

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6563009号
(P6563009)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int. Cl.	F I	
B 3 2 B 3/12 (2006.01)	B 3 2 B 3/12	Z
B 3 2 B 27/38 (2006.01)	B 3 2 B 27/38	
B 3 2 B 27/40 (2006.01)	B 3 2 B 27/40	
B 0 5 D 7/24 (2006.01)	B 0 5 D 7/24	3 0 2 T
B 0 5 D 7/00 (2006.01)	B 0 5 D 7/24	3 0 2 U
請求項の数 61 (全 34 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2017-516257 (P2017-516257)	(73) 特許権者	516363053
(86) (22) 出願日	平成27年6月3日(2015.6.3)		ブライト ライト ストラクチャーズ エルエルシー
(65) 公表番号	特表2017-524582 (P2017-524582A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア サンフランシスコ サウス パーク ストリート 90
(43) 公表日	平成29年8月31日(2017.8.31)	(74) 代理人	110001210
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/034051		特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02015/187867	(72) 発明者	ドッドワース アントニー
(87) 国際公開日	平成27年12月10日(2015.12.10)		イギリス リンカンシャー スタンフォード タリントン ミル レーン アイビー コテージ
審査請求日	平成29年1月31日(2017.1.31)	審査官	深谷 陽子
(31) 優先権主張番号	62/007,614		
(32) 優先日	平成26年6月4日(2014.6.4)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/007,632		
(32) 優先日	平成26年6月4日(2014.6.4)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多要素ポリマ樹脂、その塗布方法、およびそれを含む複合材積層構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複合材積層構造を形成する方法であって、

ポリウレタンおよびエポキシを含むポリマ樹脂を混合するステップであって、前記エポキシが、塗布温度で前記ポリウレタンよりも高い粘度を有し、塗布する前に前記ポリマ樹脂が前記塗布温度で約300センチポアズ以下の粘度を有する、ステップと、

前記ポリマ樹脂を、周囲温度とポリマ樹脂の成分の硬化温度との間の前記塗布温度にて加熱および維持するステップと、

前記ポリマ樹脂を繊維シートに塗布するステップと、

対応するセル壁により少なくとも部分的に画定される複数のセルを含むコア上に、前記繊維シートを、前記複数のセルの少なくとも一部にまたがって延在するように位置付けるステップであって、前記繊維シートがその上に塗布されたポリマ樹脂を含むステップと、位置付けの後に、前記繊維シートに塗布された前記ポリマ樹脂を硬化させるステップと

を含むことを特徴とする、方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法であって、ポリマ樹脂を前記塗布温度にて加熱および維持するステップが、

前記ポリマ樹脂を容器の中に設置すること、および

加熱した流体を収容する圧力容器の中に前記容器を設置することを含み、前記流体が前

記塗布温度にて維持されることを特徴とする、方法。

【請求項 3】

請求項 1 から 2 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を混合するステップが、熱可塑性物を前記ポリマ樹脂の中へ混合することを含むことを特徴とする、方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、硬化の間に約 3 % 以下の収縮率を有することを特徴とする、方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記エポキシの量が、前記ポリマ樹脂の約 40 体積%未満であることを特徴とする、方法。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を混合するステップが、硬化剤またはハードナを前記ポリマ樹脂の中へ混合することを含むことを特徴とする、方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法であって、前記ハードナが、約 70 にて硬化開始するように構成されることを特徴とする、方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリウレタンおよび前記エポキシが、ほぼ同一の硬化時間を示すことを特徴とする、方法。

20

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を混合するステップが、少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料を前記ポリマ樹脂の中へ混合することを含み、前記少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料が、コバルト、鉄、ニッケル、またはフェライトのうちの 1 つ以上の合金を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、約 5 体積%未満の前記少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、炭酸カルシウム、シリカ、またはアルミナのうちの 1 つ以上を含むフィラー材料を含むことを特徴とする、方法。

30

【請求項 12】

請求項 1 に記載の方法であって、
前記ポリマ樹脂が、約 10 体積% ~ 約 35 体積%のエポキシを含み、
前記ポリマ樹脂を混合するステップが、硬化剤もしくはハードナ、熱可塑性物、少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属合金、またはフィラー材料のうちの 1 つ以上を、塗布前の前記ポリマ樹脂の中へ混合することをさらに含むことを特徴とする、方法。

【請求項 13】

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を塗布するステップが、前記ポリマ樹脂を約 90 p s i 未満の圧力にて前記繊維シートに吹き付けることを含むことを特徴とする、方法。

40

【請求項 14】

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を塗布するステップが、前記ポリマ樹脂を前記繊維シートに手で散布することを含むことを特徴とする、方法。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を混合するステップが、前記ポリマ樹脂をその場で成形型の中で混合することを含むことを特徴とする、方法。

50

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂をその場で成形型の中で混合するステップが、

前記繊維シートに、前記ポリマ樹脂の前記ポリウレタンを塗布し、前記ポリマ樹脂の前記エポキシを塗布することと、

前記ポリマ樹脂を前記塗布温度にて加熱および維持するアクトの間に、前記ポリウレタンおよび前記エポキシを互いに接触させることと、

を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 17】

請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を混合するステップが、前記ポリマ樹脂を塗布する前に前記ポリマ樹脂を混合することを含むことを特徴とする、方法。

10

【請求項 18】

複合材積層構造を形成する方法であって、

容器の中に、ポリウレタンおよびエポキシを含むポリマ樹脂であって、前記エポキシが前記ポリマ樹脂の約 10 体積% ~ 約 35 体積% であるポリマ樹脂を設置するステップと、

前記容器の中で、前記ポリマ樹脂および前記ポリマ樹脂を第 1 の温度にて硬化させるように構成されたハードナを周囲温度にて混合するステップと、

流体を収容する圧力容器の中に前記容器を設置するステップと、

前記ポリマ樹脂に約 300 センチポアズ以下の粘度を示させるのに十分な前記第 1 の温度と前記周囲温度との間の塗布温度にて前記ポリマ樹脂を加熱および維持するステップであって、前記流体が前記塗布温度で維持されるステップと、

20

前記ポリマ樹脂を炭素繊維シートに塗布するステップであって、前記炭素繊維シートがその上に塗布されたポリマ樹脂を含むステップと、

対応するセル壁により少なくとも部分的に画定される複数のセルを含むコア上に、前記炭素繊維シートを位置付けるステップと、

を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の方法であって、

前記ポリマ樹脂を追加の炭素繊維シートに塗布するステップと、

前記追加の炭素繊維シートを前記炭素繊維シートに対向する側面の前記コア上に位置付けるステップと、

30

をさらに含むことを特徴とする、方法。

【請求項 20】

請求項 18 に記載の方法であって、

前記ポリマ樹脂を追加の炭素繊維シートに塗布するステップと、

前記追加の炭素繊維シートを前記炭素繊維シート上に位置付けるステップと、

をさらに含むことを特徴とする、方法。

【請求項 21】

請求項 18 から 20 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を塗布するステップが、前記ポリマ樹脂を約 90 p s i 未満の圧力にて吹き付けることを含むことを特徴とする、方法。

40

【請求項 22】

請求項 21 に記載の方法であって、前記圧力が、約 70 p s i であることを特徴とする、方法。

【請求項 23】

請求項 18 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記第 1 の温度が、約 70

であり、前記塗布温度が、約 50 であることを特徴とする、方法。

【請求項 24】

請求項 18 から 20 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂を塗布する

50

ステップが、前記ポリマ樹脂を手動で散布することを含むことを特徴とする、方法。

【請求項 25】

請求項 18 から 24 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記塗布されたポリマ樹脂を約 120 にて約 5 分間硬化させるステップをさらに含むことを特徴とする、方法。

【請求項 26】

請求項 25 に記載の方法であって、前記塗布されたポリマ樹脂を硬化させるステップが、成形型の中で行われることを特徴とする、方法。

【請求項 27】

請求項 18 から 26 のいずれか 1 項に記載の方法であって、フィラー材料を前記ポリマ樹脂と混合するステップをさらに含み、前記フィラー材料が、炭酸カルシウム、シリカ、およびまたはアルミナのうちの 1 つ以上を含むことを特徴とする、方法。

10

【請求項 28】

請求項 27 に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、硬化の間に 3 % 以下の収縮率を示すことを特徴とする、方法。

【請求項 29】

請求項 18 から 28 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、コバルト、鉄、ニッケル、およびフェライトからなる群から選択される少なくとも 1 つの第 V I I 族金属材料を含むことを特徴とする、方法。

【請求項 30】

請求項 29 に記載の方法であって、前記ポリマ樹脂が、5 体積 % 未満の前記少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料を含むことを特徴とする、方法。

20

【請求項 31】

請求項 18 から 30 のいずれか 1 項に記載の方法であって、前記エポキシが、前記ポリマ樹脂の約 25 体積 % ~ 約 35 体積 % であることを特徴とする、方法。

【請求項 32】

対応するセル壁により少なくとも部分的に画定され、さらに実質的に対向する開放端を画定する複数のセルを含み、前記複数のセルは実質的に平行に配置される、少なくとも 1 つのコアであって、前記複数のセルの前記対向する開放端によって少なくとも部分的に画定される第 1 の端および第 2 の端を有する少なくとも 1 つのコアと、

前記コアの前記第 1 の端に付着した 1 つ以上の第 1 の複合材積層と、

前記コアの開放された前記第 2 の端に付着した 1 つ以上の第 2 の複合材積層と、

を含み、

前記 1 つ以上の第 1 および前記 1 つ以上の第 2 の複合材積層の各々が、ポリウレタンおよびエポキシを含む硬化したポリマ樹脂を有し、前記エポキシが、前記ポリマ樹脂の約 5 体積 % ~ 約 40 体積 % であり、

前記コアの前記第 1 の端および前記第 2 の端において前記複数のセルの前記開放端の中に少なくとも部分的に浸透された前記 1 つ以上の第 1 の複合材積層および前記 1 つ以上の第 2 の複合材積層において前記硬化したポリマ樹脂から得られる、硬化したポリマ樹脂発泡体であって、前記硬化したポリマ樹脂発泡体は、前記コアの前記第 1 の端および第 2 の端と前記第 1 および第 2 の複合材積層との間の付着を与えることを特徴とする、複合材積層構造。

30

40

【請求項 33】

請求項 32 に記載の複合材積層構造であって、前記硬化したポリマ樹脂が、未硬化状態から約 3 % 未満の収縮率を示すことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項 34】

請求項 33 に記載の複合材積層構造であって、前記複合材積層の 1 つ以上の前記ポリマ樹脂が、炭酸カルシウム、シリカ、またはアルミナのうちの 1 つ以上を含むフィラー材料を含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項 35】

請求項 32 から 34 のいずれか 1 項に記載の複合材積層構造であって、前記 1 つ以上の

50

第1または1つ以上の第2の複合材積層のうちの1つ以上が、2つ以上の複合材積層を含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項36】

請求項32から35のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記1つ以上の第1の複合材積層および前記1つ以上の第2の複合材積層の間に、板紙またはカードボードのうちの1つ以上をさらに含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項37】

請求項32から36のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、1つ以上の複合材積層が、硬化したポリマ樹脂に埋設された不連続繊維または連続繊維を含むことを特徴とする、複合材積層構造。

10

【請求項38】

請求項37に記載の複合材積層構造であって、前記不連続繊維または連続繊維が、炭素繊維、ガラス繊維、またはプラスチック繊維のうちの1つ以上を含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項39】

請求項32から38のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記1つ以上の第1の複合材積層または前記1つ以上の第2の複合材積層のうちの1つの上に、硬化したポリマ樹脂を含むノンクリンプファブリックまたは織布をさらに含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項40】

請求項32から39のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記エポキシが、前記ポリマ樹脂の約10体積%～約35体積%であることを特徴とする、複合材積層構造。

20

【請求項41】

請求項39に記載の複合材積層構造であって、前記エポキシが、前記ポリマ樹脂の約25体積%～約35体積%であることを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項42】

請求項40および41のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記ポリマ樹脂が、ハードナを含み、前記ハードナが、前記ポリマ樹脂に対して約1:100～1:3の体積比で存在することを特徴とする、複合材積層構造。

30

【請求項43】

請求項32から42に記載の複合材積層構造であって、前記ポリマ樹脂が、熱可塑性物を含み、前記熱可塑性物が、前記ポリマ樹脂の約1体積%～約20体積%であることを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項44】

請求項43に記載の複合材積層構造であって、前記熱可塑性物が、ポリエーテルエーテルケトン、ポリカーボネート、ポリエーテル、またはポリプロピレンのうちの1つ以上を含むことを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項45】

請求項39から44のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記ポリマ樹脂が、フィラー材料を含み、前記フィラー材料が、前記ポリマ樹脂の約1体積%～約30体積%であることを特徴とする、複合材積層構造。

40

【請求項46】

請求項39から45のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記ポリマ樹脂が、第VII族金属合金を含み、前記第VII族金属合金が、前記ポリマ樹脂の約5体積%以下であることを特徴とする、複合材積層構造。

【請求項47】

請求項39から46のいずれか1項に記載の複合材積層構造であって、前記ポリマ樹脂の少なくとも一部分が、硬化の前または間に発泡体を生成し、前記発泡体の少なくとも一部分は、硬化の前または間に前記複数のセルのうちの1つ以上に延在することを特徴とす

50

る、複合材積層構造。

【請求項 4 8】

第 1 の熱硬化物と、硬化すると前記第 1 の熱硬化物よりも高い硬度および耐水性を有しポリマ樹脂の約 5 ~ 約 4 0 体積%である、少なくとも 1 つの第 2 の熱硬化物との混合物を含み、前記第 1 の熱硬化物および前記第 2 の熱硬化物が、混合された後に微細発泡体の形成を可能にするのに十分な量でそれぞれ存在し、

前記ポリマ樹脂は、コバルト、鉄、ニッケル、またはフェライトのうちの 1 つ以上を含む少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料を含み、

前記第 2 の熱硬化物は、前記第 1 の熱硬化物よりも高い粘度を有し、前記ポリマ樹脂は、約 7 0 にて 3 0 0 センチポアズ以下の粘度を示すことを特徴とする、ポリマ樹脂。

10

【請求項 4 9】

請求項 4 8 に記載のポリマ樹脂であって、前記第 1 の熱硬化物が、ポリウレタンを含み、前記第 2 の熱硬化物が、エポキシを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 0】

請求項 4 8 または 4 9 に記載のポリマ樹脂であって、硬化後に約 3 体積%未満の液体状態から固体硬化状態への収縮率を示すように作られていることを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 1】

請求項 4 8 から 5 0 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、前記第 1 の熱硬化物または前記第 2 の熱硬化物のうちの 1 つ以上を硬化させるように作られた少なくとも 1 つのハードナを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

20

【請求項 5 2】

請求項 5 1 に記載のポリマ樹脂であって、前記少なくとも 1 つのハードナが約 7 0 以上にて硬化開始するように作られていることを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 3】

請求項 4 8 から 5 2 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、前記第 1 の熱硬化物および前記第 2 の熱硬化物がほぼ同一の時間で硬化するように作られていることを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 4】

請求項 4 8 に記載のポリマ樹脂であって、前記第 1 の熱硬化物が高温にて微細発泡体を形成するように作られたポリウレタンを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

30

【請求項 5 5】

請求項 4 8 から 5 4 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、約 1 0 体積% ~ 約 3 5 体積%のエポキシを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 6】

請求項 4 8 から 5 4 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、約 2 5 体積% ~ 約 3 5 体積%のエポキシを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 7】

請求項 4 8 から 5 5 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、熱可塑性物を含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

40

【請求項 5 8】

請求項 5 7 に記載のポリマ樹脂であって、前記熱可塑性物が、ポリエーテルエーテルケトン、ポリカーボネート、ポリプロピレン、ポリフェニレンスルフィド、アクリル、またはポリエチレンを含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 5 9】

請求項 4 8 に記載のポリマ樹脂であって、約 5 体積%未満の前記少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属の合金を含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【請求項 6 0】

請求項 4 8 から 5 9 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、炭酸カルシウム、シリカ、またはアルミナのうちの 1 つ以上を含むフィラー材料を含むことを特徴とする、ポ

50

リマ樹脂。

【請求項 6 1】

請求項 4 8 から 5 8 のいずれか 1 項に記載のポリマ樹脂であって、
約 1 0 体積 % ~ 約 3 5 体積 % の前記エポキシを含み、
ハードナ、熱可塑性、少なくとも 1 つの第 V I I I 族金属材料、またはフィラー材料の
うちの 1 つ以上を含むことを特徴とする、ポリマ樹脂。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、多要素ポリマ樹脂、その塗布方法、およびそれを含む複合材積層構造に関する。 10

【背景技術】

【0 0 0 2】

(関連特許出願の相互参照)

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 4 年 6 月 4 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 0 0 7 , 6 1 4 号の優先権を主張する。

【0 0 0 3】

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 4 年 6 月 4 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 0 0 7 , 6 3 2 号の優先権を主張する。

【0 0 0 4】

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 4 年 6 月 4 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 0 0 7 , 6 5 2 号の優先権を主張する。 20

【0 0 0 5】

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 4 年 6 月 4 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 0 0 7 , 6 7 0 号の優先権を主張する。

【0 0 0 6】

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 4 年 6 月 4 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 0 0 7 , 6 8 5 号の優先権を主張する。

【0 0 0 7】

本願は、その開示内容全体をこの引用により本願に援用する、2 0 1 5 年 1 月 2 8 日に
出願された米国仮出願第 6 2 / 1 0 8 , 8 3 7 号の優先権を主張する。 30

【0 0 0 8】

構造部品の大量生産では、低いコストの材料および低い組み立てコストに焦点が当てら
れるが、工具整備および設備のための高額な資本の長期的投資が最初に要され得る。しか
し、大量生産は容易には設計バリエーションに適應することができない。

【0 0 0 9】

現在、アルミニウム要素のような部品の少量生産は、低い資本支出、高価な材料および
高額なアセンブリコストを伴う。全体的に見て、少量生産は依然として非常に高価である
。

【0 0 1 0】

構造要素、例えば、シャーシ、通信設備のパネル、輸送機または車両（例えば、自転
車、オートバイ、トラック等）のフレームまたは本体部品、農業用途（例えば、農業設備
）、エネルギー関連用途（例えば、風力、太陽エネルギー）、衛星用途、航空宇宙用途、構築
材料（例えば、建築材料等）、および消費者製品（例えば、家具、便座、および特に電気
製品）を製作するためには、軽量で強く剛性の高い複合材を生産することが望ましい。 40

【0 0 1 1】

シャーシまたは本体要素、例えば車用フードまたは他の本体パネル、を製作するた
めには、良好なエネルギー吸収を有する軽量で強い複合材要素を生産することが望ましい。本
体要素は、車事故の間にエネルギー吸収をもたらすように設計することができる。安全上の理
由のため、車用フードまたは本体要素は、減衰またはエネルギー吸収の特性を有するよう
に 50

設計することができる。

【 0 0 1 2 】

輸送機関（例えば、自動車、トラック、または任意の車両）、農業設備、建設設備、または航空宇宙産業用の複合材要素は、著しく燃料効率を向上させ炭素排出を低減することができる。複合材は、炭素繊維またはガラス繊維を含むことができる。炭素繊維はガラス繊維よりも剛性が高く、強く、軽いものであり得るが、概してより高価であり得る。炭素繊維補強要素は、アルミニウム要素より約 20% 軽く、一部の鋼要素より約 50% 軽いものであり得る。炭素繊維補強複合材は、アルミニウムおよび鋼よりも高い、重量に対する強度または重量に対する剛性の比を有することができる。

【 0 0 1 3 】

現状では、複合材要素は、高圧樹脂トランスファ成形（RTM）を含む従来のプロセスによりしばしば製作される。複合材要素は予備含浸させた繊維（「プリプレグ」）で形成することもでき、プリプレグを硬化させるためにはオープンまたはオートクレーブを要し得る。従来から、炭素繊維で補強した複合材要素は金属要素に比べてコスト競争力が低く、それはいくつかの理由による。第 1 に、高圧 RTM は相対的に高価な設備と、繊維に含浸させるためにポリマ樹脂を流動させ表面欠陥（例えば、ピンホールまたは望ましくない多孔性）を低減するための高圧とを要する可能性がある。樹脂に高圧を印加しても、表面はピンホールまたは表面欠陥を依然として有し得る。このような欠陥を有する表面は、望ましい表面仕上がりを示すことも外見的に望ましいものであることもできない。このような表面欠陥は、複合材の表面の塗装をより困難にもし得る。第 2 に、高圧 RTM は金属要素に比べて、複合材要素を製作するためにより長いサイクルタイムを要する可能性もある。例えば、複合材要素の加熱、硬化、および冷却を含む炭素繊維部品の生産サイクルタイムは、鋼またはアルミニウム部品が秒単位であるのに対し、約 45 分以上かかり得る。第 3 に、バージン炭素繊維の材料コストが高い可能性があり、RTM からの繊維廃棄物も非常に高い可能性がある。例えば、複雑な形状または幾何学的配置の複合材要素を製作するとき、元の炭素繊維の最大 40% が廃棄され得る。また、表面欠陥が原因で、RTM 部品の生産収率は金属部品と比べて相対的に低い。

【 0 0 1 4 】

製造業者は、複合材要素の生産コストを低減するために、低コストの代替材料、低コストの工具整備、およびより速いサイクルタイムを求め続けている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

本明細書に開示されている実施形態は、低粘度を有するポリマ樹脂に関するものである。より具体的には、実施形態は、繊維補強複合材サンドイッチ構造および繊維補強複合材構造を形成するための、ポリマ樹脂の組成物および性質、ポリマ樹脂を塗布する器具および方法に関するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

一実施形態において、複合材積層構造（composite laminate structure）を形成する方法が開示される。方法は、ポリウレタンおよびエポキシを含むポリマ樹脂を混合するステップを含む。方法は、ポリマ樹脂を、周囲温度とポリマ樹脂の要素の硬化温度との間の塗布温度にて加熱および維持するステップを含む。方法は、ポリマ樹脂を繊維シートに塗布するステップを含む。方法は、対応するセル壁により少なくとも部分的に画定される複数のセルを含むコア上に、繊維シートを、複数のセルの少なくとも一部にまたがって延在するように位置付けるステップを含む。繊維シートはその上に塗布されたポリマ樹脂を含む。方法は、位置付けの後に、繊維シートに塗布されたポリマ樹脂を硬化させるステップをさらに含む。

【 0 0 1 7 】

一実施形態において、複合材積層構造が開示される。複合材積層構造は、対応するセル

10

20

30

40

50

壁により少なくとも部分的に画定される複数のセルを含む少なくとも1つのコアを含む。複合材積層構造は、コアの第1の端に付着した1つ以上の第1の複合材積層と、コアの第2の端に付着した1つ以上の第2の複合材積層とを含む。1つ以上の第1および1つ以上の第2の複合材積層の各々が、硬化したポリマ樹脂を有する。硬化したポリマ樹脂は、ポリウレタンおよびエポキシを含む。

【0018】

一実施形態において、ポリマ樹脂が開示される。ポリマ樹脂は、第1の熱硬化物および少なくとも第2の熱硬化物を含む混合物を含む。第2の熱硬化物は、硬化すると第1の熱硬化物より高い硬度および耐水性を有し、第2の熱硬化物はポリマ樹脂の約50体積%以下である。第1の熱硬化エポキシおよび第2の熱硬化物は、混合された後に微細発泡体の形成を可能にするのに十分な量でそれぞれ存在する。

10

【0019】

一実施形態において、ポリマ樹脂を塗布する方法が開示される。方法は、容器の中に、ポリウレタンおよびエポキシを含むポリマ樹脂を設置するステップを含む。方法は、容器の中で、ポリマ樹脂およびポリマ樹脂を第1の温度にて硬化させるように作られたハードナ(hardener)を周囲温度にて混合するステップを含む。方法は、流体を収容する圧力容器の中に容器を設置するステップを含む。方法は、ポリマ樹脂に約300センチポアズ以下の粘度を示させるのに十分な第1の温度と周囲温度との間の塗布温度にて加熱および維持するステップをさらに含み、流体は塗布温度で維持する。方法は、ポリマ樹脂を繊維シートに塗布するステップをさらに含む。

20

【0020】

開示される実施形態の任意の特徴は、制限なく互いと組み合わせて用いることができる。加えて、本開示の他の特徴および長所は、以下の詳しい記載および添付図面の検討を通じて当業者に明らかとなるであろう。

【0021】

図面は本発明のいくつかの実施形態を図示するものであり、同一の参照番号は、図面に示される異なるビューまたは実施形態における同一または類似の成分または特色を意味するものである。

【図面の簡単な説明】

【0022】

30

【図1A】一実施形態に従った、ポリマ樹脂を加熱および吹き付けをするための圧力ポット(pressure pot)の図である。

【図1B】ポリマ樹脂およびハードナを混合する前の図1Aの容器の図である。

【図2】一実施形態に従った図1Aの圧力ポットのアイソメトリックビューである。

【図3】一実施形態に従った、ハードナを含むポリマ樹脂を収容する図1Aの容器のアイソメトリックビューである。

【図4】一実施形態に従ったポリマ樹脂を吹き付ける方法のフローチャートである。

【図5】一実施形態に従ったリサイクル繊維シートを形成する装置の概略である。

【図6】本開示の実施形態に従ったニードリング後の図5の繊維シートの写真である。

【図7】本開示の実施形態に従った、2つの繊維シート間にメッシュを有する図5の繊維シートの写真である。

40

【図8】本開示の実施形態に従った、飲用ストロで作られたコアを含む複合材サンドイッチの写真である。

【図9】一実施形態に従った複合材サンドイッチの横断面図である。

【図10】一実施形態に従った複合材サンドイッチの横断面図である。

【図11】一実施形態に従った、複合材サンドイッチ、金属インサートから形成されNCFで補強された一要素の横断面図である。

【図12】一実施形態に従った、複合材サンドイッチを形成する方法のフローチャートである。

【図13】一実施形態に従った、複合材サンドイッチを形成する方法のフローチャートで

50

ある。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本明細書に開示されている実施形態は、第1の熱硬化物および1つ以上の追加の要素（例えば、第2の熱硬化物および/または熱可塑性物）を有するポリマ樹脂、それを含む複合材積層、それを作製し使用する方法、およびそれを含む複合材積層構造に関するものである。本明細書に開示されている実施形態は、第1の熱硬化物（例えば、ポリウレタン）、少なくとも第2の熱硬化物（例えば、エポキシ）、および/または1つ以上の熱可塑性物のような他のポリマ材料の液体のブレンドまたは混合物を含むポリマ樹脂を提供する。ポリマ樹脂は、通例、硬化前は液体形態であり、架橋工程である硬化後は固体になる。ポリマ樹脂は、樹脂の1つ以上の要素の硬化を触媒するために1つ以上のハードナを含むことができる。ポリマ樹脂は、接着剤として用いることができる。炭素繊維複合材積層のような複合材積層構造を形成するために、2つ以上の熱硬化物を用いることができる。複合材積層は、繊維シートもしくはマット上の、または繊維シートもしくはマットの中へ少なくとも部分的に組み込まれる、ポリマ樹脂の1つ以上の層を含むことができる。

10

【0024】

ポリマ樹脂は高温にて低粘度を有し、90 psi未満のような低圧で吹き付けることができる。ポリマ樹脂は、硬化の間に微細発泡体を形成することもできる。以下により詳細に議論するように、微細発泡体は、特に材料が有する結合表面積が小さいとき、例えば、チューブ（例えば、プラスチックチューブ）のようなセルの開放端を有するとき、相対的に剛性の高い材料（例えば、プラスチック）によく付着することができる。

20

【0025】

以下により詳細に議論するように、ポリマ樹脂は「硬質な」コアまたは「軟質な」コアを含む複合材サンドイッチを形成するために用いることができる。「硬質な」コアは、負荷をコアの一端からコアの另一端へ効率的に伝達させることができる。例えば、「硬質な」コアは、1つ以上のプラスチック材料を含むコアブランクから形成することができ、開放端を有する複数のセル（例えば、実質的に平行な密集したプラスチックチューブ）を含むことができる。複数のセルは、対応する1つ以上のセル壁により少なくとも部分的に画定され得る（例えば、プラスチック材料は、セルが多数の好適な形状を有することができるハニカム様構造を画定することができる）。一部の実施形態において、コアブランクの圧縮性を有するセルは、チューブまたはストロにより形成または画定され得る。一部の実施形態において、セルは飲用ストロのようなチューブであることができる（例えば、各々のストロは対応するコアのセルを画定することができ、隣接コアは間にある間隙または空間に追加のセルを画定することができる）。プラスチックストロは、非常に低コストにてポリカーボネートで商業的に作られ、概ね平行な配置で固定することができる。硬質なコアは、代替的または追加的に高密度発泡体を含むことができる。硬質なコアは、複合材サンドイッチに高い曲げ剛性をもたらすことができる。セルの場合、より具体的にはプラスチックチューブの場合、コアは各々が開放端を有する複数のセルまたはチューブを有することができる。「硬質な」コアは、「軟質な」コアよりも大きく複合材サンドイッチの曲げ剛性を増大させることができる。

30

40

【0026】

本明細書に開示されている実施形態のいずれかに用いることができる好適なコアについてのさらなる詳細は、本願と同時に出願された「Composite sandwich with high bending stiffness and light weight」という表題のPCT国際出願第（2014年6月4日出願された「Composite sandwich with high bending stiffness and light weight」という表題の米国仮特許出願第62/007,614号（代理人整理番号P243720.U.S.01）の優先権を主張する）に見出すことができ、その全体をこの引用により本願に援用する。複合材サンドイッチのコアは、飲用ストロのようなプラスチックチューブの束を含むことができ、シャーシのよ

50

うな自動車要素を製作するために好適であることができる。

【0027】

チューブまたは飲用ストロのような開放端型のプラスチックセルで形成された「硬質な」コアは、従来のエポキシを用いて複合材積層（例えば、コアの上に単一の層を形成する複合材積層のうち1つ以上の層）に付着することが困難であり得る。例えば、複合材積層は、従来のエポキシを用いると「硬質な」コアからより剥離しやすくなり得る。本明細書に開示されている実施形態に従ったポリマ樹脂は、十分な接着性をもたらすことにより（例えば、開放端を介して少なくとも部分的にセルの中へ延在することができる、ポリマ/エポキシのブレンドにより形成された微細発泡体によるより強い接着性により）、「硬質な」コアを含む複合体サンドイッチの剥離の問題を解決する。

10

【0028】

これに対し、「軟質な」コアは、負荷がコアの一端に印加されたとき、例えば、「軟質な」コアが板紙、カードボード、または低密度発泡体等から形成され得るとき、コアの一端からコアの反対端に負荷を伝達しない可能性がある。「軟質な」コアは、衝撃がZ軸に沿う（例えば、複合材積層の面に概ね垂直）とすれば、「硬質な」コアより多くのエネルギーまたは衝撃を垂直に（例えば、複合材積層に対して実質的に垂直な方向で）吸収することができる。「硬質な」コアは、例えばZ軸に垂直な複合材積層の平面（例えば、X-Y平面において）に沿うように、より多くのエネルギーを水平に吸収し得る。板紙を含む複合材サンドイッチは、車用フード、自動車の表面パネル（例えば、最小限のピンホールまたは多孔性を有するAクラス表面パネル）、航空宇宙用途、または消費者製品（例えば、家具）、またはエネルギー吸収が望まれる構築材料もしくは類似の用途に用いることができる。「軟質な」コアの複合材サンドイッチの製造工程は、「硬質な」コアの複合材サンドイッチと異なり得るが、それは「軟質な」コアは、コアに対して実質的に垂直なベクトルを有する負荷を「硬質な」コアがするようには伝達しないためである。「軟質な」コアを用いて複合材サンドイッチを製作する器具および方法についての詳細は、本願と同時に出願された「Composite Structure Exhibiting Energy Absorption and/or Including a Defect Free Surface」という表題のPCT国際出願第（代理人整理番号44353WO01__496714-23）に開示されており、その全体をこの引用により本願に採用する。

20

30

【0029】

[樹脂組成物]

1つ以上の実施形態によれば、ポリマ樹脂は、エポキシと共にポリウレタンを含む混合物のような、相対的に低い粘度を有する1つ以上の熱硬化物ならびに相対的に高い粘度を有する1つ以上の熱硬化物および/または1つ以上の熱可塑性の混合物を含むことができる。混合物は、室温にて相対的に低い粘度（例えば、約40 mPa・s以下）を有することができる。一部の実施形態において、以下でより詳細に説明するが、ポリマ樹脂は、少なくとも1つのハードナ、少なくとも1つの第VII族金属材料、少なくとも1つのフィラー材料、または少なくとも1つの熱可塑性のうち1つ以上を含むことができる。低粘度熱硬化物（例えば、室温にて約150センチポアズの粘度を有する、Huntsman Polyurethanesが提供するVITROXのようなポリウレタン）は、もう一方の高粘度熱硬化物（例えば、Momentiveが提供するエポキシEP05475）が低粘度熱硬化物よりも相対的に高い粘度を有するため、ポリマ樹脂の低粘度に主に寄与し得る。ポリウレタンの粘度は約30~40 mPa・sであることができ、エポキシの粘度は約50~70 mPa・s（または特別な場合において約15 mPa・s（DowのVoraForce 5300の場合））であることができる。本明細書に開示されているポリマ樹脂は、相対的に短い硬化時間を有する一方で相対的に小さい収縮率（例えば、約3%未満）を示すことができる。エポキシEP05475は、120にて5分の硬化時間および約120のT_gを有し、一方ポリウレタンの硬化時間は約1時間以上であることができT_gは約250未満であることができる。本明細書で用いられる用語「硬化

40

50

する」「硬化した」は、少なくとも部分的または完全に硬化するかまたは硬化したという意味を含む。

【0030】

ポリウレタン熱硬化物は、曲げに対する望ましい耐性、弾性、低粘度、または発泡能力（例えば、複合材積層構造形成の間に微細発泡体を形成する能力）のうちの1つ以上をポリマ樹脂にもたらし得ることができる。エポキシ熱硬化物は、望ましいエネルギー吸収、または部品の表面に平行な力ベクトルに沿った脆性破壊のような機械的破損プロファイルをポリマ樹脂にもたらし得る。エポキシ熱硬化物は、得られる複合材積層に、耐水性を有する（例えば、水密性を有する）特徴、またはより良好な負荷伝達能力（例えば、より硬質な表面）をもたらし得ることができる。

10

【0031】

一部の実施形態において、ポリマ樹脂は少なくとも1つの硬化剤またはハードナを含むことができ、このハードナはポリマ樹脂の1つまたは複数の要素を硬化させるように構成することができる。例えば、ポリマ樹脂がエポキシおよびポリウレタンを含むとき、このポリマ樹脂はエポキシまたはポリウレタンのうちの1つまたは両方のためのハードナを含むことができる。エポキシおよびポリウレタンに好適なハードナは、本明細書に開示されているエポキシおよびポリウレタンを硬化させる任意の公知のハードナを含むことができる。例えば、少なくとも1つのハードナとしては、エポキシ用のアミンベースハードナおよびポリウレタン用のポリイソシアネート含有ハードナを含むことができる。硬化剤またはハードナは、ポリマ樹脂またはその要素1部当たりの硬化剤部またはハードナ部が約1

20

【0032】

一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、1つ以上の熱硬化物および1つの熱可塑性物のブレンド、例えばエポキシおよび熱可塑性繊維の混合物、またはポリウレタンおよび熱可塑性繊維の混合物、または先述のものの組合せを含むこともできる。熱可塑性物は、硬化した複合材部に靱性または弾性をもたらすために含むことができる。好適な熱可塑性物としては、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリエチレン、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）もしくは別のポリアリーールエーテルケトン、またはアクリルを含むことができる。熱可塑性物は、ポリマ樹脂の約1体積%～約20体積%に相当することができる。ポリマ樹脂は、ポリウレタンのような低粘度を有する熱硬化物を含むこともできる。ポリマ樹脂は、圧力ポットまたは市販の吹き付けヘッドを用いて吹き付けるために加温して粘度を低減することができるエポキシのような、相対的に高粘度を有する熱硬化物を含むこともできる。

30

【0033】

ポリマ樹脂は、ポリウレタンのみまたはエポキシのみを有する樹脂に比べて特に高い剛性、強度、モジュラスおよび硬度を含む、より良好な負荷伝達能力および向上した機械的性能を有することができる。ポリマ樹脂は、硬化の間に3%以下、例えば約1.5%

40

【0034】

エポキシは一般的に、ポリウレタンより短い貯蔵寿命を有する。一部の実施形態において、エポキシは使用前のわずか数時間前に混合され得る。これに対し、ポリウレタンは一般的に、エポキシよりも長い貯蔵寿命を有し、イソシアネートの化学的性質に基づいており、調整可能な貯蔵寿命およびスナップ硬化能力を有することができる。一部の実施形態において、ポリウレタンまたはエポキシは、1つ以上の難燃性を有する要素を含むことができる。例えば、ポリマ樹脂は、フェノール系エポキシまたはその相当物を含むことがで

50

きる。

【0035】

ポリウレタンおよびエポキシの混合物のようなポリマ樹脂は、その材料のうち1つ以上の材料の性質により、硬化した後に耐水性を有することができる。一般的には、熱硬化物（例えば、ポリウレタン微小発泡体）は水透過性を有することができるが、一方別の熱硬化物（例えば、エポキシ）は耐水性を有することができる。従って、混合物は、耐水性を有する熱硬化物が十分な量で用いられるとき、耐水性を有するかまたは水を封止することができる。例えば、ポリウレタン/エポキシポリマ樹脂におけるエポキシの量が約28体積%超（例えば、30体積%）であるとき、混合物は実質的に耐水性を有する特徴を示すことができる。

10

【0036】

さらに、ポリマ樹脂は、複合材サンドイッチのコアに対する複合材積層の結合を強化することができる、ポリウレタン発泡体を形成可能にすることができる。本開示に従って形成された複合材積層は、プラスチックチューブのような「硬質な」コアから剥離しないことが見出された。本明細書の一部の実施形態において、ポリマ樹脂における、例えば1つ以上の要素による、選択された量の発泡（例えば、ポリウレタンの微細発泡体を形成する反応）が望まれ得る。ポリマ樹脂発泡体におけるポリウレタンとして、発泡体（例えば、微細発泡体）は、コアのセルまたはチューブの中へ浸透し、よってコアと機械的結合を形成することができる。このような浸透はコアの開放端で起こることができ、開放端から内側への少なくとも部分的な浸透を含むことができる。

20

【0037】

一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、エポキシおよびポリウレタンの液体のブレンドまたは混合物を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、硬化剤またはハードナを含む最大約50体積%のエポキシおよび最大約20体積%の第VII族金属材料を含むことができ、残りの体積はポリウレタンであることができる。混合すると、エポキシはポリウレタンと（例えば、熱的にかつ/または化学的に）反応することができる。エポキシの量が一定の量（例えば、約40体積%）を超えると、望ましくない熱および/または制御不可能な発泡を引き起こし得る、望ましくない反応が起こり得る。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は約50体積%未満のエポキシ、例えば、約40体積%のエポキシ、ポリマ樹脂の体積の約5%～約40%、約10%～約35%、約20%～約30%、約20%～約40%、約25%～約35%、約28%～約32%、約20%、約25%、約35%または約30%を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は約30体積%未満のエポキシを含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は約20体積%のエポキシを含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は約10体積%のエポキシを含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂におけるエポキシに対するポリウレタンの比は約1:1以上、例えば約2:1、約2.5:1、約3:1、約3.5:1、約4:1、約5:1、約7:1、または約9:1であることができる。

30

【0038】

一実施形態において、ポリマ樹脂はポリウレタン、エポキシ、および少なくとも1つのハードナを含むことができる。少なくとも1つのハードナは、ポリマ樹脂の1つ以上の要素に硬化開始させるように作ることができる。少なくとも1つのハードナは、ポリマ樹脂の1つの要素のみを硬化させるように特化的に作ることができる。好適なハードナとしては、エポキシ用のアミンベースハードナ、ポリウレタン用のポリイソシアネート含有ハードナ、または本明細書に開示されているポリマ樹脂の1つ以上の要素を硬化させるために好適な任意の他のハードナが含まれる。一実施形態において、エポキシはポリマ樹脂の約10体積%～約35体積%であることができ、少なくとも1つのハードナはポリマ樹脂またはその要素に対して約1:100～約1:3の体積比（例えば、ハードナ対エポキシまたはハードナ対樹脂が1:5の体積比）で存在することができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余の少なくとも一部を占めることができる。一実施形態において、エポキシはポリ

40

50

マ樹脂の約 25 体積% ~ 約 35 体積% であることができ、少なくとも 1 つのハードナはポリマ樹脂またはその要素（例えば、エポキシまたはポリウレタン）に対して約 1 : 10 ~ 約 1 : 3 または約 1 : 5 ~ 約 1 : 3 の体積比で存在することができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余の少なくとも一部を占めることができる。少なくとも 1 つのハードナは、ポリマ樹脂を硬化（例えば、少なくとも部分的に硬く）させるために十分な量で、ポリマ樹脂を塗布するために必要な時間に応じて、例えば約 3 時間以下、約 2 時間以下、約 1 時間以下、約 30 分以下、約 20 分以下、約 15 分以下、または約 10 分以下の望ましい時間で、作るかまたは用いることができる。

【 0 0 3 9 】

エポキシおよびポリウレタンの間に望ましくないまたは制御不可能な反応（例えば、制御不可能な発泡）を引き起こすために十分なエポキシの体積パーセンテージまたは比は、第 V I I I 族金属材料の添加によって変化し得る。第 V I I I 族金属材料は、ポリマ樹脂におけるエポキシおよびポリウレタンの反応を安定または媒介するのに役立つことができる。第 V I I I 族金属材料としては、コバルト（C o）、ニッケル（N i）、鉄（F e）、そのうちの 1 つ以上を含むセラミック（例えば、フェライト）、またはそのうちのいずれかを含む合金が特に含まれる。第 V I I I 族金属材料は、ポリマ樹脂の 20 体積% 以下、例えば、ポリマ樹脂の体積の約 0.1% ~ 約 20%、約 0.5% ~ 約 10%、約 1% ~ 約 5%、約 2%、約 3%、または約 4% 以下であることができる。一部の実施形態において、第 V I I I 族金属材料は、ポリマ樹脂の約 15 体積% 未満、ポリマ樹脂の約 10 体積% 未満、約 5 体積% 未満、または約 1 体積% 未満であることができる。第 V I I I 族金属材料をポリマ樹脂に添加することにより、ポリマ樹脂中のエポキシの量を増大させて、所望のように表面硬度をもたらしかつ/または実質的に水密な表面を作り出すことができる。例えば、ポリマ樹脂中のエポキシの体積パーセンテージが約 25% 超に増大すると、硬化した複合材は水密な性質を示し始めることができる。最終生成物に水密な性質が望まれる場合、ポリマ樹脂は約 28 体積% 以上のエポキシ、例えば約 30 体積% 以上、約 30 体積% ~ 約 50 体積%、約 32 体積% ~ 約 40 体積%、または約 35 体積% のエポキシを含むことができる。ポリマ樹脂中のエポキシの量が増大するとき、得られる複合材材料におけるピンホールまたは微細孔を低減または実質的に消去するために、第 V I I I 族金属材料を添加して発泡を低減または制御することができる。第 V I I I 族金属材料は、ポリマ樹脂の安定化を助けることができるが、ポリマ樹脂および複合材要素のコストを増加させるかまたはポリマ樹脂の粘度を増大させる可能性がある。

【 0 0 4 0 】

一部の実施形態において、1 つ以上のフィラーをポリマ樹脂混合物に添加して硬化の間の収縮率を低減することができる。例えば、Dow の V o r a F o r c e 5 3 0 0 のような急速硬化エポキシを選択する場合、この急速硬化エポキシは遅硬化エポキシより高い収縮率、例えば V o r a F o r c e 5 3 0 0 の場合約 7 体積% の収縮率、を示し得る。一部の実施形態において、ポリマ樹脂中の 1 つ以上のフィラーを利用することで、ポリマ樹脂におけるこのような収縮率を低減することができる。このようなフィラーは、炭酸カルシウム、水酸化アルミニウム、アルミナ粉末、シリカ粉末、シリケート、金属粉末、または任意の相対的に（ポリマ樹脂中で）不活性または不溶性な塩のうちの 1 つ以上を含むことができる。過剰なフィラー材料は、硬化した複合材が望ましくない脆性を示す原因となり得る。一部の実施形態において、フィラーはポリマ樹脂の体積の約 30% 以下、例えばポリマ樹脂の体積の約 1% ~ 約 30%、約 2% ~ 約 20%、約 5% ~ 約 15%、約 10% ~ 約 30%、約 1% ~ 約 10%、ゼロパーセント超 ~ 約 10%、約 1% ~ 約 7%、約 3% ~ 約 9%、約 10% 未満、または約 25% 未満であることができる。一部の実施形態において、フィラーはポリマ樹脂の体積の約 10% 以上、例えば約 50% または約 75% であることができる。樹脂が硬化するとき、フィラー材料はポリマ樹脂のように収縮しない。したがって、フィラー材料により置き換えられたポリマ樹脂の体積は、得られる複合材材料における安定した体積をもたらす、よって複合材材料の全体的な収縮率を低減する。このようなフィラーは、より速い硬化時間を可能にする一方で、速硬化の間に典型的に発生す

10

20

30

40

50

る収縮率を低減することができる。例えば、本明細書に開示されているポリマ樹脂の硬化時間は約6分以下、例えば約3分以下、約90秒以下、約60秒以下、または約40秒以下に低減することができる一方で、収縮率は3体積%未満に維持することができる。フィラーは収縮率を低減または消去する助けをすることができるが、ポリマ樹脂および複合材要素のコストを増加させ得るかまたはポリマ樹脂の粘度を増大させ得る。一実施形態において、エポキシ、ポリウレタン、熱可塑性物、第V I I I族金属材料、またはフィラー材料のうちの1つ以上の組合せは、約3体積%未満の正味収縮率をもたらす、かつ/または吹き付けチップから相対的に低圧で吹き付ける上で十分に低い粘度を依然として示すように構成することができる。

【0041】

ポリマ樹脂の粘度が相対的に高いと(例えば、約90psi超)、ポリマ樹脂の吹き付けはより困難になり、ポリマ樹脂の吹き付けにより長い時間および/またはより高いライン圧を要する可能性がある。未硬化状態において、本明細書に開示されているポリマ樹脂は、高温にて相対的に低い粘度を示す(例えば、容易に流動する)ことができ、より容易に手で散布、または圧力ポットおよび吹き付け器のような低コストの工具を用いて相対的に低圧で(例えば、約90psi以下で)散布することができ、これにより市販の液体吹き付けヘッドに関連する高いコストを著しく低減する一方で、望ましい弾性および/または機械的破損プロファイルをそれを含む硬化した複合材積層にもたらし得る。プロトタイプまたは相対的に小型の部品の少量生産には、圧力ポットを利用したポリマ樹脂吹き付け器が好適であり得る。

【0042】

一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、エポキシと、ポリウレタンと、少なくとも1つの熱硬化物、少なくとも1つのハードナ、少なくとも1つの第V I I I族金属材料、または少なくとも1つのフィラー材料のうちの1つ以上を含むことができる。先述のポリマ樹脂要素のうちの1つ以上は、制限なしに、本明細書に開示されているそれぞれの体積量のいずれかにおいて互いに組み合わせて用いることができる。例えば、一実施形態において、ポリマ樹脂はポリウレタン、エポキシ、およびP E E Kのような少なくとも1つの熱可塑性物を含むことができる。エポキシはポリマ樹脂の約10体積%~約35体積%であることができ、熱可塑性物はポリマ樹脂の約1体積%~約20体積%であることができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余を占めることができる。一実施形態において、エポキシは

【0043】

一実施形態において、ポリマ樹脂はポリウレタン、エポキシ、および少なくとも1つの第V I I I族金属材料を含むことができる。エポキシはポリマ樹脂の約10体積%~約35体積%であることができ、少なくとも1つの第V I I I族金属材料はポリマ樹脂の約0.1体積%~約20体積%であることができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余を占めることができる。一実施形態において、エポキシはポリマ樹脂の約25体積%~約35体積%であることができ、少なくとも1つの第V I I I族金属材料はポリマ樹脂の約5体積%

【0044】

一実施形態において、ポリマ樹脂はポリウレタン、エポキシ、および少なくとも1つのフィラー材料を含むことができる。エポキシはポリマ樹脂の約10体積%~約35体積%であることができ、少なくとも1つのフィラー材料はポリマ樹脂の約1体積%~約30体積%であることができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余を占めることができる。一実施形態において、エポキシはポリマ樹脂の約25体積%~約35体積%であることができ、少なくとも1つのフィラー材料はポリマ樹脂の約1体積%~約10体積%または約3体積%~約20体積%であることができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余を占めることができる。

【 0 0 4 5 】

一実施形態において、ポリマ樹脂は、ポリウレタン、エポキシ、少なくとも1つの熱可塑物、少なくとも1つのハードナ、少なくとも1つの第V I I I族金属材料、および少なくとも1つのフィラーのうちの1つ以上を含むことができる。存在するとき、エポキシはポリマ樹脂の約10体積%～約40体積%（例えば、約10体積%～約35体積%または約25体積%～約35体積%）であることができ、熱可塑物はポリマ樹脂の約1体積%～約20体積%（例えば、約3体積%～約15体積%）であることができ、少なくとも1つのハードナはポリマ樹脂またはその要素に対して約1：100～約1：3の体積比（例えば、約1：10～約1：3または約1：5～約1：3）で存在することができ、少なくとも1つの第V I I I族金属材料はポリマ樹脂の約0.1体積%～約20体積%（例えば、約10体積%以下または約5体積%以下）であることができ、少なくとも1つのフィラー材料はポリマ樹脂の約1体積%～約30体積%（例えば、約1体積%～約10体積%または約3体積%～約20体積%）であることができ、ポリウレタンはポリマ樹脂の残余体積（例えば、約10体積%～約90体積%または約25体積%～約75体積%）を占めることができる。

10

【 0 0 4 6 】

[ポリマ樹脂を塗布するための器具および方法]

本明細書に開示されているポリマ樹脂は、吹き付けまたは（例えば、こて、ローラー、ブラシ、またはヘラによる）手動散布の1つ以上により、繊維シート、コア、または複合材構造の他の要素に塗布することができる。ポリマ樹脂は、圧力ポットまたはコンテナを用いて、従来の液体吹き付けヘッドより大幅に低いコストで、繊維シートに容易に吹き付けることができる。圧力ポットは、プロトタイプおよび小型の部品の少量生産のための低コスト代替品である。図1Aは、本開示の実施形態に従った、ポリマ樹脂を吹き付けるための圧力ポットの略図である。圧力ポット100（例えば、圧力を維持するまたは高め、流体を加熱することが可能なホット圧力ポットまたは他の加圧容器）は、蓋116を有する圧力容器118を含み、各々は増圧を保持するように構成されている。圧力容器118は、容器110の中にある液体ポリマ樹脂104を加熱するために温流体（例えば、水）102を中に保持する。容器110は、プラスチック袋のような堅いかつ/または弾力を有する容器を含むことができる。容器110は、実質的に不活性な（例えば、ポリマ樹脂の要素に対して実質的に不活性な）材料で構築することができる。第1のチューブ114は容器110に接続して液体形態の樹脂104の1つ以上の要素を提供することができ、第2のチューブ112は容器110に接続して同じく液体形態の樹脂104の1つ以上の別の要素を提供することができる。

20

30

【 0 0 4 7 】

図1Bは、本開示の実施形態に従ってポリマ樹脂およびハードナを混合する前の、図1Aの容器の略図である。容器110内では、吹き付け前に仕切108がポリマ樹脂104Aとハードナ104Bとを隔てることができる。第1のチューブ114は容器110に接続して液体形態の樹脂104Aを提供することができ、第2のチューブ112は容器110に接続して同じく液体形態のハードナ104Bを提供することができる。仕切108を除去すると、樹脂104Aおよびハードナ104Bを混合することができる。第1および第2のチューブ112および114のうちの1つは、容器110を圧力ポット118内の水102の中へ設置する前に封止するかまたは圧力源に接続しなければならないが、もう一方のチューブは、ポリマ樹脂を吹き付けるためのアウトレットとして開放したままにすることができる。一実施形態において、温流体は加熱した液体（例えば、水）または気体（例えば、水蒸気）であることができる。

40

【 0 0 4 8 】

図2は、一実施形態に従った図1Aの圧力ポットのアイソメトリックビューである。圧力ポット200は、約90psiの気圧を提供する、空気アウトレットへの空気接続202を含む。圧力ポット200は、概ね90psi未満、例えば70psiの圧力で、接続204からポリマ樹脂を吹き付けることができる。一部の実施形態において、圧力ポット

50

200は、約105psiの気圧でポリマ樹脂を吹き付けることができる。一部の実施形態において、圧力ポット200または中にあるプラスチック袋のうちの1つ以上は、中に攪拌成分を含むことができる。攪拌成分は、超音波処理器（例えば、Sonicator）、かき混ぜ棒、または他の任意の振動または攪拌部材を含むことができる。例えば、圧力ポット200は、調整可能な温度制御を有する超音波槽として構成することができる。

【0049】

図3は、一実施形態に従った、ポリマ樹脂を収容するプラスチック袋のアイソメトリックビューである。示されるように、プラスチック袋302（例えば、容器）はハードナを含む予備混合されたポリマ樹脂を収容する。プラスチック袋は、中にあるポリマ樹脂を加熱するために圧力ポット200の中へ設置することができる。プラスチック袋302は、圧力ポット200の中へプラスチック袋が設置されたときにポリマ樹脂を出力するための接続204を含む。プラスチック袋は、ポリマ樹脂またはその要素に対して実質的に不活性なままであるように選択されたプラスチック材料で作ることができる。

10

【0050】

図4は、本開示の実施形態に従った、ポリマ樹脂を吹き付ける方法のフローチャートである。方法400は、アクト402にて樹脂およびハードナを容器内で混合しポリマ樹脂を形成するステップで開始する。混合は、手または他の工具を用いて室温にて袋を絞ることにより実施することができる。混合は、攪拌部材を用いることにより援助することができる。混合は、第1の熱硬化物（例えば、ポリウレタン）、第2の熱硬化物（例えば、エポキシ）、第V I I I族金属材料（例えば、フェライト）、熱可塑性物、フィラー、またはハードナのうちの1つ以上を混合するステップを含む。

20

【0051】

方法400は、アクト406にて容器を圧力ポットの中へ設置しポリマ樹脂を加温するステップを含む。圧力ポットの中の流体温度は、ハードナが硬化開始する温度を下回るものであることができる。例えば、水は、ハードナの硬化温度を下回る塗布（例えば、吹き付け）温度、例えば約50、にて維持することができる。一方、ポリマ樹脂がポリウレタンおよびエポキシの混合物であるとき、ハードナは高温、例えば約70、で硬化開始する。ハードナは、エポキシおよびポリウレタンについて同一の温度で類似または同一の硬化時間を得るように選ぶことができる。この同一または類似の硬化時間により、2つの熱硬化物（例えば、エポキシおよびポリウレタン）が、長い期間未硬化のままであるポリマ樹脂中の熱硬化物の1つが原因で硬化工程が延長されることなく、共に硬化完了するのを可能にすることができる。

30

【0052】

別の実施形態において、ポリマ樹脂がエポキシを含むとき、水は、粘度を低減するためにより高い塗布（例えば、吹き付け）温度、例えば約80～85以下、にて維持することができる。一方エポキシ用ハードナは約90で硬化開始することができる。硬化開始することなくポリマ樹脂を予熱することにより、ポリマ樹脂の粘度を塗布前に低減することができる（例えば、約70にて約300センチポアズ以下まで）、これにより低圧でポリマ樹脂を吹き付けることが容易になる。また、樹脂を圧力ポットまたは市販の吹き付けシステムで予熱することにより、ポリマ樹脂の硬化時間を短縮することができるが、これは、予熱されたポリマ樹脂がゲル化点に到達するための時間が短くなり、したがって、ポリマ樹脂がより短い時間で硬化することができるためである。

40

【0053】

一実施形態において、ポリマ樹脂はポリウレタンおよびエポキシの混合物を含み、ポリマ樹脂を実質的に硬化させることなくポリマ樹脂の望ましい粘度を維持するための温度を選択することができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を硬化させることなくポリマ樹脂を約300センチポアズ未満の粘度で維持するための温度を選択することができる。圧力ポットの中の温度は、ポリマ樹脂の粘度を約300センチポアズ未満で維持するために、約90以下、例えば約40～約85、約50～約70、約50、約80、または約65以下、であることができる。

50

【 0 0 5 4 】

方法 4 0 0 は、アクト 4 1 0 にてポリマ樹脂を低圧で吹き付けるステップをも含む。(低い) 圧力は空気アウトレットから提供することができ、概ね 9 0 p s i である。空気アウトレットからの空気源を用いることにより、特別な圧縮器等は必要とされない。吹き付け圧は安全のために 9 0 p s i 未満であることができ、例えば 7 0 p s i を用いることができる。

【 0 0 5 5 】

ポリマ樹脂を用いて繊維シートの繊維に含浸させることの利点の 1 つは、低圧を用いて圧力ポットまたは市販の吹き付けシステムを介し容易に吹き付けることが可能になることである。ポリマ樹脂は、室温にて高い粘度(例えば、約 5 0 ~ 7 0 m P a · s 以上)を有する熱硬化物および室温にて低い粘度(例えば、約 4 0 m P a · s)を有する熱硬化物の混合物を含むことができ、また任意選択で、靱性を向上させるための熱可塑性物(例えば、混織繊維(c o m i n g l e d f i b e r))、ポリウレタンおよびエポキシの反応を安定化するための第 V I I I 族金属材料、および/または収縮率を低減するためのフィラー材料のうちの一つ以上を含むこともできる。ポリマ樹脂混合物は、ポリマ樹脂が低粘度を有し、上述のように、吹き付け前に圧力ポットの中にあるポリマ樹脂を加温することによりその粘度をさらに低減することができるように作ることができる。他に、市販の液体吹き付けヘッドもポリマ樹脂を吹き付けるために用いることができる。しかし、市販の液体吹き付けヘッドは、圧力ポットよりもずっと高価である。したがって、圧力ポットを用いると、ポリマ樹脂を吹き付けるための工具整備コストが著しく低減される。市販の液体吹き付けヘッドは、大型の部品の大量生産により好適であり用いることができ、また本明細書に開示されている実施形態のいずれかに用いることができる。

【 0 0 5 6 】

[炭素繊維および R T M 廃棄物からのリサイクル繊維]

炭素繊維は、T O R A Y 1 k、3 k、6 k、1 2 k、2 4 k、および 4 8 k のような束で供給することができる。炭素繊維は、高温で加熱されるときに共に束ねられるように、繊維の外側表面上のいくつかの結合剤を含むこともできる。R T M からの繊維廃棄物は、生成物の形状または幾何学的配置に応じて、例えば最大約 4 0 % と非常に高いものであり得る。繊維廃棄物は、R T M 操作の前にバージン(例えば、未使用の)繊維シートから余剰繊維を切断することにより生じ得る。繊維廃棄物は、通常、R T M からのいかなる樹脂も有しないシート形態である。余剰または廃棄繊維は、後の使用のためにリサイクルすることができる。リサイクル繊維シートは、炭素繊維、ガラス繊維またはプラスチック繊維のような、任意の型の廃棄繊維から形成することができる。具体的には、廃棄繊維シートは 3 5 × 3 5 m m ² のようなより小さな正方形にまず細断することができる。次に、この廃棄繊維シートのより小さな正方形は、微粉碎して束をフィラメントまたは個々の繊維に分けることができ、これをリサイクル繊維シートに形成することができる。リサイクル繊維シートは、バージン繊維よりもずっと安価である。

【 0 0 5 7 】

図 5 は、本開示の実施形態に従ったリサイクル繊維シートを形成するための簡略化された装置を図示するものである。装置 5 0 0 は、移動ベルト 5 0 6、ホッパー 5 0 2、および 2 つのローラー 5 0 8 A ~ B を含むことができる。リサイクル繊維から繊維シートを製作するために、下部に開口部 5 0 4 を含むホッパー 5 0 2 を通じてフィラメントを移動ベルト 5 0 6 に配することができる。ホッパー 5 0 2 は開口部 5 0 4 を通じて不連続繊維 5 1 2 をベルト 5 0 6 上にランダムに配するために振とうすることができる。移動ベルト 5 0 6 は 2 つのホットローラー 5 0 8 A ~ B を通過して、ランダムに配向した不連続繊維 5 1 2 を含み、また繊維がベルト 5 0 6 の移動方向に沿ってわずかに配向しているためにほぼ準等方であり得る、繊維シート 5 1 0 を形成することができる。2 つのローラー 5 0 8 A ~ B は、繊維が繊維の外側表面上の結合材により共に結合するように、例えば約 8 0 といった高温で加熱することができる。

【 0 0 5 8 】

図6は、本開示の実施形態に従った調製後の図5の繊維シート510の写真である。繊維シート510は、ポリマ樹脂が繊維を通して流動し複合材積層を形成することができるように、図6に示されるようにニードリングして穴602を形成することができる。ポリマ樹脂は、ランダムに配向した不連続繊維を埋設する。

【0059】

複合材積層（例えば、コアの上に単一の層を形成する1つ以上の層）またはスキンを形成するために複数の繊維シートを用いることができる。図7は、本開示の実施形態に従った、2枚の繊維シート間にメッシュを有する図5の繊維シートの写真である。複数の繊維シート700は、図7に示されるように、2つの繊維シート704Aおよび704Bの間に設置されたプラスチックのメッシュ702を含む。メッシュ702は、シート中の不連続繊維を保つ助けをすることができる。メッシュ702は、限定するものではないが、ナイロンまたはポリアミドを含むプラスチックで形成することができる。

【0060】

[複合材サンドイッチを形成するためのポリマ樹脂]

ポリマ樹脂は、例えばコアの各側面に1つ以上の複合材積層というように少なくとも2つの複合材積層の間に挟まれたコアを含む複合材構造（「複合材サンドイッチ」）を形成するのに用いることができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は第1の熱硬化物および第2の熱硬化物の液体混合物を含むことができ、混合物は繊維シートを含浸して複合材積層を形成することができ、複合材積層はコアの両端に結合して複合材サンドイッチを形成することができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は1つ以上の熱硬化物および1つの熱可塑性物の混合物、例えばエポキシまたはポリウレタンおよび混織熱可塑性繊維（例えば、PEEK繊維）、を含むことができる。ポリマ樹脂は、中に1つ以上のハードナを含むことができる。1つ以上のハードナは、ポリウレタンまたはエポキシのうちの1つ以上が硬化するように作ることができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂はフィラー材料を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は少なくとも1つの第VII族金属材料を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、第1の熱硬化物、第2の熱硬化物、および1つ以上の追加材料、例えば、少なくとも1つのハードナ、少なくとも1つの第VII族金属材料、少なくとも1つのフィラー材料または少なくとも1つの熱可塑性物、を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂は、ポリウレタンまたはエポキシのような単一の熱硬化物、および1つ以上の追加材料、例えば、少なくとも第2の熱硬化物、少なくとも1つのハードナ、少なくとも1つの第VII族金属材料、少なくとも1つのフィラー材料、または少なくとも1つの熱可塑性物、を含むことができる。ポリマ樹脂は、圧力ポット100もしくは200または市販の吹き付けシステムを用いて繊維シート510に吹き付けることができ、あるいは本明細書に開示されているように手で繊維シートに塗布することができる。ポリマ樹脂が流動し、プラスチックチューブで形成することができるコアの端に接触することができるように、繊維シートをニードリングして穴を形成することができる。

【0061】

コアは、「軟質な」コアまたは「硬質な」コアであることができる。「軟質な」コアは、板紙、カードボード、低密度発泡体等を含むことができる。「硬質な」コアは、プラスチックチューブ、高密度発泡体、ハニカム等により画定される複数のセルを含むことができる。

【0062】

ポリマ樹脂は、複合材積層、例えば本明細書に開示されている複合材積層のいずれか、を形成するためにも用いることができる。2014年6月4日に出願された「Composite Laminate Free of Surface Defects」という表題の米国仮特許出願第62/007,652（代理人整理番号P243722.US.01）は、ピンホールのような表面欠陥が存在しない複合材積層を製作する器具および方法に関する詳細を開示しており、これを参照により本願に引用して援用する。商業的に許容できる車両本体の要素は、表面が磨かれた（例えば、光沢のある）表面仕上がりを示

10

20

30

40

50

すことができるように、表面にピンホール、多孔性または他の表面欠陥が実質的に存在しないことが要求され得る。本明細書の低コスト技術は、表面欠陥が存在しない複合材要素を製作するために開発された。

【 0 0 6 3 】

図 8 は、本開示の実施形態に従った、飲用ストロで作られた「硬質な」コアを含む複合材サンドイッチの写真である。複合材サンドイッチ 8 0 0 は、上部複合材積層 8 0 2 またはスキン、共に束ねられたプラスチック飲用ストロ 8 0 6 で形成されたコア、および下部複合材積層 8 0 4 を含む。

【 0 0 6 4 】

上部複合材積層 8 0 2 および下部複合材積層 8 0 4 は、ランダムに配向した不連続炭素繊維を埋設するポリママトリックスを含む。ポリママトリックスは、エポキシおよびポリウレタンの液体混合物を硬化させる間に形成されたエポキシおよびポリウレタン発泡体の混合物を含む。炭素繊維は、複合材積層 8 0 2 および 8 0 4 の補強をもたらす。ポリマ樹脂が任意の繊維補強複合材に用いることができることは、当業者によって理解されるであろう。繊維は、炭素繊維、ガラス繊維、またはプラスチック繊維、例えばポリアミド (P A)、ポリ (エチレンテレフタレート) (P E T)、ポリプロピレン (P P)、またはポリエチレン (P E)、であることができる。

【 0 0 6 5 】

一部の実施形態において、以下により詳細に説明されるように、複合材積層は、ポリママトリックスに埋設された配向または整列した連続繊維を含むこともできる。配向または整列した連続繊維は、不連続繊維よりも高い性能を有することができ、織成繊維のような不連続繊維よりも外見的に訴求力が高いが、コストがより高い。配向した連続繊維を含む積層は、不連続繊維を含む積層のようには伸展しない可能性がある。不連続繊維は、低コストなリサイクル炭素繊維、例えば、R T M または他の源からの廃棄繊維からのリサイクル繊維、であることができる。廃棄繊維は、未使用のバージン繊維よりも低コストであることができる。

【 0 0 6 6 】

ポリマ樹脂は、約 1 3 0 にて約 4 0 秒のゲル化時間を有することができる。ポリマ樹脂は、約 1 3 0 にて数分で硬化することができる。硬化時間は、エポキシの供給業者によって様々であり得る。例えば、M o m e n t i v e の速硬化エポキシ E P 0 5 4 7 5 は、D O W C h e m i c a l のエポキシ V o r a F o r c e 7 5 0 0 よりも低速に硬化し得る。具体的には、M o m e n t i v e のエポキシは約 5 分の硬化時間がかかり得、一方 D O W C h e m i c a l のエポキシは約 3 分以下の硬化時間がかかり得る。ポリマ樹脂が硬化するとき、ポリウレタンは、ポリマ樹脂中のポリウレタンまたはエポキシに関連した水 (例えば、凝縮または少量の不純物水) との反応を介して微細発泡体を形成することができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂中にあるまたは隣接する水または水分は、硬化工程の熱により (例えば、約 1 3 0 で) 水蒸気に変換することができ、これがポリマ樹脂との反応を起こし、よってポリマ樹脂中に発泡体を形成することができる。ポリマ樹脂は、硬化の間に収縮し得る。収縮率は、硬化後に測定することができる。ポリマ樹脂は、硬化後に相対的に低い収縮率、例えば任意の寸法において 3 % 以下、を有することができる。低い収縮率は、寸法的精度および一貫性を有する複合材要素を生産する助けをする上で望まれる。

【 0 0 6 7 】

上で説明したように、ポリマ樹脂中のポリウレタンは繊維中の水分と高温にて化学的に反応し得るため、炭素繊維はポリマ樹脂を塗布する前に乾燥してもよい。一部の実施形態において、このような発泡を結果的にもたらず化学反応は、望ましくないものであり得る。

【 0 0 6 8 】

第 1 の熱硬化物 (例えば、エポキシ) および第 2 の熱硬化物 (例えば、ポリウレタン) の混合物を含み、硬化したポリマ樹脂またはフィラー材料の靱性 (例えば、弾性) を向上

10

20

30

40

50

させるための熱可塑性物（例えば、混織熱可塑性繊維）を任意選択で含むポリマ樹脂は、単独の熱硬化物に対するいくつかの利点を有することができる。上で議論したように、エポキシおよびポリウレタンの混合物を含むポリマ樹脂は、プラスチックチューブとよく結合することができる。エポキシ樹脂単独のようにそこから分離（例えば、剥離）しない。混合からかつ/または硬化の間に形成される微細発泡体（例えば、ポリウレタン発泡体）は、「硬質な」コア（例えば、プラスチックチューブ）に非常に良く付着し、複合材積層が「硬質な」コアから剥離しない。例えば、そのように形成された微細発泡体は、セルの中へ少なくとも部分的に延在して、またはセルを少なくとも部分的に充填して（例えば、プラスチックチューブの開放端の中へある距離延在して）「硬質な」コアと強力な機械的結合を形成することができる。これに対し、複合材積層における従来のエポキシは、その中の発泡体（例えば、微細発泡体）が欠けているために「硬質な」コアに接着せず、逆に複合材積層は「硬質な」コアの端から容易に剥離することが見出された。

10

【0069】

加えて、ポリマ樹脂は、Bayer Pregで用いられるVITROXのようなポリウレタンとも異なり得る。例えば、ポリウレタン微細発泡体は水透過性を可能にすることができる。エポキシよりも軟質であることができる。エポキシおよびポリウレタンの混合物を含むポリマ樹脂は、複合材サンドイッチに硬質な表面を提供することができる。ポリウレタン単独よりも高い耐水性を有することもできる。一部の実施形態において、硬化した複合材部の表面に水密な特徴を付与するために、より多量のエポキシを用いることができる。一部の実施形態において、エポキシの1つ以上の層、またはより大きな体積%のエポキシを有するポリマ樹脂は、ポリマ樹脂の1つ以上の側面上に設置して水密な特徴を付与することができる。

20

【0070】

ポリマ樹脂は、繊維間に負荷を伝達することができる。ある熱硬化物は、もう1つの熱硬化物よりも良好な負荷伝達能力を有することができる。例えば、エポキシはポリウレタンよりも硬質であり、したがって、ポリウレタンよりも良好な繊維への負荷伝達能力を有し、そのため2つの熱硬化物（例えば、エポキシおよびポリウレタンの混合物）、任意選択により熱可塑性物（例えば、混織熱可塑性繊維）は向上した機械的性能を有することができる。ある熱硬化物は、硬化するともう1つの熱硬化物よりも高い弾性を有することができる。例えば、ポリウレタンはエポキシよりも弾性が高く（例えば、エポキシはポリウレタンよりも低圧にて脆性破損（崩壊）を被る）、ポリウレタンを含む部品が破断せずに屈曲するかまたは曲がることを可能にすることができる。

30

【0071】

[複合材サンドイッチ構造]

上で開示されたポリマ樹脂および繊維は、以下に開示される複合材サンドイッチのような複合材構造を作製するために用いることができる。本明細書の複合材構造で用いるために好適な複合材積層は、ポリマ樹脂中で少なくとも部分的に結着した1つ以上の層または繊維（例えば、繊維シート）を用いて形成することができる。本明細書に開示されているポリマ樹脂のいずれかは、本明細書に開示されている複合材積層構造のいずれかを形成するために、制限なしで用いることができる。

40

【0072】

図9は、一実施形態に従った複合材サンドイッチを図示するものである。示されるように、複合材サンドイッチ900は複合材積層の間に挟まれたコア906を含むことができる。具体的には、複合材サンドイッチ900は、コア906の下部にある2つの複合材積層908A~Bおよび上部の複合材積層904のような、1つ以上の複合材積層（例えば、1つ以上の複合材積層の層）を含むことができる。一部の実施形態において、コア906は、対応するセル壁により画定される複数のセルから形成されるような1つ以上の「硬質な」要素（例えば、飲用ストロまたは他の相当構造のようなプラスチックチューブ）を含むことができる。コア906は、チューブ1および2のような、複数の（例えば、束の）少なくとも類似的に配向したチューブ状部材（例えば、飲用ストロのようなポリカーボ

50

ネットセル)を含むことができる。チューブは、例えば、一体形成(例えば、共に押出または成形)、接着剤、個々に押出した後に共に結合させるような熱結合(例えば、融解)、または任意の他の好適な付着手段により、共に結合することができる。チューブは、特定の熱量を印加すると少なくとも部分的に軟化または融解するように作ることができる。例えば、チューブは、得られるサンドイッチ構造が成形型の形状に少なくとも部分的に適合するように、成形型の中にある間に軟化または融解し少なくとも部分的に圧縮するように、作ることができる。圧縮前の各々のチューブの長さは、熱および/または圧力を印加すると望ましい量の適合性がもたらされるように選択することができる。例えば、チューブの長さまたは高さは、約100 μ m~約10cm、約1mm~約5cm、約5mm~約3cm、約250 μ m~約1cm、約1cm~約5cm、約1mm~約5mm、約5mm~約1cm、約7mm、または約1cmであることができる。チューブは、実質的に類似の高さおよび/または直径を示すことができる。例えば、チューブは、約1mm以上の直径、例えば約1mm~約5cm、約3mm~約3cm、約5mm~約1cm、約6mm、約2cm未満、または約1cm未満であることができる。本明細書に記述のセル(例えば、チューブ)が円形の断面形状を有する一方、その縦軸に沿って見たときに、セルは実質的に多角形の断面形状(例えば、三角形、長方形、五角形等)、楕円形の断面形状、または無定形の形状(例えば、設定パターンを有しないかまたは円形および多角形の組合せ)を示すことができる。セルは、隣接セル間またはチューブ間の共通壁を有する単一の一体構造により画定することができる。用語「セル」または「チューブ」が本明細書で使用されているが、セルまたはチューブは、一部の実施形態において1つ以上の閉鎖端を含むことができ、あるいはチューブ状(例えば、円形)以外の構成、例えば多角形(例えば、複数の閉鎖または開放五角形セル)、または間に接続した側面を有しない構成(例えば、バツフル)、を示すことができる。

【0073】

一部の実施形態において、コア906は、板紙またはカードボードのような「軟質な」要素を含むことができる。板紙またはカードボードは、得られるサンドイッチ構造に音減衰の特性をもたらすことができる。一部の実施形態において、複合材サンドイッチは、例えばコアの中に、または間に1つ以上の複合材積層を伴って軟質および/または硬質な要素のコアを交互に有する、軟質および/または硬質な要素の1つ以上の層を含むことができる。一部の実施形態において、複合材サンドイッチは、1つ以上の複合材積層中に(例えば、908Aおよび908Bの間に介在する)1つ以上のコア材料を含むことができる。一部の実施形態において、複合材サンドイッチは、複合材積層の間に1つ以上のコア材料を含むことができる。

【0074】

複合材積層904および908A~Bは、硬化したポリマ樹脂を有する繊維910、例えば、記述のようにランダムに配向した不連続繊維(例えば、図6および7に示される繊維)、または不連続繊維、で形成することができる。繊維としては、炭素繊維のような、本明細書に開示されている任意の繊維を含むことができる。

【0075】

一部の実施形態において、上部複合材積層904は、破線914Aにより示されるように、コア906の一端に向かって側面壁912の間の各々のセル(例えば、チューブ)の中へ、例えば中の一点に向かって延在することにより、わずかに刷り込み(例えば、延在し)得る。下部複合材積層908Aおよび908Bも、破線914Bにより示されるように、側面壁912の間の各々のチューブ(例えば、チューブ1~8)の対向端に向かって、例えば中の一点に向かって延在することにより、わずかに刷り込み得る。このような刷り込みは、コア906およびそこに延在する複合材積層層の間に機械的結合をもたらし得る。積層は、複合材積層を支持する側面壁からの距離のため、各々のチューブの開口部またはセルの中央に隣接して、より大きい程度に刷り込み得る。この複合材積層908Aまたは908Bの刷り込みまたは突出は、隣接複合材材料の外部層にそれに対応するくぼみを生じさせ得、これが複合材サンドイッチにおける複合材材料の表面に延在し得る。この

10

20

30

40

50

ような現象は、「プリントスルー」と称される。プリントスルーは、側面壁 9 1 2 付近よりもチューブの開放端部分中心に隣接する方が深いものであり得る。複合材積層 9 0 4 ならびに 9 0 8 A および 9 0 8 B は、複合材サンドイッチ 9 0 0 の 1 つ以上の部分、例えば複合材積層 9 0 4、9 0 8 A もしくは 9 0 8 B、および/またはノンクリンプファブリック層、において、表面の沈下またはディボットを結果的にもたらずコア 9 0 6 からのプリントスルーを有し得る。一部の実施形態において（図示せず）、ポリマ樹脂は、コア 9 0 6 の中へ、その一側面または両側面から実質的に完全に延在し得る。

【 0 0 7 6 】

個々の複合材積層層は、繊維を埋設するポリマ樹脂が硬化しているとき、約 0 . 2 mm 以上の厚さであることができる。複合材積層および/またはコアの 1 つ以上の層を有する得られる複合材サンドイッチは厚さ約 0 . 4 mm 以上、例えば、厚さ約 0 . 4 mm ~ 厚さ約 2 0 cm、厚さ約 0 . 6 mm ~ 厚さ約 1 0 cm、厚さ約 2 mm ~ 厚さ約 5 cm、厚さ約 5 mm ~ 厚さ約 2 cm、厚さ約 1 mm、または厚さ約 5 mm、であることができる。

【 0 0 7 7 】

複合材サンドイッチ 9 0 0 は、複合材積層 9 0 4 の上部にノンクリンプファブリック（「NCF」）9 0 2 補強または織布を含むこともできる。NCF は、一方向連続繊維、または一部の場においてランダムに配向した不連続繊維、またはその混合物の 2 つ以上のプライまたは層で作ることができる。各々の個々の層は、他の層に対して異なる軸または異なる角度、例えば、0 ° および 9 0 °、または他の角度の中では特に 4 5 °、で配向することができる。層の数および各々の層の配向数に応じて、一方向、二軸、三軸またはそれ以上の構成は 1 つの NCF ファブリックシステムに組立てることができる。NCF または織布は、中にポリマ樹脂を含むことができる。ポリマ樹脂は、複合材サンドイッチ 9 0 0 に満足な表面仕上がりをもたらすように構成することができる。一実施形態において、NCF 9 0 2 は二軸構成（例えば、0 ° および 9 0 ° の相対的関係を有する繊維）を有することができる。二軸 NCF は二方向性の強度および剛性ならびに柔軟な強度および剛性を有する。NCF は、高負荷面において複合材積層単独でよりも大きい引抜負荷または引張強度をもたらすことができる。NCF 9 0 2 は、複合材コアからのプリントスルーを低減することもできる。複合材サンドイッチ 9 0 0 は、用途の中では特に自動車用フロアの生産に用いることができる。複合材サンドイッチ 9 0 0 は、自動車本体（例えば、仕上がり表面）にも、NCF 9 0 2 が自動車本体の外側を向くようにして用いることができる。複合材サンドイッチ 9 0 0 は、複合材サンドイッチの靱性（例えば、引抜負荷）を増大させるために、別の NCF（図示せず）を複合材積層 9 0 8 A ~ B の下部に含むこともできる。

【 0 0 7 8 】

図 1 0 は、一実施形態に従った複合材サンドイッチを図示するものである。示されるように、複合材サンドイッチ 1 0 0 0 は複合材積層の間に挟まれた軽量のコアを含むことができる。具体的には、複合材サンドイッチ 1 0 0 0 は、1 つ以上の複合材積層を含むことができる。例えば、コア 9 0 6 の下部にある 2 つの複合材積層 1 0 0 4 A ~ B およびコア 9 0 6 の上部にある 2 つの上部複合材積層 1 0 0 2 A ~ B である。複合材積層 1 0 0 2 A ~ B および 1 0 0 4 A ~ B の各々は、硬化したポリマ樹脂と共に繊維 9 1 0、例えば記述のようにランダムに配向した不連続繊維（例えば、図 6 および 7 に示されるもの）または連続繊維を含む繊維シートまたは繊維メッシュ、から形成することができる。複合材積層 1 0 0 2 A ~ B および 1 0 0 4 A ~ B は、コア 9 0 6 からのプリントスルーを有する可能性もある。上部複合材積層 1 0 0 2 A および 1 0 0 2 B は、破線 1 0 1 4 A により示されるように、側面壁 9 1 2 の間の各々のチューブ（例えば、チューブ 1 ~ 8）の一端に向かって、例えば中の一点に向かって延在することにより、わずかに刷り込み得る。同様に、下部複合材積層 1 0 0 4 A および 1 0 0 4 B は、破線 1 0 1 4 B により示されるように、各々のチューブの対向端に向かって、例えば中の一点に向かって延在することにより、わずかに刷り込み得る。積層は、複合材積層を支持する側面壁 9 1 2 からの距離のため、各々のチューブの中央付近により大きい程度に刷り込み得る。一実施形態において、複合材

10

20

30

40

50

サンドイッチ1000はNCFを含まない可能性があり、そのためNCFを含む複合材サンドイッチ900よりも低い引抜負荷を有し得る。複合材サンドイッチ1000は、複合材サンドイッチ1000の複合材積層中のランダムに配向した繊維のため、複合材サンドイッチ900と同一の外見的訴求力を有しない可能性があるが、車の前後部隔壁を含む要素を製作するために用いることができる。

【0079】

一部の実施形態において、コア906は、飲用ストロに類似した複数のチューブ（例えば、共通壁を共有する複数の共押出ポリカーボネートチューブを含むユニタリー構造）で形成することができる。一部の実施形態において、コア906は、後に個々に押出され共に結合される複数のチューブ（例えば、チューブ状セルまたは部材）で形成することができる。コアは、約 70 kg/m^3 の密度および約7mmのセル高さを有することができる。コア906は約 20 kg/m^3 以上、例えば、約 20 kg/m^3 ～約 150 kg/m^3 、約 40 kg/m^3 ～約 100 kg/m^3 、約 60 kg/m^3 ～約 80 kg/m^3 、または約 65 kg/m^3 ～約 75 kg/m^3 、の密度を有することができる。コアは、約 $100\text{ }\mu\text{m}$ ～約 10 cm 、約 1 mm ～約 5 cm 、約 5 mm ～約 3 cm 、約 $250\text{ }\mu\text{m}$ ～約 1 cm 、約 1 cm ～約 5 cm 、約 1 mm ～約 5 mm 、約 5 mm ～約 1 cm 、約 7 mm 、または約 1 cm の初期セル高さを有することができる。ポリカーボネート、ポリエチレン、ポリプロピレン、または他のプラスチックをコアに用いることで、コアに引張を印加したときの引き裂きに対する耐性を、カードボードまたは板紙に見出される耐性よりも大きくすることができる。例えば、コアは、複数の一体的に形成されたポリカーボネートチューブ（例えば、複数の共に結着した開放端構造）を含むことができ、成型型の中で引張、熱、および/または圧力を印加したときに、集合的に曲がるかそうでなければ1つ以上の領域で変形することができるが、一方カードボードは同一条件下で裂ける可能性がある。一部の実施形態において、コアは、成型型の幾何学的配置およびコアを含む部品の望ましい仕上がり寸法に応じて、その中の1つ以上の領域中で曲がり、圧縮し、または伸展することができる。

【0080】

一部の実施形態において、コアは完全に圧縮し固体を形成することも部分的に圧縮しコア高さを低減することもできる。圧縮されたコア高さは、初期コア高さの約15%以上、例えば、初期コア高さの約15%～約90%、約25%～約75%、約40%～約60%、約15%～約50%、または約15%、であることができる。複合材積層の数は、例えばその中に異なる層または材料を有することにより、複合材サンドイッチの上部および下部にて様々であり得ることは理解されるであろう。コアの寸法および密度は、例えば、その1つ以上の領域でより多くのセル（例えば、チューブ）を有すること、その1つ以上の領域で隣接する領域よりも大きなまたは小さな直径のセルを有すること、隣接する領域中のチューブとは異なる（例えば、小さなまたは大きな）壁厚さを有するチューブを含む1つ以上の領域を有すること、または先述のいずれかの組合せといったことで、様々であり得る。繊維シートまたはNCFの重量は様々であり得る。

【0081】

ランダムに配向した不連続繊維を用いて形成された補強炭素繊維（RCF）シートまたはパイル（例えば、908A、908B、904、1002A、1002B、1004A、1004B）の1つ以上は約 150 g/m^2 以上、例えば、約 150 g/m^2 ～約 500 g/m^2 、約 175 g/m^2 ～約 350 g/m^2 、約 200 g/m^2 、または約 300 g/m^2 、の質量または重量を有することができる。RCFシート中の炭素繊維は、リサイクル繊維またはバージン繊維であることができる。RCFは廃棄繊維、例えば、乾燥NCF廃棄物、乾燥樹脂移送成形（RTM）廃棄物、または他の残り物の乾燥繊維、を含むことができる。例えば、TorayのT70060E炭素繊維は、乾燥NCF廃棄物から 35 mm 繊維に切断し、次に約 200 g/m^2 の面密度を有するランダムに配向した不連続繊維に形成することができる。NCFの追加層は、複合材をさらに強化するために約 300 g/m^2 の質量または重量を有することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

図 1 1 は、複合材サンドイッチ、金属インサートから形成され N C F で補強された一要素の、一実施形態における横断面図である。示されるように、要素 1 1 0 0 は、1 つ以上の上部複合材積層 1 1 0 4 および 1 つ以上の下部複合材積層 1 1 0 8 の間に、複合材コア 1 1 0 6 を含むことができる。複合材積層 1 1 0 4 および 1 1 0 8 の各々は、硬化したポリマ樹脂と共に繊維、例えば記述のようにランダムに配向した不連続繊維（例えば、図 6 および 7 に示されるもの）または連続繊維を含む繊維シートまたは繊維メッシュ、から形成することができる。要素 1 1 0 0 は、コア 1 1 0 6、および複合材積層 1 1 0 8 のような 1 つ以上の複合材積層の間に、金属インサート 1 1 1 4 を含むことができる。金属インサート 1 1 1 4 は、非傾斜領域 1 1 1 8 のような、複合材サンドイッチの層に並行に延在する 1 つ以上の表面を含むことができる。金属インサート 1 1 1 4 は、傾斜領域 1 1 1 6 のような、複合材サンドイッチの層に非並行に延在する 1 つ以上の表面を含むことができる。一部の実施形態において、インサートはポリマまたはセラミックのような非金属であることができる。一部の実施形態において、上部または下部の複合材積層のうちの 1 つ以上が複合材積層および / または N C F の 1 つ以上の層を含むことができる。

10

【 0 0 8 3 】

複合材コア 1 1 0 6 は、金属インサート 1 1 1 4 の形状に少なくとも部分的に合致するために、金属インサート 1 1 1 4 の周りで部分的に圧縮することも完全に圧縮することもできる。複合材コア 1 1 0 6 は、非圧縮部分 1 1 0 6 A、部分圧縮移行部分 1 1 0 6 B、および金属インサート 1 1 1 4 を囲む完全圧縮（例えば、固体の）部分 1 1 0 6 C のうちの 1 つ以上を含むことができる。部分圧縮移行部分 1 1 0 6 B は、金属インサート 1 1 1 4 の傾斜領域 1 1 1 8 に沿って、完全圧縮部分 1 1 0 6 C および移行部分 1 1 0 6 B の間に位置付けることができる。一部の実施形態において、金属インサートは、限定するものではないが、アルミニウム、チタン、マグネシウム、このうちの 1 つ以上を含む合金、または先述のいずれかの組合せのような軽量金属を含むことができる。完全圧縮部分 1 1 0 6 C は、非傾斜領域 1 1 1 8 の上に位置することができる。

20

【 0 0 8 4 】

要素 1 1 0 0 は、上部複合材積層 1 1 0 4 の上部に N C F 1 1 0 2 を含むこともできる。N C F 1 1 0 2 は、図 1 1 に示されるように、複合材積層の平面に対して実質的に平行（Y 軸に沿って）であり要素 1 1 0 0 の断面（X - Z 平面）に対して実質的に垂直である方向にて、より大きな引抜負荷をもたらすことができる。

30

【 0 0 8 5 】

N C F を含む複合材サンドイッチは、図 9 および 1 1 に示されるような複合材サンドイッチが自動車の座席台に用いられことを可能にするための十分な強度をもたらすことができる。座席台は、複合材に高い引抜負荷を有することを要し得る。座席台が、複合材積層の少なくとも 1 つの上部（例えば、最も外側）に、または上部複合材積層および下部複合材積層の両方に N C F を含む複合材サンドイッチで形成される場合、N C F はシートベルトが座席台から引き抜かれるのを防ぐ助けをすることができる。例えば、車が突然停止したとき、シートベルトは突然引かれ、よって座席台に引抜負荷が印加され得るが、これは複合材積層を通じて引かれるものであり得る。N C F を添加することにより引抜負荷が増大し、シートベルトが座席台の複合材積層から引き抜かれずに、より多くの支持をもたらすことができる。

40

【 0 0 8 6 】

図 1 2 は、本開示の実施形態に従った複合材積層構造を形成する方法のフローチャートである。方法 1 2 0 0 は、アクト 1 2 0 2 でポリマ樹脂を混合するステップを含むことができる。ポリマ樹脂は、本明細書に開示されている任意のポリマ樹脂を含むことができる。例えば、ポリマ樹脂はポリウレタンおよびエポキシを含むことができ、このエポキシはポリウレタンより高い負荷伝達能力を有する。一実施形態において、ポリマ樹脂は、本明細書に開示されている実施形態のうちのいずれかに従った、エポキシ、ポリウレタン、熱可塑性、ハードナ、フィラー材料、または第 V I I I 族金属材料のうちの 1 つ以上を含む

50

ことができる。

【 0 0 8 7 】

ポリマ樹脂を混合するステップは、その場でまたはポリマ樹脂を塗布する前にポリマ樹脂を混合することを含むことができる。例えば、その場でポリマ樹脂を混合するステップは、ポリマ樹脂の第1の要素（例えば、ポリウレタン）を、スタック中の繊維シートのような複合材積層構造の前駆体要素に塗布することによりポリマ樹脂を混合することと、少なくとも1つのポリマ樹脂の第2の要素（例えば、エポキシ、ハードナ、フィラー、第V III族金属、および/または熱可塑性物）を複合材積層構造の同一の前駆体要素または異なる前駆体要素（例えば、スタック中の第2の繊維シート）に塗布することと、第1の要素および少なくとも1つの第2の要素を互いに接触させることを含むことができる。一実施形態において、第1の要素および少なくとも1つの第2の要素を互いに接触させることは、ポリマ樹脂の第1および少なくとも1つの第2の要素が互いに接触するように、第1の要素および少なくとも1つの第2の要素を有する隣接繊維シートを加圧することを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂の第1の要素（例えば、ポリウレタン）を塗布することと、ポリマ樹脂の少なくとも1つの第2の要素（例えば、エポキシおよび/または熱可塑性物）を複合材積層構造の同一の要素または異なる要素に塗布することと、第1の要素および少なくとも1つの第2の要素を互いに接触させることは、第1の要素および少なくとも1つの第2の要素を、例えば直接隣接する層において、互いに直接接触させる（例えば、炭素繊維シート同士を接触させる）ことを含むことができる。このような塗布は、手動散布または吹き付けであり得る。例えば、第1の要素はコアブランクに隣接する側面の炭素繊維シートに塗布することができ、第2の要素は繊維シートの対向側面に塗布することができる。

10

20

【 0 0 8 8 】

塗布の前にポリマ樹脂を混合するステップは、本明細書に開示されている方法（例えば、袋、圧力ポット、容器、または市販の吹き付けシステムでの混合）を含むことができる。得られる構造は、ポリマ樹脂の第1の要素の層と、ポリマ樹脂の少なくとも1つの第2の要素と、ポリマ樹脂の第1および少なくとも1つの第2の要素の混合物の介在層とを有する、層状または偽層状のポリマ樹脂混合物を含むことができる。例えば、各々の層は、得られる硬化した部品中の層を収容するポリマ樹脂の高さの約3分の1であることができる。一実施形態において、各々の単一のポリマ要素層は、ポリマ樹脂をその中に含む複合材積層構造の部分の断面厚さの約40%未満であることができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂の第1および少なくとも1つの第2の要素は、このようなアクトにより作製された複合材積層構造が実質的に均質な硬化したポリマ樹脂を示すように、実質的に完全に混ざることができる。方法1200は、ポリマ樹脂を塗布温度にて加熱および維持するアクト1204を含むことができる。塗布温度は、選択された粘度をポリマ樹脂にもたらしように構成された温度、例えば低圧吹き付けに好適な粘度をポリマ樹脂にもたらしように選択された温度、を含むことができる。一実施形態において、塗布温度は、周囲温度とポリマ樹脂の一要素（例えば、エポキシ、ハードナ、またはポリマのうちの1つ以上）の硬化温度の間であることができる。熱可塑性物を含むポリマ樹脂の場合、塗布温度は熱可塑性物の融解温度超であり得る。一部の実施形態において、塗布温度は約100 未満、例えば、約90 未満、約40 ~ 約85 、約50 ~ 約70 、約50 、約80 、約75 ~ 約85 、または約65 、であり得る。

30

40

【 0 0 8 9 】

方法1200は、ポリマ樹脂を繊維シート（例えば、炭素繊維シート）またはコアに塗布するアクト1206を含むことができる。ポリマ樹脂を繊維シートまたはコアに塗布するステップは、ポリマ樹脂を繊維シートおよび/または成形型に90 p s i 未満の圧力にて吹き付けることを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を約90 p s i 未満の圧力にて吹き付けることは、ポリマ樹脂を約70 p s i 未満の圧力で吹き付けることを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を塗布するステップは、ポリマ樹脂を繊維シート、コア、または複合材積層構造の任意の他の要素のうちの1つ以上に手

50

動で散布することを含むことができる。ポリマ樹脂を手動で散布することは、こて、ブラシ、またはスパチュラのような工具を用いてポリマ樹脂を手動で散布することを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を手動で塗布することは、ポリマ樹脂を運ぶローラー、例えばポリマ樹脂を少なくとも部分的に浸したローラー、を用いて少なくとも1つの繊維シートまたはコアにポリマ樹脂を伸ばすことにより、ポリマ樹脂を手動で散布することを含むことができる。

【0090】

一実施形態において、ポリマ樹脂を塗布する（例えば、吹き付ける）ステップは、2つ以上の層、または2つ以上のポリマ樹脂を、1つの繊維シートまたは複数の繊維シート（例えば、別々の繊維シート）に塗布することを含むことができる。例えば、ポリマ樹脂を繊維シートに塗布するステップは、第1のポリマ樹脂を第1の炭素繊維シートに塗布することと、第2のポリマ樹脂を第2の炭素繊維シートに塗布することとを含むことができる。

10

【0091】

方法1200は、セルの開放端にまたがって延在する炭素繊維シートを複数のセル上に位置付ける、アクト1208を含むことができる。セルは、複数のポリカーボネートチューブにより少なくとも部分的に画定されるように、本明細書に開示されている任意のセル（例えば、チューブ）に類似または全く同じであることができる。炭素繊維シートを位置付けるステップは、コアの対向側面にある2つの炭素繊維シートのような、2つ以上の炭素繊維シートを位置付けることを含むことができる。一実施形態において、炭素繊維シートを位置付けるステップは、炭素繊維シートを成形型中に位置付けることおよびそれに隣接するコアを（例えば、炭素繊維シートの上部または下に）位置付けることを含むことができる。

20

【0092】

方法1200は、例えば約10分未満で、炭素繊維シートに塗布されたポリマ樹脂を硬化させるアクト1210を含むことができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂を硬化させるステップは、アクト1208に従った位置付けの後に実行することができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を硬化させるステップは、ポリマ樹脂、複合材積層、または複合材サンドイッチを、例えば成形型、窯、またはオープンで、加熱することを含むことができる。ポリマ樹脂の加熱は、約110以上、例えば、約120～約200、約130～約180、約140～約160、約120、約130、約140、または約160、で実行することができる。一部の実施形態において、ポリマ樹脂の加熱は、本明細書に開示されている任意の好適な硬化時間で実行することができる。

30

【0093】

一部の実施形態において、方法1200は硬化前に、複数の密集したポリカーボネートチューブのような、本明細書に開示されている任意のコア用材料または構成を含むコア上に、炭素繊維シートを位置付けるステップを含むことができる。一部の実施形態において、方法1200は、炭素繊維シート、ポリマ樹脂もしくはその要素、またはコアのうちの1つ以上を成形型の中に配するステップと、圧力を印加して成形型を少なくとも部分的に閉じ、成形型の形状を有する複合材積層構造を形成しかつ/または少なくとも部分的にコアを押し縮めるステップとを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂、炭素繊維シート、またはコアのうちの1つ以上を少なくとも部分的に加熱するために、熱を同時に印加することができる。例えば、コアは加圧の間に熱を印加するとよりしなやかになることができ、そのためコアは少なくとも部分的に軟化または融解し、一方では圧縮して成形型の形状への適合性が增大する。ポリマ樹脂は、成形型中で熱を印加すると少なくとも硬化開始することができる。

40

【0094】

図13は、本開示の実施形態に従った、複合材積層構造を形成する方法のフローチャートである。方法1300はアクト1302において、第1の繊維シート、コア、および第2の繊維シートのスタック（例えば、複合材積層前駆体アセンブリ）を成形型の中に配す

50

るステップを含むことができる。例えば、各々の繊維シートは、共に結着した1つ、2つ、またはそれ以上の個々の繊維シートを含むことができる。一実施形態において、第1の繊維シート、コア、および第2の繊維シートを成型型の中に配するステップは、1つ以上の繊維シートをポリマ樹脂に含浸させることを含むことができる。一実施形態において、第1および第2の繊維シートの各々は、成型型の中に配する前または後にポリマ樹脂を各々の繊維シートに吹き付けおよび/または手動で散布することにより、ポリマ樹脂またはその要素を含浸させることができる。ポリマ樹脂は、本明細書に開示されている任意のポリマ樹脂を含むことができる。一実施形態において、異なる複合材積層（例えば、異なる繊維シートの層）は、隣接複合材積層と同一または異なるポリマ樹脂を含むことができる。例えば、一実施形態において、成型型キャビティに隣接する複合材積層は、得られる複合材サンドイッチに水密な特性を付与するために、その中により多量のエポキシ（またはエポキシのみ）を有するポリマ樹脂を含むことができる。一実施形態において、1つ以上の複合材積層は、難燃性を有するポリマ樹脂（例えば、フェノール系エポキシ）を含むことができる。一実施形態において、コアに最も近い1つ以上の複合材積層は、ポリマ樹脂およびコアの間に望ましい量の結合をもたらすために、その中により多量のポリウレタン（またはポリウレタンのみ）を有するポリマ樹脂を含むことができる。

【0095】

一実施形態において、方法1300は、ポリマ樹脂を少なくとも1つの炭素繊維シートに、例えば吹き付けまたは手動散布により、塗布するステップを含むことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を塗布するステップは、少なくとも1つの繊維シートに約90 p s i未満の圧力にて実行することができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を少なくとも1つの繊維シートに塗布（例えば、吹き付けまたは手動散布）するステップは、ポリマ樹脂を第1の炭素繊維シートおよび1つ以上の追加の炭素繊維シートに塗布することを含むことができる。一実施形態において、方法は1つ以上の炭素繊維シートをコア上に、例えばコアの同一側面（例えば、層状構成）および/または対向側面に、位置付けるステップを含むことができる。例えば、方法はポリマ樹脂を第1の炭素繊維シートおよび第2の炭素繊維シートに、例えばポリマ樹脂を繊維シートに少なくとも部分的に含浸させるために、塗布するステップを含むことができる。方法は、第1の炭素繊維シートをコアの開放端に隣接するコアの第1の側面に、第2の炭素繊維シートを第1の側面に対向するコアの第2の側面に、位置付けるステップをさらに含むことができる。このような位置付けは、ポリマ樹脂を炭素繊維シートに少なくとも部分的に含浸させる前または後に実行することができる。一実施形態において、第2の炭素繊維シートは、第1の炭素繊維シートの上部に位置付けることができる。一実施形態において、第1の炭素繊維シートおよび/または第2の炭素繊維シートは、ランダムに配向した不連続繊維、連続繊維、または炭素繊維NCFを含むことができる。

【0096】

樹脂を調製および塗布する（例えば、吹き付ける）方法は、上に開示されたポリマ樹脂を調製および吹き付けをする方法に類似または全く同じであることができる。ポリマ樹脂、ポリマ調製、および/または塗布（例えば、吹き付け）方法は、例えば樹脂トランスファ成形において、ポリマ樹脂を成型型の中へ流動させ繊維に含浸させるために要する圧力を著しく低減することができる。一部の実施形態において、コアは、例えば互いに結合する複数のポリカーボネートチューブのようなチューブを含み第1の開放端および第2の開放端を有する、「硬質な」コアであることができる。成型型キャビティは、下側の成型型部分および上側の成型型部分から形成することができる。一部の実施形態において、コアは「軟質な」コアであることができる。

【0097】

方法1300はアクト1304にて、NCFまたは織布を、成型型の中にある第1の繊維シートおよび第2の繊維シートのうちの1つの上に配するステップを含むこともできる。NCFは、複合材を強化することができる。NCFは、複合材コアからのプリントスルーを低減することもできる。NCFは、積層表面品質をさらに向上させ美観を強化するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【0098】

方法1300はアクト1306にて、成型型を閉じるステップをさらに含むことができる。成型型を閉じるステップは、例えば中の1つ以上の要素を圧縮するために、外圧を成型型に印加することを含むことができる。方法1300はアクト1308にて、成型型のキャビティを真空処理するステップを任意選択で含むこともできる。例えば、複合材積層が不連続繊維で形成されているときは、ランダムに配向した不連続繊維中に溜まった空気を除去するために成型型を真空処理することが望まれ得る。これに対し、連続繊維は不連続繊維ほどには空気をためない可能性があり、そのため複合材積層が連続繊維で形成されているときは、成型型を真空処理するステップは必要ではない可能性がある。方法1300はアクト1310にて、複合材要素を形成するためにポリマ樹脂を硬化させるステップを含むこともできる。ポリマ樹脂を硬化させるステップは、ポリマ樹脂を中および上に有し成型型の中または外部にポリマ樹脂を収容する繊維シート（例えば、スタックのよう少なくとも部分的に形成された複合材積層またはその前駆体）を、約110以上、例えば、約120～約200、約130～約180、約140～約160、約120、約130、約140、または約160、に加熱することを含むことができる。ポリマ樹脂を硬化させるステップは約40秒以上、例えば、約40秒～約1日、約1分～約12時間、約90秒～約8時間、約2分～約4時間、約40秒～約10分、約1分～約8分、約90秒～約5分、約3分、約6分以下、または約8分以下、の持続時間で行うことができる。一実施形態において、ポリマ樹脂を加熱/硬化させるステップは、成型型の中で部分的に実行することができ、次に異なる場所（例えば、オープンまたは窯）で完了させることができる。得られる硬化した複合材要素は、成型型により決定される任意の形状を有することができる。

【0099】

一部の実施形態において、複合材サンドイッチは、例えば1つ以上の複合材積層層により分割される2つ以上のコアを有するというように、1つ以上のコアを含むことができる。例えば、複合材サンドイッチは、結合した円形のプラスチックチューブでできた「硬質な」コアおよびその一方の側面にある複合材積層層を含むことができる。複合材サンドイッチは、第1の「硬質な」コア上にある複合材積層層に隣接する、板紙でできた追加の「軟質な」コアを含むことができる。軟質なコアは、硬質なコアの対向側面に少なくとももう1つの複合材積層層を含むことができる。このような実施形態においては、望ましい靱性（例えば、弾性および/または硬度）および音減衰を達成することができる。一部の実施形態において、複合材サンドイッチは、1つ以上の異なるまたは全く同じポリマ樹脂をその中にそれぞれに含む1つ以上の繊維シートを有する1つ以上の複合材積層層を含むことができる。例えば、一実施形態において、複合材サンドイッチはその上に炭素繊維シートを有するコアを含むことができ、炭素繊維シートはポリウレタンポリマ樹脂を含むことができ、炭素繊維シートはその中にエポキシを有する別の炭素繊維シートに隣接することができる。このような実施形態において、ポリウレタンは、成型型の中にあるスタックに、隣接層のエポキシとは別に塗布することができる。得られる複合材積層構造は、望ましいエネルギー吸収、破損プロファイル、耐水性、および/または音吸収を示すことができる。

【0100】

一実施形態において、第1の繊維シート、コア、および第2の繊維シートのスタックを成型型の中に配するステップと、ポリマ樹脂を約90psi未満の圧力にて吹き付けるステップは、粉末フィラー材料を成型型の中へ吹き付けること、第1の繊維シートをその上に設置すること、第1のポリマ樹脂（例えば、エポキシ）を第1の炭素繊維シートに吹き付けること、第2の炭素繊維シートを第1の炭素繊維シート上に設置すること、第2のポリマ樹脂（例えば、ポリウレタン）を第2の炭素繊維シートに吹き付けること、およびコアを第2の炭素繊維シートに接触させるように設置することを含むことができる。スタックは、コア上に第2の炭素繊維シート、その上に第2のポリマ樹脂、その上に第1の炭素繊維シート、その上に第1のポリマ樹脂の層状組成物を有することができる。同一のまた

は異なる構成を、コアの対向側面に配することができる。ポリマ樹脂、炭素繊維シート、および/またはコアは、本明細書に開示されている任意のポリマ樹脂、炭素繊維シート、またはコアに類似または全く同じであることができる。一部の実施形態において、フィラー材料は、複合材積層の任意の部分に配する前に、成形型上に配することができる。例えば、フィラー材料の薄層は、炭素繊維シートを設置する前に成形型に吹き付けることができる。フィラー材料は、ポリマ材料の中へ組み込んでから（その表面に）吹き付けることができ、複合材積層のバルク機械的性質を弱めることなく、少なくとも複合材積層の表面の収縮率を低減するのに役立つことができる。

【0101】

本明細書に開示されている複合材サンドイッチは、良好な音吸収、良好な断熱性、高い曲げ剛性、高いエネルギー吸収、および軽量を有することができる。複合材サンドイッチは、自動車産業（例えば、シャーシ、車用フード、車用本体部品等）、他の車両（例えば、トラック）、農業設備、自転車、衛星用途、航空宇宙用途、構築材料（例えば、建築材料等）、消費者製品（例えば、特に家具、便座、および電気製品）を含む様々な用途で用いることができる。

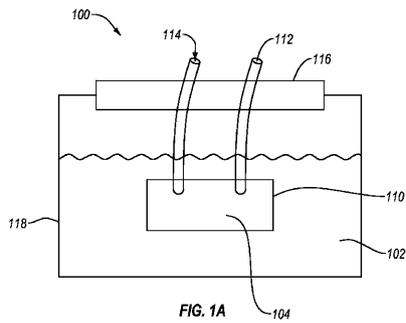
10

【0102】

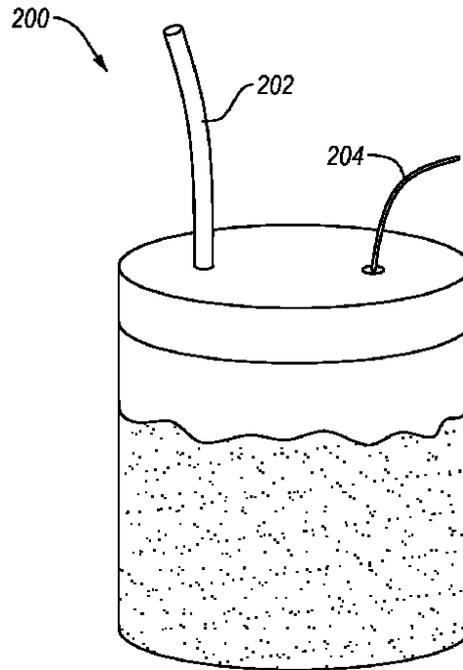
いくつかの実施形態を記載したが、本発明の趣旨から逸脱することなく様々な変更、代替的構築、および相当物が用いられ得ることは、当業者によって認識されるであろう。加えて、複数の周知の工程および成分は、本発明を不必要に不明瞭にすることを避けるために記載されていない。したがって、上の記載は本発明の範囲を限定するものと解釈すべきではない。

20

【図1A】



【図2】



【図1B】

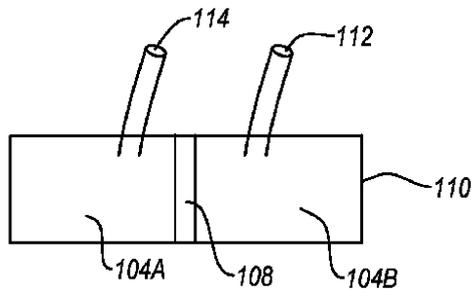


FIG. 1B

FIG. 2

【 図 3 】

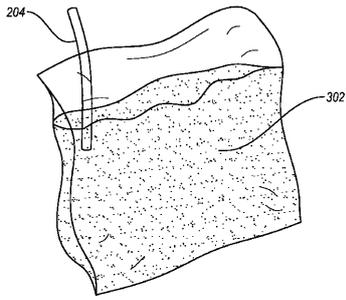
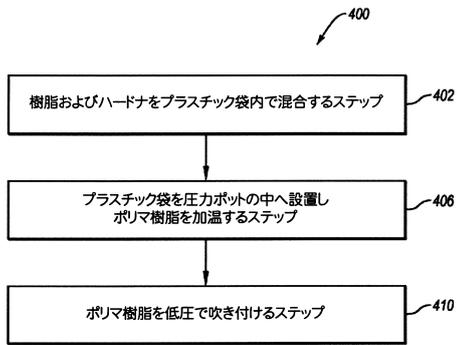


FIG. 3

【 図 4 】



【 図 5 】

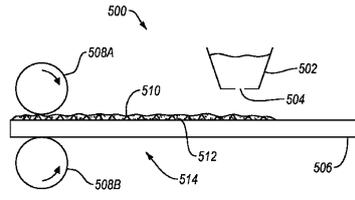


FIG. 5

【 図 6 】

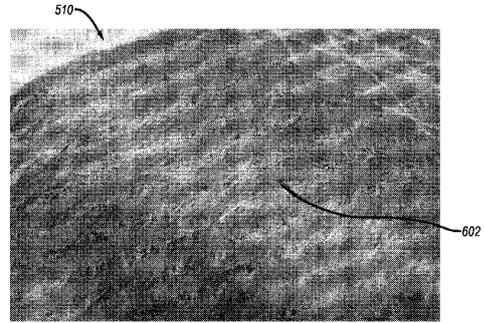


FIG. 6

【 図 7 】

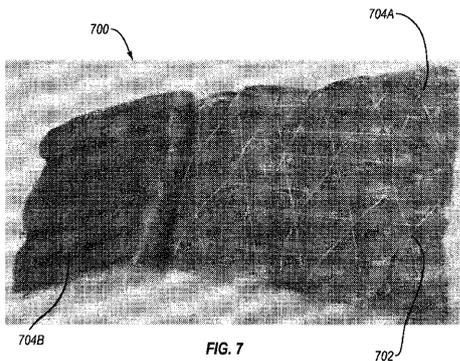


FIG. 7

【 図 9 】

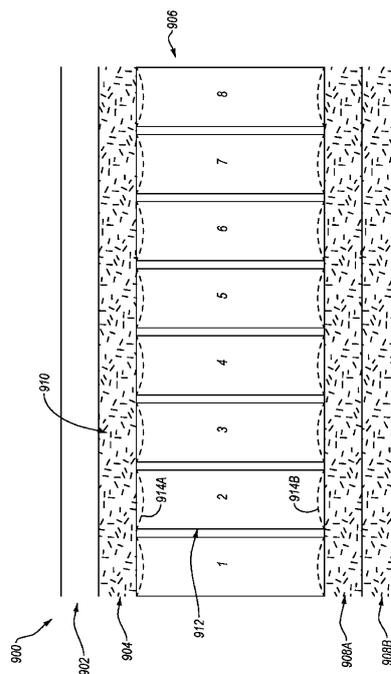


FIG. 9

【 図 8 】

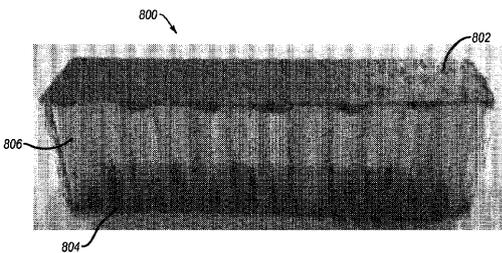


FIG. 8

【図10】

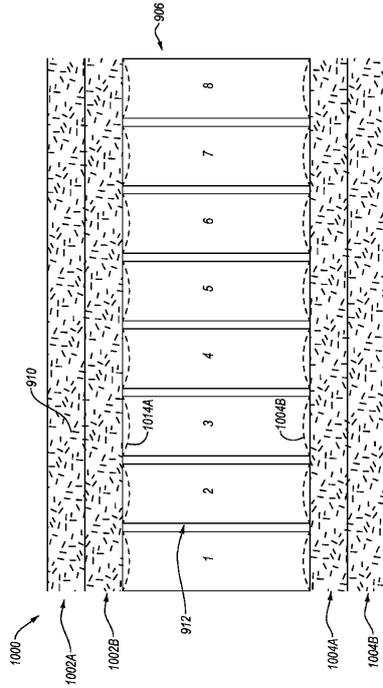


FIG. 10

【図11】

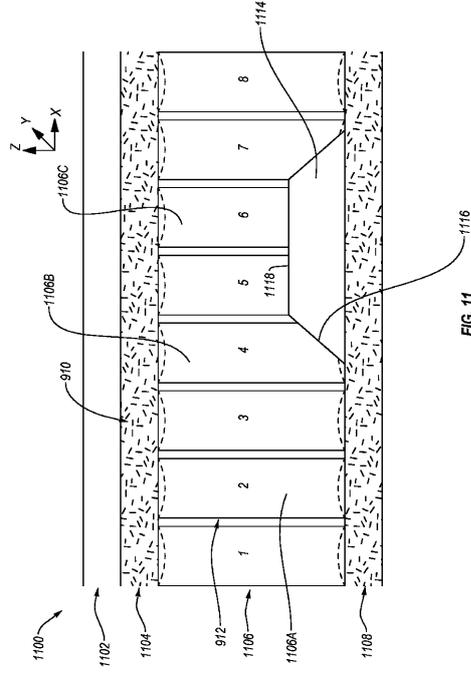
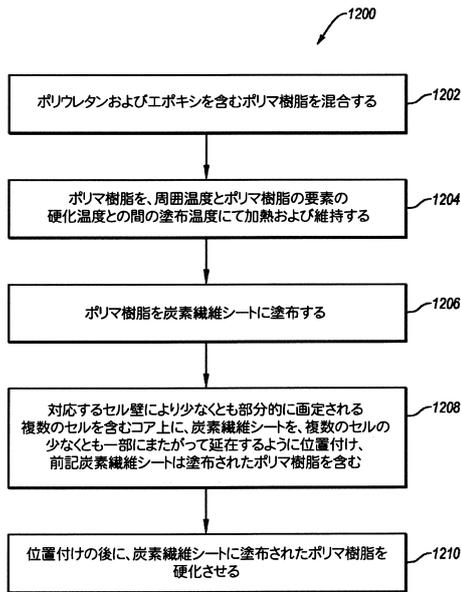
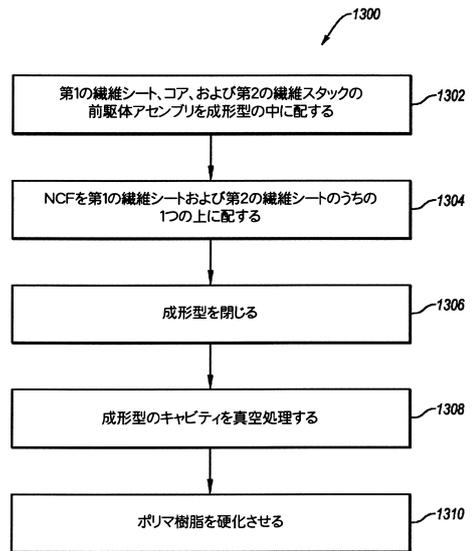


FIG. 11

【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
B 0 5 D	3/02	(2006.01)	B 0 5 D	7/00	B
C 0 8 J	5/24	(2006.01)	B 0 5 D	3/02	A
			C 0 8 J	5/24	C F C
			C 0 8 J	5/24	C F F

(31)優先権主張番号 62/007,652

(32)優先日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/007,670

(32)優先日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/007,685

(32)優先日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/108,837

(32)優先日 平成27年1月28日(2015.1.28)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(56)参考文献 特開2010-149260(JP,A)
特開平05-132540(JP,A)
国際公開第2009/011304(WO,A1)
特開平11-207843(JP,A)
特開昭51-041764(JP,A)
特開2013-032510(JP,A)
米国特許出願公開第2013/0171381(US,A1)
特開平02-088227(JP,A)
特開昭53-034866(JP,A)
特開昭57-113695(JP,A)
特公昭40-027900(JP,B1)
特表2014-533751(JP,A)
特公昭52-012760(JP,B1)
米国特許出願公開第2011/0089183(US,A1)
特開平07-180281(JP,A)
特開2001-031838(JP,A)
国際公開第2009/157295(WO,A1)
特開2006-188688(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B 3 2 B 1 / 0 0 - 4 3 / 0 0
B 0 5 D 1 / 0 0 - 7 / 2 6
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
C 0 8 G 1 8 / 0 0 - 1 8 / 8 7、7 1 / 0 0 - 7 1 / 0 4

C09J 1/00 - 5/10、9/00 - 201/10
C08K 3/00 - 13/08
C08L 1/00 - 101/14