆国、60606-2016
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/043455		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(87) 国際公開番号	W02014/007929	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開日	平成26年1月9日 (2014. 1. 9)		弁理士 村山 靖彦
審査請求日	平成28年5月30日 (2016. 5. 30)	(74) 代理人	100133400
(31) 優先権主張番号	13/541, 534		弁理士 阿部 達彦
(32) 優先日	平成24年7月3日 (2012. 7. 3)	(74) 代理人	100163522
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒田 晋平
		(74) 代理人	100154922
			弁理士 崔 允辰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低温における接合の応力を制御する装置及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2つの表面間の接合部における応力を制御するためのデバイスであって、
 前記接合部(312)に配置されるようになっている三次元基布(1424)を備え、
 前記三次元基布がプラスチックバイнда(1414)でコーティングされる繊維(1402)を有し、
 前記繊維(1402)の間の接着が壊されており、かつ/又は前記プラスチックバイнда(1414)が破壊されており、あるいは前記プラスチックバイнда(1414)に亀裂が生じており、

それによって、前記三次元基布(1424)が低温で柔軟である、デバイス。

10

【請求項 2】

前記三次元基布は、
 織り繊維、
 編組繊維、
 積み重ねられた繊維の層、
 縫い合わされた繊維、及び、
 繊維のピン止め層、
 のうちの1つを含む請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記繊維は、

20

グラファイト繊維、
ガラス繊維、及び、
アラミド繊維、
から成るグループから選択される請求項 1 又は請求項 2 に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記繊維は、3 つの略直交軸に沿って延びる繊維を含み、

前記三次元基布は、前記接合部と適合する形状を有するとともに、前記各表面と対面接触する請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記繊維は、2 ~ 15 ミクロンの範囲内の直径を有する繊維を含む請求項 1 から 4 のい 10
ずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記プラスチックバインダは、室温及び低温の両方で弾性コンプライアンスがある高分子である請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記プラスチックバインダは、- 101 . 1 未満の温度で弾性コンプライアンスを示すとともに最大 204 . 4 の温度で安定性を示すフッ素重合体である請求項 1 から 6 の
いずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記三次元基布は、多孔質であるとともに、低温で柔軟である請求項 1 から 7 のいずれ 20
か一項に記載のデバイス。

【請求項 9】

接合部における応力を制御するための軟化ストリップを形成する方法であって、
三次元で延びる繊維を有する基布プリフォームを形成するステップと、
前記繊維の表面を熱可塑性高分子バインダでコーティングするステップと、
を備え、
前記基布プリフォームを冷間加工することによってコーティングされた前記繊維間の結合を緩めるステップを更に備える方法。

【請求項 10】

前記繊維の表面をコーティングする前記ステップは、 30
前記熱可塑性高分子バインダの粒子を含む水溶液を用意するステップと、
前記繊維を前記水溶液中に浸漬するステップと、
前記基布プリフォームを乾燥させることによって前記繊維の表面に前記熱可塑性高分子バインダの粒子を付着させるステップと、
を含む請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記繊維の表面をコーティングする前記ステップは、
注入済みの前記繊維を真空中に配置するステップと、
真空を使用して前記水溶液から気泡を引き出すステップと、 40
を含む請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記繊維の表面をコーティングする前記ステップは、前記熱可塑性高分子バインダの粒子が溶けて前記繊維の周囲で一緒に流れるまで前記繊維に付着された前記熱可塑性高分子バインダの粒子を加熱するステップを含む請求項 10 又は請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記繊維の表面をコーティングする前記ステップは、
前記熱可塑性高分子バインダの粒子を前記繊維の表面に付着させるステップと、
前記熱可塑性高分子バインダの粒子を焼結するステップと、
を含む請求項 9 又は請求項 10 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、構造的接合部、特に複合構造体における結合接合部に関するものであり、特に、低温で接合部における応力を制御するためのデバイス、及び、デバイスを形成する方法を扱う。

【背景技術】

【0002】

特定の構造体は、特に、低温環境で用いるように設計される場合がある。例えば、宇宙船及び打ち上げ用ロケットは、低温の、一般的には - 238 ° F 未満の固体推進剤又は液体水素及び / 又は液体酸素などの液体燃料を蓄えるためにタンクを使用する場合がある。宇宙船又は打ち上げ用ロケットの重量を減らすために、タンクは、1つ以上の接合部によって互いに取り付けられる幾つかの複合部品から形成される場合がある。1つのそのような用途において、複合材タンクは、断面が Y 形状の結合重ね接合部によってドーム形状端部に接合されるスカートを含む円筒状の外壁を含む。

【0003】

より大きい直径、例えばおおよそ 14 ~ 16 フィートを超える直径の複合低温タンクにおいて、結合接合部における線負荷 (line load) は、受け入れ難いほど高いレベルのピーク応力を接合部にもたらす場合があり、それにより、接合部漏れの可能性が与えられる。Y 接合部の強度を高めるために、接合部の切り欠き領域に軟化ストリップを配置することができる場合がある。軟化ストリップは、構造体間でより滑らかな負荷伝達を可能にすることにより結合線で生じる剪断応力ピークを減らすことができる。これは、ゴムなどの材料から形成される軟化ストリップを使用して周囲温度で達成され得るが、低温では、ゴム及び多くの他の従来の材料が軟らかいままでない場合があり、それどころか、硬くなる場合がある。低温で硬くなると、軟化ストリップは、接合部における剪断応力をもはや制御できない場合がある。

【0004】

軟化ストリップとして使用されてもよい既知の材料は、低温環境で幾つかの他の問題を与える。例えば、そのような材料は、一般に、比較的低い熱膨張係数 (CTE) を有する接合部の他の複合構成要素と不適合な場合がある CTE を有する。CTE のこの不適合は、低温において、望ましくない熱的に誘導される応力を接合部にもたらす場合がある。効果的な軟化ストリップを形成するという課題に加えて、軟化ストリップは、タンクの他の複合樹脂構成要素が熱的に硬化される温度で安定したままでなければならないという事実がある。また、軟化ストリップを特定の接合用途に特有の形状へと機械加工できることが望ましい。

【0005】

したがって、低温で接合部における応力を制御するのに有効な軟化ストリップデバイスの必要性がある。また、比較的簡単で、効果的であるとともに、生産環境で用いるのに適切な前述したタイプの軟化ストリップを形成する方法の必要性がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

開示された実施形態は、低温で接合部におけるピーク応力を減少させるためのデバイスを提供する。デバイスは、接合部の切り欠きに配置される軟化ストリップを備え、この軟化ストリップは、低温において軟らかいまま、柔軟なまま、弾性コンプライアンスを持ったままであるとともに、接合部における応力を線形化するのに有効である。軟化ストリップは、比較的大きな複合構造体で線負荷を伝えるために使用されてもよく、構造体で使用される熱硬化性樹脂が一般に硬化される温度で安定したままである。

【0007】

1つの開示された実施形態によれば、デバイスは、2つの表面間の接合部における応力を制御するために提供される。デバイスは、接合部に配置されるようになっている三次元

10

20

30

40

50

基布を備える。三次元基布は、多孔質であり、プラスチックバインダでコーティングされる繊維を含む。三次元基布は、織り繊維、編組繊維、積み重ねられた繊維の層、縫い合わされた繊維、及び、繊維のピン止め層 (pinned layers of fibers) のうちの 1 つを含む。繊維は、グラファイト繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、及び、金属繊維から成るグループから選択される。繊維は、3つの略直交軸に沿って延びる繊維を含み、約 2 ~ 15 ミクロンの範囲内の直径を有する繊維を含んでもよい。プラスチックバインダは、室温及び低温の両方で弾性コンプライアンスがある高分子である。プラスチックバインダは、約 - 150 ° F (- 101 . 1) 未満の温度で弾性コンプライアンスを示すとともに最大約 400 ° F (204 . 4) の温度で安定性を示すフッ素重合体であってもよい。

10

【 0 0 0 8 】

他の実施形態によれば、構造的組立品は、第 1 の表面を有する第 1 の複合樹脂構造体と、第 2 の表面を有する第 2 の複合樹脂構造体とを備える。組立品は、第 1 及び第 2 の表面間の接合部と、接合部における応力を制御するための軟化ストリップとを更に備える。接合部は Y 形状であってもよく、また、軟化ストリップは断面が楔形状であってもよい。軟化ストリップは、低温で接合部における応力を線形化するように構成されてもよい。軟化ストリップは、低温で弾性コンプライアンスがあるプラスチックコーティングを有する繊維を含む三次元基布である。プラスチックコーティングは、第 1 の複合樹脂構造体及び第 2 の複合樹脂構造体を硬化させるために必要とされる温度よりも高い融点を有する高分子である。基布は多孔質であり、また、繊維は、柔軟であるとともに、低温にある状態で接合部を通じて伝えられる負荷に応じて互いに対して移動できる。

20

【 0 0 0 9 】

更なる他の実施形態によれば、接合部における応力を制御するための軟化ストリップを形成する方法が提供される。当該方法は、三次元で延びる繊維を有する基布プリフォームを形成するステップと、繊維の表面を熱可塑性高分子バインダでコーティングするステップとを備える。繊維の表面をコーティングする前記ステップは、熱可塑性高分子バインダの粒子を含む水溶液を用意するステップと、繊維を水溶液中に浸漬するステップと、基布を乾燥させることによって繊維の表面にバインダ粒子を付着させるステップとを含む。また、繊維の表面をコーティングする前記ステップは、注入済みの繊維を真空中に配置するステップと、真空を使用して、繊維中に取り込まれる気泡を水溶液から引き出すステップとを含んでもよい。繊維の表面をコーティングする前記ステップは、バインダ粒子が溶けて繊維の周囲で一緒に流れるまで繊維に付着されたバインダ粒子を加熱するステップを更に含む。方法は、基布を冷間加工することによってコーティングされた繊維間の任意の結合を緩めるステップを更に備える。基布の冷間加工は、基布を一对のローラ間に通してこれらのローラ間で基布を圧縮することによって、あるいは、基布を 2 つの金型間で押圧することによって行なわれる。また、方法は、コーティングされた繊維間の結合が緩められるように基布を成形するステップと、コーティングされた繊維を有する基布を接合部に適する所望の形状へと機械加工するステップとを備えてもよい。

30

【 0 0 1 0 】

本開示の一態様によれば、2つの表面間の接合部における応力を制御するためのデバイスが提供され、このデバイスは、接合部に配置されるようになっている三次元基布を備え、三次元基布は、プラスチックバインダでコーティングされる繊維を有する。好適には、三次元基布は、織り繊維、編組繊維、積み重ねられた繊維の層、縫い合わされた繊維、及び、繊維のピン止め層のうちの 1 つを含む。好適には、繊維は、グラファイト繊維、ガラス繊維、及び、アラミド繊維から成るグループから選択される。好適には、繊維は、3つの略直交軸に沿って延びる繊維を含み、また、三次元基布は、接合部に適合する形状を有するとともに、各表面と対面接触する。好適には、繊維は、約 2 ~ 15 ミクロンの範囲内の直径を有する繊維を含む。好適には、プラスチックバインダは、室温及び低温の両方で弾性コンプライアンスがある高分子である。好適には、プラスチックバインダは、約 - 150 ° F (- 101 . 1) 未満の温度で弾性コンプライアンスを示すとともに最大約 4

40

50

00°F (204.4) の温度で安定性を示すフッ素重合体であり、また、繊維はグラファイト繊維である。好適には、三次元基布は、多孔質であるとともに、低温で柔軟である。好適には、繊維及びプラスチックバインダは低温で柔軟である。

【0011】

本開示の一態様によれば、第1の表面を有する第1の複合樹脂構造体と、第2の表面を有する第2の複合樹脂構造体と、第1及び第2の表面間の接合部と、接合部における応力を制御するための接合部における軟化ストリップとを備える構造的組立品が提供される。好適には、接合部がY形状であり、また、軟化ストリップは、断面が楔形状であるとともに、第1及び第2の表面と対面接触する。好ましくは、軟化トリップは、低温で接合部における応力を線形化するように構成される。好適には、軟化ストリップは、低温で弾性

10

コンプライアンスがあるプラスチックコーティングを有する繊維を含む三次元基布である。好ましくは、プラスチックコーティングは、第1の複合樹脂構造体及び第2の複合樹脂構造体を硬化させるために必要とされる温度よりも高い融点を有する高分子である。好ましくは、基布は多孔質であり、また、繊維は、柔軟であるとともに、低温で互いに対して移動できる。

【0012】

本開示の一態様によれば、接合部における応力を制御するための軟化ストリップを形成する方法が提供され、この方法は、三次元で延びる繊維を有する基布プリフォームを形成するステップと、繊維の表面を熱可塑性高分子バインダでコーティングするステップとを備える。好適には、繊維の表面をコーティングする前記ステップは、熱可塑性高分子バインダの粒子を含む水溶液を用意するステップと、繊維を水溶液中に浸漬するステップと、基布を乾燥させることによって繊維の表面にバインダ粒子を付着させるステップとを含む。好ましくは、繊維の表面をコーティングする前記ステップは、注入済みの繊維を真空中に配置するステップと、真空を使用して気泡を水溶液から引き出すステップとを含む。好ましくは、繊維の表面をコーティングする前記ステップは、バインダ粒子が溶けて繊維の周囲で一緒に流れるまで繊維に付着されたバインダ粒子を加熱するステップを含む。好ましくは、加熱する前記ステップは、バインダ粒子を少なくとも約500°Fの温度まで加熱するステップを含む。好適には、繊維の表面をコーティングする前記ステップは、バインダの粒子を繊維の表面に付着させるステップと、バインダ粒子を焼結させるステップとを含む。好適には、方法は、基布を冷間加工することによってコーティングされた繊維間の

20

30

任意の結合を緩めるステップを更に備える。好ましくは、基布の冷間加工は、基布を一对のローラ間に通してこれらのローラ間で基布を圧縮することによって、及び、基布を2つの金型間で押圧することによって行なわれる。好ましくは、コーティングされた繊維間の結合が緩められるように基布を成形する。好ましくは、コーティングされた繊維を有する基布を接合部に関連する所望の形状へと機械加工する。

【0013】

特徴、機能、及び、利点は、本開示の様々な実施形態において独立に達成することができ、あるいは、更なる他の実施形態において組み合わせられてもよく、その更なる詳細は以下の説明及び図面と関連して分かる。

【0014】

開示された実施形態の特徴であると確信される新規な特徴が添付の特許請求の範囲に記載される。しかしながら、開示された実施形態、並びに、使用の好ましい形態、その更なる目的及び利点は、本開示の実施形態の以下の詳細な説明を添付図面と併せて読んで参照することにより最も良く理解され得る。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】一実施形態が実施されてもよい宇宙船の製造及び保守点検方法を示す図の例示である。

【図2】実施形態が実施されてもよい宇宙船の図の例示である。

【図3】開示された実施形態に係る宇宙船を示す図の例示である。

40

50

【図 4】開示された実施形態に係る宇宙船の図の例示である。

【図 5】開示された実施形態に係る打ち上げ用ロケットの断面部の図の例示である。

【図 6】開示された実施形態に係る接合部の図の例示である。

【図 7】開示された実施形態に係る軟化ストリップを示す図の例示である。

【図 8】開示された実施形態に係る三次元プリフォームを示す図の例示である。

【図 9】開示された実施形態に係る軟化ストリップを示す図の例示である。

【図 10】開示された実施形態にしたがって構造体に Y 接合部を形成するためのプロセスのフローチャートの例示である。

【図 11】開示された実施形態にしたがってタンクのための Y 接合部を形成するためのプロセスのフローチャートの例示である。

【図 12】開示された実施形態にしたがって複合低温タンクと複合スカートとの間に Y 接合部を形成するためのプロセスのフローチャートの例示である。

【図 13】開示された実施形態にしたがって軟化ストリップを形成するためのプロセスのフローチャートの例示である。

【図 14】プラスチックバインダがコーティングされた繊維を有する三次元基布プリフォームの代替の実施形態の斜視図の例示であり、明確にするために交差する繊維の特定の部分が拡大されている。

【図 15】図 14 の線 15 - 15 に沿ってとられた断面図の例示である。

【図 16】プラスチックバインダがコーティングされる前の基布プリフォームの一部を形成する交差する繊維の斜視図の例示である。

【図 17】図 16 に類似するが、プラスチックバインダがコーティングされた後の繊維を示す例示であり、破線は、接合負荷によって引き起こされるコーティング繊維の変位部分を示す。

【図 18】図 3、図 5、図 6 に示される Y 接合部のその長さに沿う剪断応力のグラフの例示である。

【図 19】図 14 に示される基布プリフォームを使用して軟化ストリップを形成する方法のフロー図の例示である。

【図 20】基布プリフォームがロール成形機に通される概略図の例示である。

【図 21】基布プリフォームが 2 つの金型間で成形される側面図の例示である。

【図 22】低温環境で使用されるタンクを形成する方法のフロー図の例示である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

特に図面を参照して、図 1 に示される宇宙船の製造及び保守点検方法 100 及び図 2 に示される宇宙船 200 との関連で、開示の実施形態が説明されてもよい。最初に図 1 を参照すると、宇宙船の製造及び保守点検方法を示す図が 1 つの開示された実施形態にしたがって描かれる。

【0017】

生産前の間にわたって、典型的な宇宙船の製造及び保守点検方法 100 は、図 2 における宇宙船 200 の仕様及び設計 102 と、材料調達 104 とを含んでもよい。生産中、図 2 における宇宙船 200 の構成要素及び部分組立品の製造 106 とシステム統合 108 とが行なわれる。その後、図 2 における宇宙船 200 は、就航 112 するために認証及び搬送 110 を経由してもよい。取引先による就航中、図 2 における宇宙船 200 は、変更、再構成、改修、及び、他の整備又は保守点検を含んでもよい定期的な整備及び保守点検 114 の予定が組まれる。

【0018】

宇宙船の製造及び保守点検方法 100 のプロセスのそれぞれは、システム統合者、第三者、及び / 又は、オペレータによって実行されあるいは行なわれてもよい。これらの例において、オペレータは取引先であってもよい。この説明の目的のため、システム統合者は、制限なく、任意の数の宇宙船製造業者及び主要システム下請業者を含んでもよく、第三者は、例えば、制限なく、任意の数のベンダー、下請業者、及び、サプライヤーを含んで

10

20

30

40

50

もよく、また、オペレータは、航空会社、リース会社、軍事企業、保守点検機関などであってもよい。

【0019】

ここで図2を参照すると、実施形態が実施されてもよい宇宙船の図が描かれる。この例において、宇宙船200は、図1における宇宙船の製造及び保守点検方法100によって生産されてもよい。宇宙船200は、複数のシステム204及び内部206を有する構造体202を含んでもよい。システム204の例は、例えば、制限なく、推進システム208、電気システム210、油圧システム212、及び、環境システム214のうちの1つ以上を含む。任意の数のシステムが含まれてもよい。また、幾つかの実施では、システムのうちの一部が必要とされなくてもよい。例えば、宇宙船200が打ち上げ用ロケットの形態をとるときには、環境システム214が不要であってもよい。

10

【0020】

本明細書中に具現化される装置及び方法は、図1における宇宙船の製造及び保守点検方法100の段階のうちの任意の段階中に使用されてもよい。例えば、図1における構成要素及び部分組立品の製造106において生産される構成要素又は部分組立品は、宇宙船200が図1における就航中112の間に生産される構成要素又は部分組立品と同様の態様で作られあるいは製造されてもよい。

【0021】

また、1つ以上の装置実施形態、方法実施形態、又は、これらの組み合わせは、一例として、制限なく、図1における構成要素及び部分組立品の製造106並びにシステム統合108などの生産段階中に利用されてもよい。これらの実施形態は、宇宙船200の組み立てをかなり促進させることができ、あるいは、宇宙船200のコストを低減することができる。

20

【0022】

これらの例において、実施形態は、推進システム208の構成要素を宇宙船200の構造体202に対して取り付けのために実施されてもよい。宇宙船200内の任意の構造体を他の実施における任意の他の構造体に対して取り付けのために異なる実施形態が適用されてもよい。

【0023】

異なる実施形態は、宇宙船の構造体と推進剤を収容するタンクとの間の現在利用できる接合部の強度を様々な力に対して現在のレベルを超えて高めることが望ましい場合があることを考慮に入れる。接合部に作用する力は、例えば、制限なく、宇宙船の構造体とタンクとの間の接合部における剪断力を含む。現在のタンクは、一般に溶接接合部を使用する金属タンクであってもよい。これらの例では、接合部がY接合部の形態を成してもよい。金属タンクに優る軽量化を図るために複合材タンクが使用されてもよい。しかしながら、これらのタイプの複合材タンクを用いると、現在利用できるY接合の構造及び技術によって高い強度を有するY接合部を成し得ない場合がある。

30

【0024】

異なる実施形態は、2つの構造体間の結合されたY接合部の強度を高めるために軟化ストリップを使用してもよい。例えば、制限なく、現在利用できる大型の固体ロケットモータは、Y接合部にゴム軟化ストリップを使用してもよい。異なる実施形態は、異なる動作温度のために使用できてもよい軟化ストリップに適した材料を見出すことが困難な場合があることを考慮に入れて認識する。低温タンクを用いると、これらの温度は、例えば、制限なく、-238°F未満の温度など、非常に低い温度となる場合がある。これらの温度は、極低温と称される場合もある。

40

【0025】

異なる実施形態は、適した材料が異なる動作温度において軟質であり続ける場合があることを認識する。固体ロケットモータで現在使用されるようなゴム材料は、低温で使用できない場合がある。これは、これらの材料が非常に硬くなる場合があるからである。必要とされる材料は、低温の状態で被接着体に対して柔軟なままであり続けることができる。

50

被接着体は、接着物質を用いて他の物体に取り付けられる物体であってもよい。

【0026】

また、異なる実施形態は、熱的に誘導される応力による接合部破損を防止するべく適合され得るあるいは被接着体の幾つかの閾値限界内にある熱膨張係数を軟化ストリップが有してもよいことも考慮に入れて認識する。

【0027】

したがって、異なる実施形態は、例えば、制限なく、Y接合部などの接合部を補強するあるいは形成するための方法及び装置を提供する。異なる実施形態では、三次元プリフォームが存在してもよく、この場合、軟化ストリップを形成するためにプラスチックマトリックスが三次元プリフォーム中に含浸される。この軟化ストリップは、材料が液体形態を有する温度において柔軟であり続けることができてもよく、この場合、材料は、周囲温度で気体形態を有する。言い換えると、異なる実施形態は、気体が液体状態又は液体形態を有する温度で使用されてもよい。一例として、制限なく、軟化ストリップは、低温において柔軟であり続けることができてもよい。低温は、空気の構成成分が液化し得る温度であってもよい。低温は、例えば、約 - 150 未満の温度であってもよい。

【0028】

ここで図3を参照すると、宇宙船を示す図が他の実施形態にしたがって描かれる。宇宙船300は、図2における宇宙船200の一例である。この例では、宇宙船300が構造体302と構造体304とを含んでもよい。構造体302は、宇宙船300における他の構成要素のためのフレーム又は他の支持体を与える宇宙船の構造体であってもよい。構造体304は、この例では、例えば、制限なく、タンク306であってもよい。当然ながら、構造体304は、構造体302に取り付けられるようになっている宇宙船300内に位置付けられてもよい任意の他の構成要素であってもよい。

【0029】

構造体302の表面308は、接合部312を形成するように構造体304の表面310に取り付けられてもよい。これらの例では、接合部312がY接合部314の形態を成してもよい。この取付は、これらの例では、表面308を表面310に対して結合することによって行なわれてもよい。この結合は、構成要素又は構造体を互いに締結するためのプロセスであってもよい。これらの例では、結合が多くの異なる方法で行なわれてもよい。結合は、例えば、制限なく、接着剤、溶接、締結具、硬化プロセス、又は、何らかの他の適したプロセスを使用することを含んでもよい。

【0030】

異なる実施形態は、例えば、制限なく、1つの接合部への最も短くて最も硬質な負荷経路付近で負荷がピークに達した後に更に長くて更に軟らかい負荷経路へ向けて負荷が低下する接合部などの任意のタイプの構造的接合部に適用されてもよい。広範囲に及ぶ剪断支持重ね接合部は、該接合部の縁部で、縁部から離れた場所よりも迅速に負荷を伝える傾向がある。この状況は、利用できる負荷経路の剛比に比例する構造体にわたる負荷分布の結果である。

【0031】

同じ断面積であるとする、短い負荷経路は、長い負荷経路よりも硬質となり得る。この状況は、剪断ピークの良く知られた現象を接合部の縁部にもたらし得る。更なる柔軟な負荷経路をそのような接合部の始まりの外側に形成できる場合には、全負荷の一部をこの更なる経路を通じて伝えることができ、それにより、当初の接合部によって支持されるべき負荷を減らすことができるとともに、剪断ピークを下げるができる。これは、軟化ストリップの特徴となり得る。

【0032】

幾つかの接合部における改良は、負荷が当初の接合部に近づくにつれて二次的な負荷経路の剛性が連続的に増大され得るように軟化ストリップを先細らせるようになっていてもよい。この特徴は、一貫した低いレベルで接合部にわたる剪断のより均一な伝達をもたらし得る。この伝達は、単純な重ね接合部の急にピークに達する剪断特性、又は、均一な厚

10

20

30

40

50

さの軟化ストリップを使用することによりもたらされ得る 2 つのより穏やかな剪断ピークの代わりに起こり得る。

【 0 0 3 3 】

この描かれた例において、ストリップ 3 1 6 は、接合部 3 1 2 の及び / 又はその近傍の表面 3 0 8 及び表面 3 1 0 に取り付けられてもよい。ストリップ 3 1 6 は、接合部 3 1 2 に加えられ得る力に対する接合部 3 1 2 の強度を高めるための軟化ストリップとして作用してもよい。これらの力は、例えば、制限なく、構造体 3 0 2、3 0 4 に作用する剪断力を含んでもよい。これらの例において、剪断力は、線 3 1 8 の方向で構造体 3 0 2、3 0 4 に加えられる力であってもよい。

【 0 0 3 4 】

異なる実施形態において、ストリップ 3 1 6 は、三次元プリフォーム 3 2 0 とプラスチックマトリックス 3 2 2 とを含んでもよい。三次元プリフォーム 3 2 0 は、三次元構造体であってもよく、また、三次元基布 3 2 4 の形態を成してもよい。この基布は、例えば、制限なく、織り繊維、編組繊維、積み重ねられた繊維層、及び / 又は、何らかの他の適した材料のうちの 1 つから構成される基布であってもよい。繊維が使用される場合、これらの繊維は、例えば、制限なく、グラファイト繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、金属繊維、又は、任意の他の適した構造繊維を含んでもよい。

【 0 0 3 5 】

本明細書中で使用される「のうちの少なくとも 1 つ」なる表現は、項目のリストと共に使用される場合、項目のうちの 1 つ以上の異なる組み合わせが使用されてもよいこと、及び、リスト中の各項目のうちの 1 つだけが必要とされてもよいことを意味する。例えば、「項目 A、項目 B、及び、項目 C のうちの少なくとも 1 つ」は、例えば、制限なく、項目 A、又は、項目 A 及び項目 B を含んでもよい。また、この例は、項目 A、項目 B、及び、項目 C、又は、項目 B 及び項目 C を含んでもよい。

【 0 0 3 6 】

プラスチックマトリックス 3 2 2 は、タンク 3 0 6 のための動作温度で柔軟性を保つあるいは与えることができる任意のプラスチック材料から構成されてもよい。タンク 3 0 6 のための動作温度は、低温の温度又は低温付近の温度であってもよい。これらの例において、プラスチックは、任意の合成又は半合成の重合材料又は生成物であってもよい。重合は、線状鎖又は高分子鎖の三次元網目構造を形成するためにモノマー分子を化学反応で互いに反応させるプロセスであってもよい。使用されてもよいプラスチックのタイプの例は、例えば、制限なく、フルオロカーボン及びウレタンを含む。使用されてもよいフルオロカーボンの 1 つの例はテフロン（登録商標）ポリマーである。テフロン（登録商標）はデュポン社の登録商標である

【 0 0 3 7 】

このようにして、タンク 3 0 6 は、ストリップ 3 1 6 が存在してもよい形成されるべき接合部 3 1 2 を用いて、構造体 3 0 2 に取り付けられてもよい。ストリップ 3 1 6 の使用は、例えば制限なく構造体 3 0 4 及びタンク 3 0 6 に加えられ得る剪断力などの様々な力に耐えるべく強度を付加するために、更なる補強を与えてもよい。

【 0 0 3 8 】

図 3 における宇宙船 3 0 0 の例示は、様々な実施形態のための 1 つの実施を示すために与えられる。この例示は、異なる実施形態が実施されてもよい態様に対する構造的又は物理的な限定を示唆しようとするものではない。例えば、構造体 3 0 2 及び構造体 3 0 4 は、宇宙船 3 0 0 以外の他の車両内の構造であってもよい。例えば、構造体は、航空機に存在するものであってもよい。他の実施形態において、宇宙船 3 0 0 は、例えば、制限なく、シャトル、打ち上げ用ロケット、スペースシャトルと打ち上げ用ロケットとの組み合わせ、又は、宇宙飛行が可能な何らかの他の適した車両などの宇宙船の形態を成してもよい。

【 0 0 3 9 】

ここで、図 4 を参照すると、宇宙船の図が一実施形態にしたがって描かれる。この例に

10

20

30

40

50

において、打ち上げ用ロケット４００は、図３の宇宙船３００の１つの実施の一例である。打ち上げ用ロケット４００は前部４０２と後部４０４とを有する。打ち上げ用ロケット４００が長手方向軸４０６を有してもよい。打ち上げ用ロケット４００は、図３のＹ接合部３１４が実施されてもよい宇宙船の一例である。部分４０８は、Ｙ接合部３１４が見出され及び／又は実施されてもよい打ち上げ用ロケット４００の部分の一例であってもよい。

【００４０】

ここで、図５を参照すると、打ち上げ用ロケットの断面部の図が一実施形態にしたがって描かれる。この図では、長手方向軸４０６に沿う打ち上げ用ロケット４００の部分４０８の断面が描かれる。

【００４１】

この例において、矢印５０１は、打ち上げ用ロケット４００の前部の方を向いており、一方、矢印５０３は、打ち上げ用ロケット４００の後部へ向いている。

【００４２】

この図示の例において、打ち上げ用ロケット４００内のタンク５０４は、ドーム５０６、ドーム５０８、及び、壁５１０を含んでもよい。これらの例では、壁５１０が円筒状の壁であってもよい。壁５１０は、前部スカート５１２及び後部スカート５１４に取り付けられてもよい。壁５１０は、前部スカート５１２と後部スカート５１４との間に位置付けられてもよい。この例では、壁５１０がタンク５０４の加圧される部分であってもよく、一方、前部スカート５１２及び後部スカート５１４がタンク５０４の加圧されない部分に位置付けられてもよい。

【００４３】

前部スカート５１２及び後部スカート５１４は、タンク５０４に取り付けられてもよい構造体の例である。これらの例において、これらの異なる構造体は、その断面のみを図５で見ることができる円筒形状であってもよい。この描かれた例では、Ｙ接合部５２０及びＹ接合部５２２が存在してもよい。Ｙ接合部５２０は、ドーム５０６、壁５１０、及び、前部スカート５１２の交わりにより形成されてもよい。Ｙ接合部５２２は、ドーム５０８、壁５１０、及び、後部スカート５１４の交わりにより形成されてもよい。これらの例において、Ｙ接合部５２０及びＹ接合部５２２は、軸５２４を中心とする周方向で連続していてもよい。

【００４４】

これらの例では、タンク５０４が複合低温タンクの形態を成してもよい。タンク５０４は、例えば、制限なく、液体水素及び／又は液体酸素などの推進剤を保持してもよい。この例では、タンク５０４が液体水素を保持してもよい。この例において、タンク５０４は、直径が約１６フィートより大きくてもよい。Ｙ接合部５２０の断面５３０における更に詳しい例示が以下の図６に示される。

【００４５】

ここで、図６を参照すると、接合部の図が更なる実施形態にしたがって描かれる。断面５３０で示されるように、前部スカート５１２は、外側スキン６００、コア６０２、及び、内側スキン６０４を含んでもよい。この例では、外側スキン６００及び内側スキン６０４がフェースシートであってもよく、その場合、コア６０２がこれらのフェースシート間に位置付けられる。コア６０２は低密度構造要素であってもよい。コア６０２は、幾つかある用途の中で特に、外側スキン６００と内側スキン６０４との間で負荷を伝えるために使用されてもよい。コア６０２は様々な形態を成してもよい。例えば、コア６０２は、溝（*flutes*）、ハニカム、又は、他の適した形態を有してもよい。これらの例では、溝付きの構造がコア６０２にとって望ましい構造かもしれない。

【００４６】

これらの例示的な例において、Ｙ接合部５２０は、ドーム５０６、壁５１０、及び、前部スカート５１２の交差部に形成されてもよい。Ｙ接合部５２０は、Ｙ接合部５２０にあるいはその近傍に位置付けられる軟化ストリップ６０６を有してもよい。軟化ストリップ６０６は、内側スキン６０４及びタンク５０４に結合されてもよい。

【 0 0 4 7 】

異なる実施形態において、軟化ストリップ 6 0 6 は、タンク 5 0 4 に対する内側スキン 6 0 4 の結合と共に同時に内側スキン 6 0 4 及びタンク 5 0 4 に結合されてもよい。言い換えると、これらの異なる構成要素は、互いに同時に一緒に結合されてもよい。これらの例では、同時結合が 1 つ以上の硬化プロセスの形態を成してもよく、該プロセスでは、これらの構成要素を互いに結合するために、軟化ストリップ 6 0 6、内側スキン 6 0 4、及び、タンク 5 0 4 における複合成分が硬化されてもよい。

【 0 0 4 8 】

タンク 5 0 4 の例示は、異なる実施形態が実施されてもよい 1 つの態様を描く目的で与えられる。軟化ストリップ 6 0 6 は、異なる実施形態では、他のタンク及び / 又はスカート構造に対して適用されてもよい。例えば、タンク 5 0 4 が円筒壁を伴って示されるが、他のタンク形態が使用されてもよい。一例として、壁 5 1 0 に関して円錐壁が使用されてもよい。また、他のタンクが常に対称である必要はない。タンク 5 0 4 の構造又は形状にかかわらず、Y 接合部が使用されてもよい。

【 0 0 4 9 】

ここで、図 7 を参照すると、軟化ストリップを例示する図が一実施形態にしたがって描かれる。例示された例では、軟化ストリップ 6 0 6 が斜視図で示される。この例における軟化ストリップ 6 0 6 の例示は、軟化ストリップ 6 0 6 の一部にすぎない。軟化ストリップ 6 0 6 は、壁 5 1 0 の外周を辿るように形状が円形であってもよい。軟化ストリップ 6 0 6 の寸法は、特定の実施に応じて変化してもよい。この例において、軟化ストリップ 6 0 6 の端部 7 0 0 は、部分 7 0 8 において約 0 . 2 インチの厚さを有してもよい。これらの例において、端部 7 0 2 は、Y 接合部 5 2 0 における応力集中部の導入を避けるために、実行可能な限り薄い厚さを有してもよい。これらの例示的な例において、端部 7 0 2 の厚さは、製造及び / 又は取り扱いの容易さに基づき、実行可能な限り薄くてもよい。

【 0 0 5 0 】

Y 接合部 5 2 0 における軟化ストリップ 6 0 6 の使用に関して、軟化ストリップ 6 0 6 は、部分 7 1 0 に示されるように、端部 7 0 0 から端部 7 0 2 まで約 4 インチの長さを有してもよい。また、これらの例では、軟化ストリップ 6 0 6 がタンク 5 0 4 の全周にわたって延伸してもよい。軟化ストリップ 6 0 6 の他の寸法は、特定の実施に応じて変化してもよい。当然ながら、軟化ストリップ 6 0 6 は、構造体間の接合部における Y 部分内又は他の空間内に配置されるために必要な任意の寸法を有してもよい。軟化ストリップ 6 0 6 に関して一定の及び / 又は均一な断面が示されるが、接合部の構成に応じて断面が異なってもよい。

【 0 0 5 1 】

軟化ストリップ 6 0 6 は、図 6 に示されるように Y 接合部 5 2 0 内に嵌まる態様で形成されてもよい。この例において、軟化ストリップ 6 0 6 は、軟化ストリップ 6 0 6 が端部 7 0 2 よりも端部 7 0 0 において厚くなる楔形状を有してもよい。

【 0 0 5 2 】

軟化ストリップ 6 0 6 の側 7 0 5 にある接合面 7 0 4 は、図 6 における内側スキン 6 0 4 に結合されてもよく、また、軟化ストリップ 6 0 6 の側 7 0 7 にある接合面 7 0 6 は、図 5 におけるタンク 5 0 4 に結合されてもよい。軟化ストリップ 6 0 6 は、図 6 に示されるように Y 接合部 5 2 0 を形成する他の構成要素と共に同時結合されてもよい。

【 0 0 5 3 】

ここで、図 8 を参照すると、三次元プリフォームの図が一実施形態にしたがって描かれる。プリフォーム 8 0 0 は、図 3 における三次元プリフォーム 3 2 0 の一例である。

【 0 0 5 4 】

図示の例において、プリフォーム 8 0 0 は、織られた三次元のグラファイト繊維プリフォームであってもよい。当然ながら、プリフォーム 8 0 0 に関して他のタイプの材料及び他のタイプの構造が使用されてもよい。プリフォーム 8 0 0 において使用されてもよい材料の他の例は、例えば、制限なく、ガラス繊維、ホウ素繊維、アラミド繊維、ポリエチレ

10

20

30

40

50

ン繊維、及び、他の適した材料を含む。プリフォーム 800 は、編組繊維、又は、積み重ねられたあるいは層状の基布から形成されてもよい。基布材料の積層体は、その後、圧力を伴うオートクレーブ内の基布の積層体中へピンが挿入されて押し込められる z - ピン止めを使用してまとめて保持されてもよい。他の例において、プリフォーム 800 のための基布材料は、矢印 802 により示されるように三次元で互いに縫い合わされてもよい。

【0055】

ここで、図 9 を参照すると、軟化ストリップを例示する図が一実施形態にしたがって描かれる。この例では、プリフォーム 800 にプラスチックマトリックス 900 が注入されてしまっている。プラスチックマトリックス 900 中のプラスチック材料は、プラスチックマトリックス 900 をプリフォーム 800 中へ配置するのに適した任意の方法又はプロセスを使用してプリフォーム 800 中へ配置されてもよい。

10

【0056】

これらの例において、プラスチックマトリックス 900 は、通常はその材料が周囲温度で気体形態を成し得るときに該材料が液体形態を成し得る温度で柔軟性を維持できる任意のプラスチック材料であってもよい。これらの例において、周囲温度は、宇宙船の周囲の環境の温度であってもよい。言い換えると、周囲温度は、宇宙船が地上にあるときには、宇宙船の周囲の空気中の温度であってもよい。

【0057】

プリフォーム 800 とプラスチックマトリックス 900 とのこの組み合わせが軟化ストリップ 902 を形成する。軟化ストリップ 902 は、その後、例えば Y 接合部で用いる図 6 における軟化ストリップ 606 のような何らかの他の適した形状形態に機械加工され、切断され、及び / 又は、成形されてもよい。

20

【0058】

プリフォーム 800 は、軟化ストリップ 902 が高い膨張係数と関連付けられてもよい過度な熱収縮を起こさないように抑制してもよい。これらの高い膨張係数は、低温において柔軟であり続けることができるプラスチックマトリックス 900 のための材料などの軟化ストリップマトリックス材料に特有である。任意の方向での過度な収縮は、軟化ストリップ 902 と任意の隣接する構造体との間の結合線に、熱的に誘導される応力をもたらす場合がある。結果として、軟化ストリップ 902 は、二次元的な補強ではなく三次元的な補強を与えるようにプリフォーム 800 を伴って構成されてもよい。

30

【0059】

次に図 10 を参照すると、構造体に Y 接合部を形成するためのプロセスのフローチャートが一実施形態にしたがって描かれる。図 10 に示されるプロセスは、第 1 の構造体と第 2 の構造体との間に接合部を形成するために使用されてもよい。

【0060】

プロセスは、軟化ストリップを第 1 の構造体のための接合領域に配置することによって始まる (工程 1000)。軟化ストリップは、気体が液体形態を有する温度で柔軟であり続けることができる。プロセスは、その後、第 2 の構造体をレイアップする及び / 又は位置決めする (工程 1002)。その後、接合部を形成するために軟化ストリップが第 1 の構造体及び第 2 の構造体に結合され (工程 1004)、その後にプロセスが終了する。この結合は、共硬化、硬化、又は、他の適した結合技術を含む様々な機構を使用して行なわれてもよい。

40

【0061】

図 11 を参照すると、タンクのための Y 接合部を形成するためのプロセスのフローチャートが一実施形態にしたがって描かれる。図 11 に示されるプロセスは、図 10 におけるプロセスの 1 つの実施の詳細な例であってもよい。図 11 に示されるプロセスは、複合低温タンクと複合スカートとの間に Y 接合部を形成するために使用されてもよい。

【0062】

プロセスは、タンクのドーム及び壁をレイアップすることにより始まってもよい (工程 1100)。その後、軟化ストリップが接合領域に配置されてもよい (工程 1102)。

50

工程 1 1 0 2 では、軟化ストリップが接着フィルムを用いて領域に配置されてもよい。

【 0 0 6 3 】

次に、スカート構造体がレイアップされる（工程 1 1 0 4）。スカート構造体は、ドーム及び壁が軟化ストリップと共に位置付けられてもよい領域にわたってレイアップされてもよい。その後、構成要素が硬化され（工程 1 1 0 6）、その後にプロセスが終了する。硬化ステップは、熱及び／又は圧力を使用して行なわれてもよい。硬化は、オートクレーブや他の適切な炉を使用して行なわれてもよい。他の実施形態において、これらの構成要素は、電子ビームを使用して硬化されてもよい。硬化工程 1 1 0 6 の結果は、図 5 における接合部 5 2 0 と同様の接合部であってもよい。

【 0 0 6 4 】

ここで、図 1 2 を参照すると、複合低温タンクと複合スカートとの間に Y 接合部を形成するためのプロセスの他のフローチャートが一実施形態にしたがって描かれる。

【 0 0 6 5 】

プロセスは、タンクの壁の内側フェースシート及びドームを工具上にレイアップしてレイアップを硬化させることによって始まってもよい（工程 1 2 0 0）。ドームは、例えば、制限なく、ドーム 5 0 6 であってもよく、また、タンク壁のフェースシートは、例えば、制限なく、図 5 における壁 5 1 0 などの壁であってもよい。これらの例において、工具は、異なる複合構成要素の形状にふさわしい金型であってもよい。

【 0 0 6 6 】

プロセスは、フィルム接着剤を軟化ストリップの接合面 7 0 4、7 0 6 上に配置してもよい（工程 1 2 0 2）。工程 1 2 0 2 における軟化ストリップは、例えば、制限なく、図 7 における軟化ストリップ 6 0 6 などの軟化ストリップであってもよい。これらの例において、接合面 7 0 4、7 0 6 は、他の構造体に結合されるようになっている構造体の表面である。言い換えると、2 つの構造体が互いに結合されるときには、接合部を形成するために互いに接触する表面が接合面と称されてもよい。

【 0 0 6 7 】

プロセスは、その後、タンクの壁における内側フェースシート及びドームの上に軟化ストリップを接着剤を対向させて位置させてもよい（工程 1 2 0 4）。プロセスは、その後、局所ヒータブランケットを使用して軟化ストリップをタンクに接合する接着剤を硬化させてもよい（工程 1 2 0 6）。工程 1 2 0 6 の後、軟化ストリップがタンク壁に結合されてもよい。軟化ストリップは、その後、タンク壁上の所定位置で最終形状へと切り取られてもよい（工程 1 2 0 8）。その後、プロセスは、スカート工具を位置決めして、該スカート工具をタンク工具に取り付けてもよい（工程 1 2 1 0）。

【 0 0 6 8 】

プロセスは、その後、スカート 5 1 2 の内側壁のための接合面 7 0 4、7 0 6 上にフィルム接着剤を配置してもよい（工程 1 2 1 2）。その後、プロセスは、スカートの内壁をレイアップして構成要素を所定位置で硬化させてもよい（工程 1 2 1 4）。

【 0 0 6 9 】

次に、スカート 5 1 2 及びコア 6 0 2 のための接合面 7 0 4、7 0 6 上に接着剤が配置されてもよい（工程 1 2 1 6）。コア 6 0 2 は、構造体の壁のための 2 つのフェースシート間に位置付けられる構造的要素であってもよい。プロセスは、その後、壁サンドイッチコア及び外側フェースシートをレイアップして、構成要素を所定位置で硬化させてもよく（工程 1 2 1 8）、その後にプロセスが終了する。工程 1 2 1 8 において、外側フェースシートは、例えば、図 6 における外側スキン 6 0 0 であってもよい。

【 0 0 7 0 】

ここで図 1 3 を参照すると、軟化ストリップを形成するためのプロセスのフローチャートが一実施形態にしたがって描かれる。図 1 3 に示されるプロセスは、図 1 1 及び図 1 2 における工程で用いる軟化ストリップを形成するために使用されてもよい。

【 0 0 7 1 】

プロセスは、三次元プリフォームを形成することによって始まってもよい（工程 1 3 0

10

20

30

40

50

0)。これらの例において、工程1300は、例えば、制限なく、繊維を編むことによって、繊維を織ることによって、材料を積み重ねることによって、及び、z - ピン止めを行なうことによって、あるいは、何らかの他の適したプロセスを使用して行なわれてもよい。

【0072】

次に、プラスチックマトリックスが三次元プリフォーム中へ注入されてもよい(工程1302)。これらの例において、プラスチックマトリックスはテフロン(登録商標)ポリマーであってもよい。このタイプのポリマーを用いて、乾燥粉末が三次元プリフォーム上に配置されてプリフォームへと加工されてもよい。例えば、工程1302における注入は、プリフォームへの注入を行なうためにプリフォームを振動させた後に熱及び圧力を加えることを伴ってもよい。工程1302における加熱及び加圧は、オートクレーブを使用して行なわれてもよい。

10

【0073】

プリフォームが成形されてもよい(工程1304)。工程1304において、プリフォームは、何らかの他の適したプロセスを使用して、Y接合部で用いる形状へと機械加工され、切断され、あるいは、成形されてもよい。プロセスは、軟化ストリップの表面、接合面704、及び、接合面706をエッチングしてもよい(工程1306)。このエッチングは酸性エッチングであってもよい。T e r t r a - E t c h (登録商標)フルオロカーボンエッチャントは、結合のためのフルオロカーボン表面を形成するために使用される市販のエッチャントの一例である。T e r t r a - E t c h (登録商標)フルオロカーボンエッチャントは、W . L . G o r e a n d A s s o c i a t e s 社から入手できてもよく、また、T e r t r a - E t c h (登録商標)はW . L . G o r e a n d A s s o c i a t e s 社の商標である。このエッチングは、接着フィルムをプリフォームの表面に張り付けることができるようにするために使用されてもよい。プロセスは、その後、軟化ストリップのそれぞれの側部、すなわち、側部708及び側部707に接着フィルムを貼り付けてもよく(工程1308)、その後にプロセスが終了する。接着ストリップは、硬化プロセス中に軟化ストリップをタンクのドーム及びスカートに取り付けて硬化させることができるようにする。

20

【0074】

ここで、既に説明されたタンクドーム506とタンク壁510との間の接合部520(図6)などの2つの構造体の表面間の接合部に配置されてもよい軟化ストリップ1400の更なる実施形態を示す図14に注意が向けられる。軟化ストリップ1400は、接合部520における応力を制御するように機能するとともに、プラスチックバインダが注入された三次元多孔質基布プリフォーム1424を備える。具体的には、軟化ストリップ1400は、接合部520における応力を線形化し、それにより、低温時であっても、接合部520におけるピーク応力を低減させる。

30

【0075】

三次元基布プリフォーム1424は、繊維プリフォーム1424が構造的に自立しているように互いに織られ、編まれ、層状にされ、あるいはさもなければ、配置される繊維1402を備えるとともに、比較的高い歪み能力を有する。構成繊維1402は、低温であっても、応力に晒されるときに繊維プリフォーム1424に弾力性を与えるように配置される。繊維1402は、制限なく、略直交軸1408、1410、1412に沿って配置されるとともに一般的に比例して繊維プリフォーム1424の全体にわたって均一に分布されるカーボン繊維を備えており、それにより、繊維プリフォーム1424に準等方的な特性が与えられる。しかしながら、他の実施形態において、繊維1402は、直交している必要はなく、比例している必要はなく、あるいは、均一に分布されている必要もない。

40

【0076】

カーボン繊維の使用は、軟化ストリップ1400に対して高い強度と比較的低いCTEとを与え、それにより、結束性があり、所望の最終形状へと容易に機械加工され得るとともに、タンク製造プロセス中に取り扱うことができる繊維プリフォーム1424がもたら

50

される。繊維が低温時に必要な強度及び柔軟性を示す場合には、ガラス繊維、アラミド繊維、及び、金属繊維を含むがこれらに限定されない他の繊維が使用されてもよい。本明細書中で使用される用語「低温」は、一般に約150°F未満の温度を含む。1つの実施形態では、約2~15ミクロンの範囲内の直径を有する繊維1402が使用されてもよい。

【0077】

プラスチックバインダは、以下に説明されるように焼結されると、プラスチックコーティング1414を形成し、このプラスチックコーティングは、繊維1402を被包するとともに、低温で軟化ストリップ1400の弾力的柔軟性及び弾性コンプライアンスに寄与しつつ、繊維プリフォーム1424を用途に適した最終的な所望の形状に機械加工できるようにする十分な剛性を繊維プリフォーム1424に与える。プラスチックバインダは、制限なく、約500°Fの融点を有するFEP（フッ素化エチレンプロピレン）などの既に説明した熱可塑性物質のうちのいずれかを備えてもよい。他のフッ素重合体が適する場合もある。特定の用途のために選択されるプラスチックバインダは、弾性コンプライアンスがなければならず、室温及び低温の両方で十分なしなやかさ及び柔軟性を有さなければならないとともに、更に、構造体の複合熱硬化性樹脂構成要素が熱的に硬化される一般的には約300~400°Fの範囲内であってもよい温度で安定したままでなければならぬ。また、プラスチックバインダは、繊維1402のCTEに比較的近い低いCTEを有していなければならない。タンクドーム506及びタンク壁510で使用される複合樹脂のCTEに近いCTEを有するプラスチックバインダ及び繊維1402のための材料の選択は、接合部520における任意の熱的に誘導される応力を最小限に抑える。

【0078】

図14において、基布プリフォーム1424は、個々の略直交する繊維1402を備えるように示される。しかしながら、図15に示されるように、図14に示される各繊維1402は、時として当該技術分野では「シングル」と称される結束性のあるスレッドを形成するために互いに捻じられ、結合され、あるいはさもなければ、接合されてもよい複数の比較的小さい直径の絡まり合った繊維1402aを備える糸1402であってもよい。したがって、本明細書中で使用される用語「繊維」は、単一繊維、繊維の束、又は、単一繊維と繊維の束との組み合わせを含むように意図される。

【0079】

図16を参照すると、最初に三次元プリフォーム1424へと形成されるときには、プラスチックバインダがコーティングされる前に、直交繊維1402が交差部1416で互いに交差して接触してもよい。図17に示されるように、繊維プリフォーム1424にプラスチックバインダが注入された後、結果として得られるプラスチックコーティング1414は、繊維1402を取り囲むとともに、交差部1416で複数の繊維1402を被包してもよい。しかしながら、図14に示されるように、繊維1402間の間隔は、プラスチックバインダがコーティングされる前及び後のいずれにおいても、基布プリフォーム1424が空隙1420を含んで軟化ストリップ1400を多孔性にするようになっている。この多孔性は、軟化ストリップ1400のしなやかさ及び柔軟性を低温で維持するのに役立つ。

【0080】

図17を参照すると、負荷が軟化ストリップ1400を通じて伝えられるときに、強力であるが柔軟な繊維1402は、曲がることができ、屈曲でき、あるいはさもなければ、互いに対して移動でき、それにより、接合部における応力の一部を吸収して、ピーク応力を減らすことができる。例えば、繊維1402は、負荷が接合部520（図6）を通じて伝えられるにつれて、破線1722により示される位置へと個別にあるいは一緒に移動しあるいは屈曲することができる。三次元基布プリフォーム1424の個々の繊維1402がこのように変位されるため、プラスチックコーティング1414は、低温であってもそれが繊維1402と共に屈曲して移動するように十分にしなやかで柔軟性を有したままである。

【0081】

図 18 は、接合部 520 (図 6) における応力 を接合部の長さ L に沿って示すグラフ 1800 を例示し、この場合、軟化ストリップ 1400 の長さが L_1 として示される。破線状のグラフ線 1810 は、軟化ストリップ 1400 を使用しない場合の接合部 520 における応力を表わしており、ピーク応力 1812 が接合部 520 の始めに生じることを明らかにする。グラフ線 1804 は、接合部 520 を通じて伝えられる応力 を軟化ストリップ 1400 の長さ L_1 に沿って表わす。グラフ 1800 から明らかなように、軟化ストリップ 1400 は、応力 の制御及び分配に役立ち、それにより、接合部の始めにおけるピーク応力 を参照符号 1812 に示されるレベルから参照符号 1806 に示されるレベルまで減少させる。

【0082】

ここで、軟化ストリップ 1400 を形成する方法の全ステップを例示する図 19 に注意が向けられる。ステップ 1902 から始まって、適した三次元基布プリフォーム 1424 が織りプロセス、編みプロセス、又は、他の適したプロセスによって形成され、この場合、繊維 1402 が略均一な自立構造へと互いに組み付けられる。既に説明したように、繊維 1402 は、カーボン繊維材料、又は、用途に適した他のタイプの繊維材料を備えることができ、また、低温で望ましい度合の強度及び柔軟性を示すことができる。ステップ 1902 で形成された基布プリフォーム 1424 には、その後、1904 で示される一連のステップにおいて適したプロセスバインダがコーティングされる。

【0083】

ステップ 1906 では、三次元基布プリフォーム 1424 が、プラスチックバインダ材料、例えば制限なく既に論じた FEP などの熱可塑性物質の水溶液中に浸漬される。水溶液は、プラスチックバインダの細かい乾燥粒子を用途によって決まる濃度で水中へあるいは他の適した液体キャリア中へ導入することによって形成されてもよい。プラスチックバインダの粒子は、水溶液の全体にわたって分散されたままであってもよく、また、沈殿されてもよく、それにより、溶液の定期的な攪拌又は混合の必要性が回避される。1908 では、基布プリフォーム 1424 がきつく織り込まれているために多孔質であるにもかかわらず水溶液が容易に流入して十分に染み込むことができないという事実に起因して、基布プリフォーム 1424 をもみほぐすことによって水溶液を基布プリフォーム中へ入り込ませることが必要な場合がある。基布プリフォーム 1424 に水溶液をこのように「入り込ませること」は、手によって行なわれてもよく、あるいは、基布プリフォーム 1424 と水溶液との間で移動及び攪拌を引き起こすのに適した機械を使用して行なわれてもよい。

【0084】

ステップ 1910 においては、基布プリフォーム 1424 中に取り込まれた任意の気泡を除去して、基布プリフォーム 1424 が水溶液で完全に飽和されるようにするため、基布プリフォーム 1424 は、プラスチックバインダの水溶液中に依然として浸漬される間に真空に晒されてもよい。気泡は、それらが水溶液による繊維 1402 の湿潤を妨げる場合があるため望ましくない。繊維プリフォーム 1424 は、繊維プリフォーム 1424 が完全に飽和されるようになるために必要な長さの時間にわたって水溶液中に浸漬されたままであり、それにより、繊維 1402 の全てが湿った状態となる。ステップ 1912 において、飽和された基布プリフォーム 1424 は、水溶液から除去された後、単純な空気乾燥を含むがこれに限定されない任意の適した技術を使用して乾燥される。この乾燥プロセスにより、水溶液中のプラスチックバインダ粒子が互いに対して及び繊維 1402 に対して付着し、それにより、繊維プリフォーム 1424 の繊維 1402 は覆われる。ステップ 1914 では、プラスチックバインダの付着された粒子を固結されたコーティングへと融合させるために、注入済みの基布プリフォーム 1424 が、炉内に配置されるとともに、バインダ粒子の溶融又は焼結をもたらす十分に高い温度でベーク処理される。FEP がバインダ材料として使用される場合には、約 620 °F の温度で焼結が達成されてもよい。

【0085】

ステップ 1914 における焼結は、基布プリフォーム 1424 の繊維 1402 を交差部

10

20

30

40

50

1416で互いに結合させるプラスチックコーティングをもたらし、それにより、基布プリフォーム1424の柔軟性が所望の柔軟性よりも低くなる。低温で所望の柔軟性及びしなやかさを得るために、注入済みの焼結された基布プリフォーム1424は、以下で更に詳しく論じられるように、ステップ1916において、冷間加工又は冷間成形により機械加工されてもよい。注入済みの焼結された基布プリフォームのこの冷間加工は、特に交差部1416で繊維プリフォーム1424の繊維1402同士の間形成され得る任意の結合を壊すことができ、及び/又は、プラスチックコーティング1414を破壊しあるいは該コーティングに亀裂を生じさせることができ、それにより、基布プリフォームが更に柔軟になって低温で接合部520の応力を線形化させるのに良好に適するように基布プリフォーム1424を「弛緩させる」。

10

【0086】

既に説明した実施形態の場合と同様に、ステップ1918では、コーティングされた基布プリフォーム1424が、任意の適した機械加工技術を使用して、接合部520の幾何学的形態に適合する形状へと機械加工されてもよい。既に説明したドーム状のタンクの場合、基布プリフォーム1424は、負荷が当初の接合部に近づくにつれて二次的な負荷経路の剛性が連続的に増大するようにテーパ状断面又は楔形状断面へと機械加工されてもよい。この特徴は、より均一な剪断の伝達を接合部にわたって一貫して低いレベルでもたらし得る。

【0087】

ここで、平坦な注入済みの三次元基布プリフォーム1424を冷間加工するための1つの技術を例示する図20に注意が向けられる。この例では、既に説明したように繊維1402及びプラスチックコーティング1414の両方を「弛緩させる」べく繊維プリフォーム1424を冷間加工して圧縮するために、ロール成形機2002などの装置が使用されてもよい。ロール成形機2002は、反対方向に回転する一対のローラ2004を備えてもよい。基布プリフォーム1424は、ローラ2004間のニップ部2008へと2006の方向で供給される。ローラ2004の位置及び形態に応じて、基布プリフォーム1424は、用途に適した所望の外形又は曲率へと圧延されてもよい。また、用途に応じて、繊維プリフォーム1424は、それが冷間加工される前又は後で機械加工されてもよい。

20

【0088】

図21は、基布プリフォーム1424を冷間加工すると同時に所望の形状へと成形するための他の技術を示す。この例では、繊維プリフォーム1424を所望の形状へと成形しつつ冷間加工するために、適合された金型表面2104、2106をそれぞれ有する一対の適合された金型2100、2102が使用される。適合された金型2100、2102はプレス(図示せず)内に配置されてもよく、また、繊維プリフォームは金型2100、2102間に配置される。プレスが一方の金型2100を2108の方向に移動させ、それにより、繊維プリフォーム1424が第2の金型2102へと押し進められ、その結果、基布プリフォーム1424が所望形状へと圧縮されて成形される。

30

【0089】

ここで、1つ以上の接合部520におけるピーク応力を減少させるために軟化ストリップ1400が使用される低温タンクを形成する方法の全体のステップを例示する図22に注意が向けられる。ステップ2200から始まって、複合樹脂タンク壁510及びタンクドーム506がレイアップされる。タンク壁510及びタンクドーム506はそれぞれ、カーボン繊維などの繊維で補強される、制限なくエポキシ又はBMI(ビスマレイミド)などの繊維強化熱硬化性樹脂の複数プライのレイアップを備えてもよい。ステップ2202では、既に説明した図19に示されるプロセスを使用して、適した軟化ストリップ1400が形成される。ステップ2204では、レイアップステップ2200中のタンク壁510とタンクドーム506との間の接合部520に軟化ストリップ1400が配置される。軟化ストリップ1400は、低温で生じる応力を含む接合部520の応力を減らすように機能する。ステップ2206では、図10~図13に関連して既に説明したように、タンクドーム506、タンク壁510、及び、軟化ストリップ1400が同時結合される。

40

50

【 0 0 9 0 】

フローチャートに示される異なる工程は、異なる実施形態のために行なわれてもよい異なるステップの全てを含めなくてもよい。例えば他の工程、例えば制限なく、結合、シム入れ、カウルメッキ、及び、他の適した工程のための前処理が前述した異なるプロセス中に行なわれてもよい。また、幾つかの実施形態では、特定の実施に応じて、工程のうちの一部が同時にあるいは異なる順序で行なわれてもよい。

【 0 0 9 1 】

したがって、異なる実施形態は、異なる構造体間の接合部の強度を高めるための方法及び装置を提供する。異なる実施形態は、軟化ストリップを形成するためにプラスチックマトリックスが内部に含浸されあるいは注入された三次元プリフォームを含んでもよい。この軟化ストリップは、周囲温度で気体形態を有する材料が液体形態を有する温度において柔軟であり続けることができる。

10

【 0 0 9 2 】

異なる実施形態の説明は、例示目的及び説明目的のために与えられてきたが、包括的であるようにあるいは開示された形態の実施形態に限定されるように意図されていない。多くの改変及び変形が当業者に明らかである。

【 0 0 9 3 】

異なる例示的な例は、宇宙船のための Y 接合部における軟化ストリップの使用を示すが、この軟化ストリップは宇宙船以外の物体で使用されてもよい。例えば、制限なく、軟化ストリップは、潜水艦、航空機、建物、ダム、製造設備、発電所、タンク、車、又は、何らかの他の適した物体における構造体のための接合部で使用されてもよい。

20

【 0 0 9 4 】

また、異なる実施形態は、他の実施形態と比べて異なる利点を与えてもよい。選択される 1 又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実用的な用途を説明するように、及び、考えられる特定の用途に適した様々な改変を伴う様々な実施形態に関する開示を当業者が理解できるように選択されて説明される。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 5 】

- 1 0 0 宇宙船の製造及び保守点検方法
- 1 0 2 仕様及び設計
- 1 0 4 材料調達
- 1 0 6 構成要素及び部分組立品の製造
- 1 0 8 システム統合
- 1 1 0 認証及び搬送
- 1 1 2 就航中
- 1 1 4 整備及び保守点検
- 2 0 0 宇宙船
- 2 0 2 構造体
- 2 0 4 システム
- 2 0 6 内部
- 2 0 8 推進システム
- 2 1 0 電気システム
- 2 1 2 油圧システム
- 2 1 4 環境システム
- 3 0 0 宇宙船
- 3 0 2 構造体
- 3 0 4 構造体
- 3 0 6 タンク
- 3 0 8 表面
- 3 1 0 表面

30

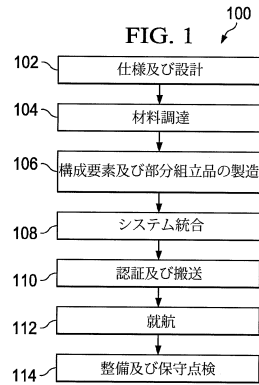
40

50

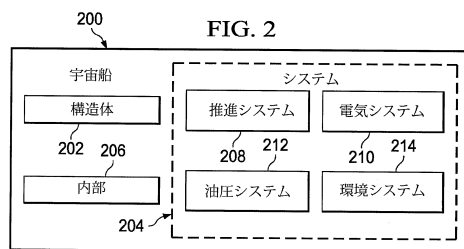
3 1 2	接合部	
3 1 4	Y 接合部	
3 1 6	ストリップ	
3 1 8	線	
3 2 0	三次元プリフォーム	
3 2 2	プラスチックマトリックス	
3 2 4	三次元基布	
4 0 0	打ち上げ用ロケット	
4 0 2	前部	
4 0 4	後部	10
4 0 6	長手方向軸	
4 0 8	部分	
5 0 1	矢印	
5 0 3	矢印	
5 0 4	タンク	
5 0 6	ドーム	
5 0 8	ドーム	
5 1 0	壁	
5 1 2	前部スカート	
5 1 4	後部スカート	20
5 2 0	Y 接合部	
5 2 2	Y 接合部	
5 2 4	軸	
5 3 0	断面	
6 0 0	外側スキン	
6 0 2	コア	
6 0 4	内側スキン	
6 0 6	軟化ストリップ	
7 0 0	端部	
7 0 2	端部	30
7 0 4	接合面	
7 0 5	側	
7 0 6	接合面	
7 0 7	側部	
7 0 8	部分、側部	
7 1 0	部分	
8 0 0	プリフォーム	
8 0 2	矢印	
9 0 0	プラスチックマトリックス	
9 0 2	軟化ストリップ	40
1 0 0 0	工程	
1 0 0 2	工程	
1 0 0 4	工程	
1 1 0 0	工程	
1 1 0 2	工程	
1 1 0 4	工程	
1 1 0 6	工程	
1 2 0 0	工程	
1 2 0 2	工程	
1 2 0 4	工程	50

1 2 0 6	工程	
1 2 0 8	工程	
1 2 1 0	工程	
1 2 1 2	工程	
1 2 1 4	工程	
1 2 1 6	工程	
1 2 1 8	工程	
1 3 0 0	工程	
1 3 0 2	工程	
1 3 0 4	工程	10
1 3 0 6	工程	
1 3 0 8	工程	
1 4 0 0	軟化ストリップ	
1 4 0 2	繊維 (糸)	
1 4 0 2 a	繊維	
1 4 0 8、1 4 1 0、1 4 1 2	略直交軸	
1 4 1 4	プラスチックコーティング	
1 4 1 6	交差部	
1 4 2 0	間隙	
1 4 2 4	三次元多孔質基布プリフォーム	20
1 7 2 2	破線	
1 8 0 0	グラフ	
1 8 0 4	グラフ線	
1 8 1 0	グラフ線	
1 8 1 2	ピーク応力	
1 9 0 2	ステップ	
1 9 0 6	ステップ	
1 9 1 0	ステップ	
1 9 1 2	ステップ	
1 9 1 4	ステップ	30
1 9 1 6	ステップ	
1 9 1 8	ステップ	
2 0 0 2	ロール成形機	
2 0 0 4	ローラ	
2 0 0 8	ニップ部	
2 1 0 0、2 1 0 2	金型	
2 1 0 4、2 1 0 6	金型表面	
2 2 0 0	ステップ	
2 2 0 2	ステップ	
2 2 0 4	ステップ	40
2 2 0 6	ステップ	

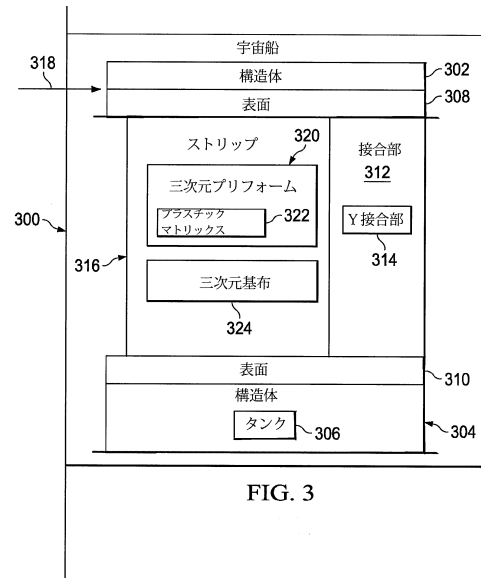
【図 1】



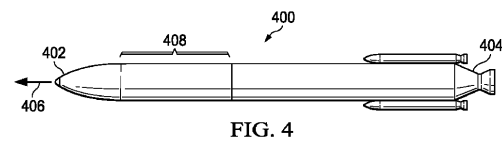
【図 2】



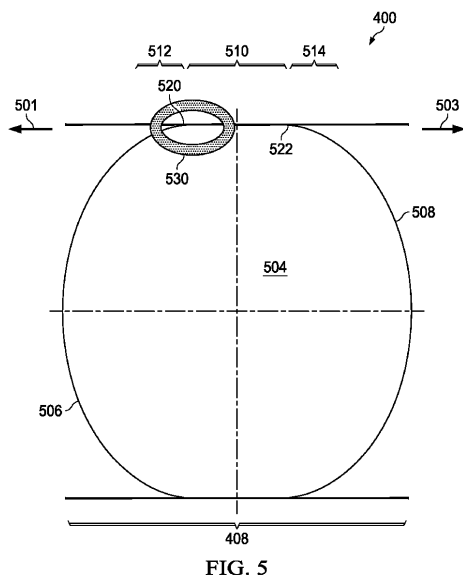
【図 3】



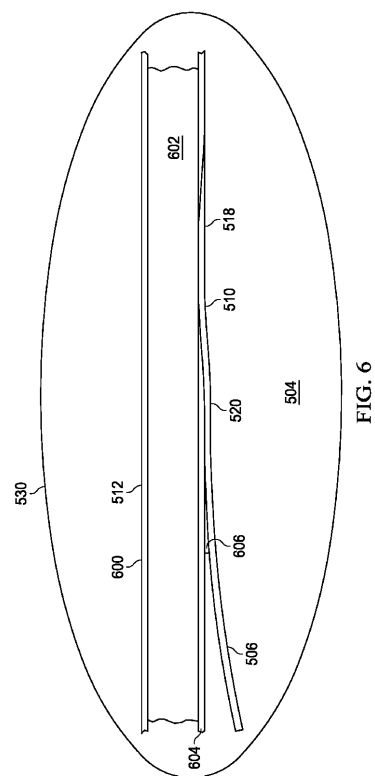
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

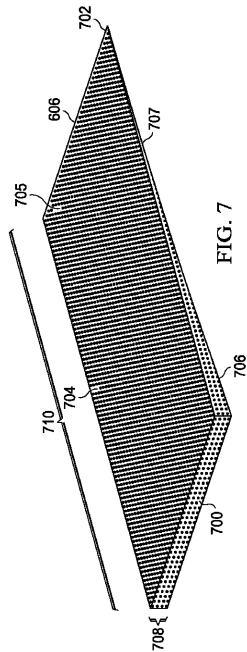


FIG. 7

【図 8】

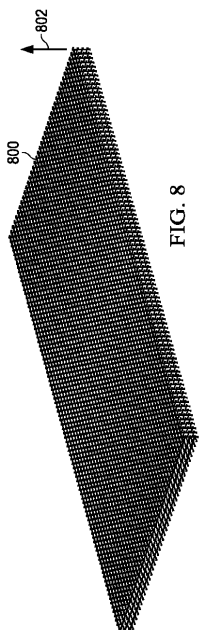


FIG. 8

【図 9】

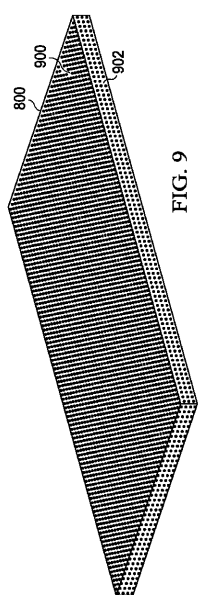


FIG. 9

【図 10】

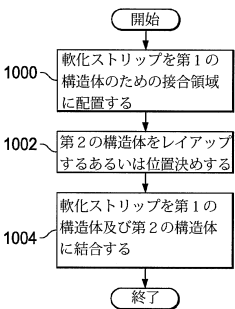


FIG. 10

【図 11】

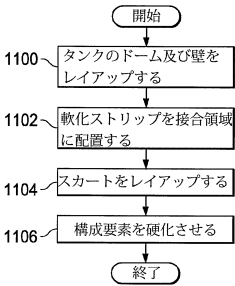


FIG. 11

【図 12】

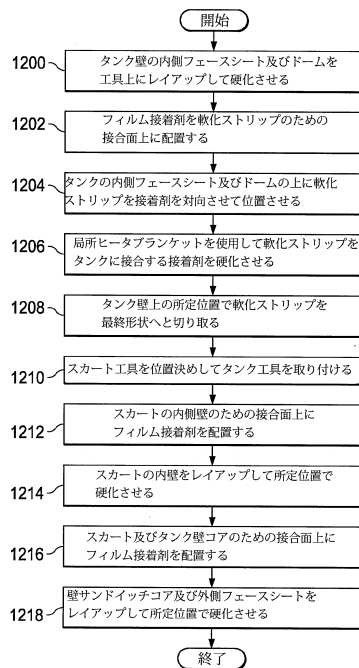


FIG. 12

【図 13】

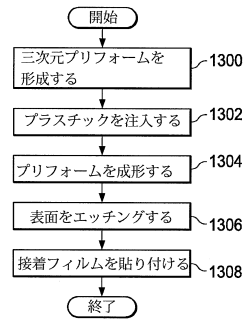


FIG. 13

【図 14】

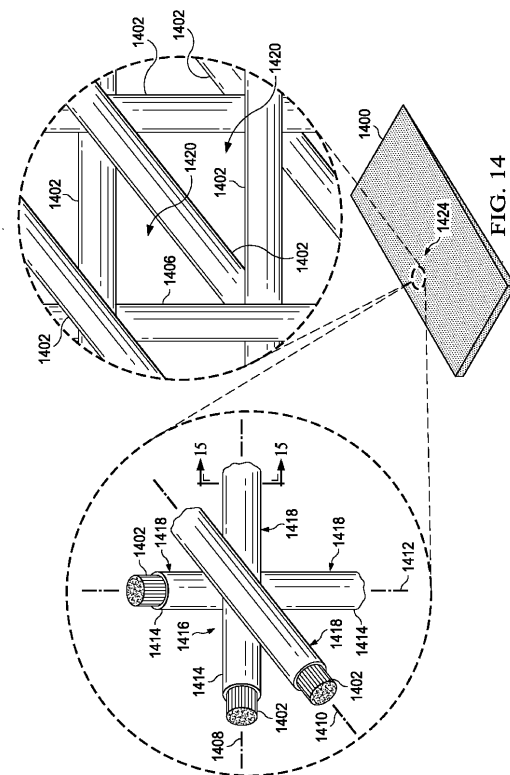


FIG. 14

【図 15】

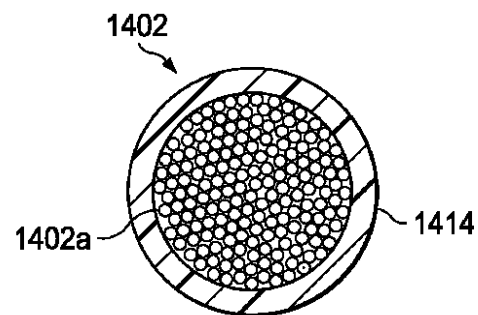


FIG. 15

【図 16】

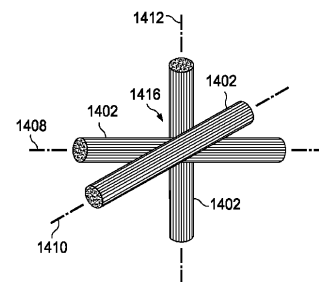


FIG. 16

【図 17】

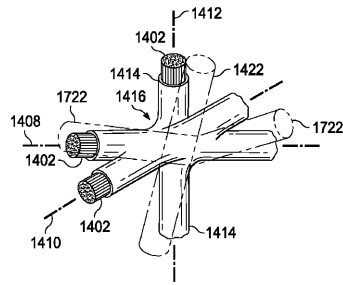


FIG. 17

【図 18】

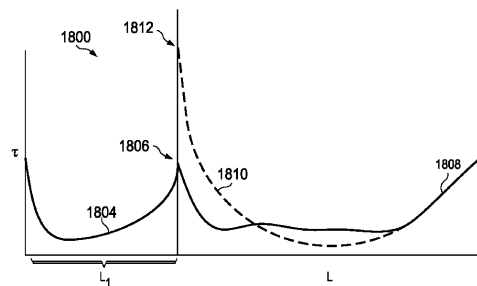


FIG. 18

【図 19】

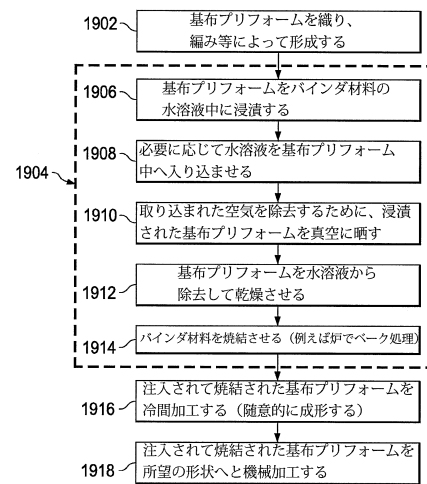


FIG. 19

【図 20】

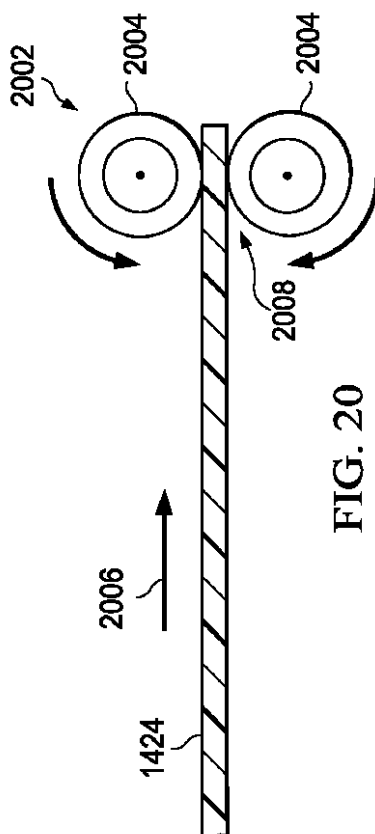


FIG. 20

【図 21】

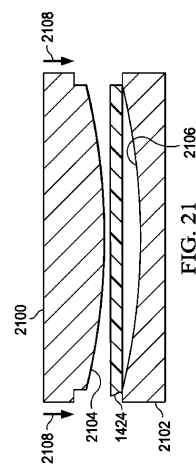


FIG. 21

【図 22】

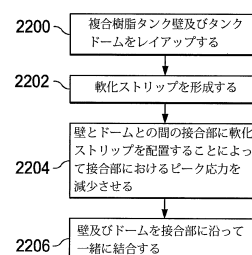


FIG. 22

フロントページの続き

- (72)発明者 マイケル・ジェイ・ロビンソン
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２６４９・ハンティントン・ビーチ・クラウン・サークル・
１７５３１
- (72)発明者 マイケル・レスリー・ハンド
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２６４９・ハンティントン・ビーチ・タリスマン・レーン・
１６７９２・アパートメント・３０３
- (72)発明者 クリード・アーネスト・プレヴィンス
アメリカ合衆国・カリフォルニア・９２６５６・アリソ・ヴィエホ・コーリングウッド・２

審査官 佐藤 玲奈

- (56)参考文献 米国特許出願公開第２０１０／００１２７８７（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００８／０２５６９６０（ＵＳ，Ａ１）
特開平０４－２７２８４１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０５１３１４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

B 2 9 B 1 1 / 1 6
1 5 / 0 8 - 1 5 / 1 4
C 0 8 J 5 / 0 4 - 5 / 1 0
5 / 2 4
D 0 6 M 1 3 / 0 0 - 1 5 / 7 1 5
B 2 9 C 7 0 / 1 0
B 2 9 K 1 0 5 / 0 8