

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-226206

(P2017-226206A)

(43) 公開日 平成29年12月28日(2017.12.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B29C 39/10 (2006.01)</b>	B29C 39/10	4F100
<b>B32B 5/28 (2006.01)</b>	B32B 5/28	Z 4F204
<b>B29C 39/24 (2006.01)</b>	B29C 39/24	4F205
<b>B29C 70/10 (2006.01)</b>	B29C 70/10	
<b>B29C 70/48 (2006.01)</b>	B29C 70/48	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-30836 (P2017-30836)  
 (22) 出願日 平成29年2月22日 (2017. 2. 22)  
 (31) 優先権主張番号 15/079, 202  
 (32) 優先日 平成28年3月24日 (2016. 3. 24)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500520743  
 ザ・ボーイング・カンパニー  
 The Boeing Company  
 アメリカ合衆国、60606-2016  
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100  
 (74) 代理人 110002077  
 園田・小林特許業務法人  
 (72) 発明者 バーンズ, ローレン アン  
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606,  
 シカゴ, ノース リバーサイド プラ  
 ザ 100

最終頁に続く

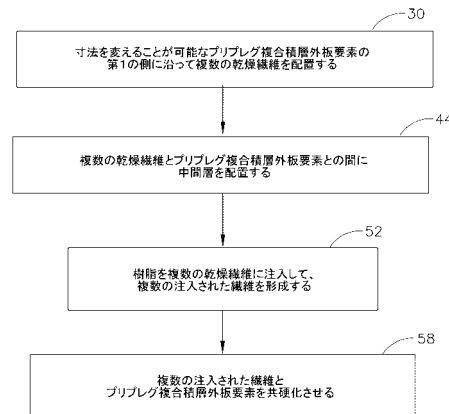
(54) 【発明の名称】 補強材を有する複合構造体及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 複合構造体、特に、補強部材を含む複合構造体のより効率的な製造方法の提供。

【解決手段】 寸法を変える事が可能なプリプレグ複合積層外板要素の第1の側に沿って複数の乾燥繊維を配置するステップ30、複数の乾燥繊維とプリプレグ複合積層外板要素の第1の側との間に中間層を配置するステップ44、及び、樹脂を複数の乾燥繊維に注入して複数の注入された繊維を形成するステップ52を更に含み、プリプレグ複合積層外板要素と複数の注入された繊維を共硬化させるステップ58も含む方法。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

補強された複合構造体を組み立てるための方法であって、

寸法を変えることが可能なプリプレグ複合積層外板要素の第 1 の側に沿って複数の乾燥繊維を配置するステップ、

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素の前記第 1 の側との間に中間層を配置するステップ、

樹脂を前記複数の乾燥繊維に注入して、複数の注入された繊維を形成するステップ、及び

前記プリプレグ複合積層外板要素と前記複数の注入された繊維を共硬化させるステップを含む、方法。

10

## 【請求項 2】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記複数の乾燥繊維が、編組、ウォーブン、単方向、及び非捲縮の繊維のうちの 1 つの構成を備えることを更に含む、請求項 1 に記載の補強された複合構造体を組み立てるための方法。

## 【請求項 3】

前記プリプレグ複合積層外板要素の前記第 1 の側に沿って前記複数の繊維を配置する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素の前記第 1 の側の全面より小さい領域に沿って延在するように、前記複数の乾燥繊維を配置することを更に含む、請求項 1 又は 2 に記載の組み立てるための方法。

20

## 【請求項 4】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素の前記第 1 の側が、平坦な表面を備えることを更に含む、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

## 【請求項 5】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記複数の乾燥繊維を、1 インチ当たり 10 度 (10° / インチ) 未満の第 1 の軸の周りでの幾らかの捻じりを有する構成へと形成することを含む、請求項 4 に記載の組み立てるための方法。

## 【請求項 6】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素の前記第 1 の側が、湾曲した表面を備えることを更に含む、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

30

## 【請求項 7】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記複数の乾燥繊維を、1 インチ当たり 10 度 (10° / インチ) 未満の第 1 の軸の周りでの幾らかの捻じりを有する構成へと形成することを含む、請求項 6 に記載の組み立てるための方法。

## 【請求項 8】

前記複数の乾燥繊維を配置する前記ステップが、前記複数の乾燥繊維を、第 2 の軸の周りで四百インチ (400 インチ) 未満の曲率半径を有する構成へと形成することを含む、請求項 6 又は 7 に記載の組み立てるための方法。

40

## 【請求項 9】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記中間層が不透水性バリアを備えることを更に含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

## 【請求項 10】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記中間層が、接着フィルム、テクスチャ加工されたフィルム、二重層フィルム、及びベールのうちの 1 つを備えることを更に含む、請求項 9 に記載の組み立てるための方法。

## 【請求項 11】

50

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記中間層が浸透性バリアを備えることを更に含む、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

【請求項 12】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記中間層が複数の孔を画定することを更に含む、請求項 11 に記載の組み立てるための方法。

【請求項 13】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記中間層が、接着フィルム、テクスチャ加工されたフィルム、二重層フィルム、及びペールのうちの 1 つを備えることを更に含む、請求項 12 に記載の組み立てるための方法。

10

【請求項 14】

前記樹脂を前記複数の乾燥繊維に注入する前記ステップの前に、前記複数の乾燥繊維を樹脂バリアの中へ配置するステップを更に含む、請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

【請求項 15】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素が、オートクレーブ外プリプレグ複合材料を含むことを更に含む、請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

20

【請求項 16】

注入する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素が中間の硬化段階を経るように、前記樹脂の注入と前記複数の乾燥繊維、及び前記プリプレグ複合積層外板要素に対して熱を加えるステップを更に含む、請求項 15 に記載の組み立てるための方法。

【請求項 17】

共硬化させる前記ステップが、前記複数の注入された繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素に対して、大気圧から平方インチ当たり四十五ポンド (45 psi) までの範囲内に含まれる圧力を加えるステップを更に含む、請求項 16 に記載の組み立てるための方法。

30

【請求項 18】

共硬化させる前記ステップが、前記複数の注入された繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素を、華氏二百八十度 (280 °F) から華氏四百度 (400 °F) までの範囲内に含まれる温度へ加熱することを更に含む、請求項 16 に記載の組み立てるための方法。

【請求項 19】

前記複数の乾燥繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素との間に中間層を配置する前記ステップが、前記プリプレグ複合積層外板要素が、オートクレーブ内プリプレグ複合材料を含むことを更に含む、請求項 1 から 18 のいずれか一項に記載の組み立てるための方法。

【請求項 20】

共硬化させる前記ステップが、前記複数の注入された繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素に対して、平方インチ当たり四十五ポンド (45 psi) から平方インチ当たり百ポンド (100 psi) までの範囲内に含まれる圧力を加え、且つ、前記複数の注入された繊維と前記プリプレグ複合積層外板要素を、華氏四百度 (400 °F) までの範囲内に含まれる温度へ加熱するステップを更に含む、請求項 19 に記載の組み立てるための方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本開示は、概して、複合構造体に関し、特に、補強部材を含む複合構造体及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

必要とされる強度及び／又は剛性の要件を満たすために、航空宇宙産業で使用されるものなどの複合構造体を補強することが、しばしば、必要である。例えば、これらの構造体は、翼及び／又は胴体のものなどの航空機の外板を含む。外板構造体は、軽量であり、しばしば、更なる強度及び剛性を必要とする薄く適合されたパネルである。他の産業での構造体のみならず、航空宇宙産業での他の構造体も、更なる強度及び／又は剛性を必要とする。航空機の外板構造などの複合構造体に補強材を追加することは、航空機の外板構造体に必要とされる強度及び剛性を提供する。

10

【0003】

従来、外板及び補強材又はストリング構造体を備えた、補強された外板を製造することにおいて、様々な製造工程が採用されて、補強された外板が製造されてきた。1つの製造工程では、外板と補強材構造体の両方に対して複合プリプレグ材料をレイアップすることが使用されてきた。代替的に、製造工程は、注入工程を使用してきた。注入工程では、補強材要素のために樹脂が乾燥繊維に注入され、外板パネル要素のために樹脂が複数の乾燥繊維に均一に注入される。

【0004】

プリプレグを利用することは、外板要素を製造する目的に対して有利であった。何故ならば、複合プリプレグ材料は、構造上の効率のために最適化された繊維体積の厳密な制御を促進し、自動化された積層装置を利用して労働力を削減する機会を提供したからである。一方、補強材又はストリング構造体は、自動化されない且つ高価な手作業の積層工程を必要とした。補強材は、しばしば、補強材又はストリング構造体要素を構成することにおいて、複雑な幾何学的形状を必要とした。ストリングは、補強材構造体内で繊維が波打つことを避けるために、外板要素に注意深く配置されることを必要とした。さもなければ、繊維の波形は、補強材の性能を低減させ得る。補強材要素と外板要素の両方がプリプレグレイアップ工程によって製造される場合には、更なる複雑さが生じた。この製造での従来のプリプレグ材料の使用は、高温高圧の硬化工程を必要とし、それは、最終製品において望ましくない結果を導入し得る。プリプレグ材料に対するこれらの高温高圧の硬化要件は、より最近になって、より低温低圧で硬化するプリプレグ材料を利用することによって幾らか改善されてきた。

20

30

【0005】

補強された外板構造体を組み立てるための他の従来の方法は、上述のように、2つの構造体を同時に硬化させることを用いる、注入される繊維製造工程から、均一に製造される外板及び補強材又はストリング構造体の両方を作ることを含む。外板構造体及び補強材構造体は、異なる繊維構成及び配置を有する。異なる繊維構成及び配置は、これらの構造体の両方に対する注入工程の間に、樹脂を湿潤させることに対して異なる要求を導入する。これらの要求は、外板と補強材構造体の両方の均一な共注入 (co infusion) 工程のための更なる複雑さを提供する。

40

【0006】

例えば、風力タービンブレードを製造するための他の工程は、樹脂が注入される乾燥繊維から製造される外側構造体、及び外側構造体内に配置されたレイアッププリプレグ構造体から製造される内側構造体を含む。これらの構造体の両方は、その後、共硬化 (cure) される。この工程では、単一方向プリプレグ材料が、繊維織物システム内に配置され、又はさもなければ繊維織物システム内に包含される。その後、繊維織物システム及び包含されたプリプレグ材料は、真空バッグ内に封入される。樹脂の注入は、プリプレグ要素を取り囲む繊維織物システム上で実行される。注入されたアセンブリは、共硬化される。この工程では、プリプレグ材料が、プリプレグ材料を取り囲む注入された繊維層との連結を形成する。

50

## 【 0 0 0 7 】

他の製造工程では、予め硬化された補強材が、レイアップ工程によって製造された予め硬化されたプリプレグ外板から分離してそれとは別に製造される。予め硬化された補強材構造体と予め硬化された外板構造体は、二次的な接合によって接合される。予め硬化された補強材と予め硬化された外板構造体は、幾何学的精度を伴って個別に製造され、これらの予め硬化された構造体の各々の表面を互いに適正に補足し、組み立てられた構造体の必要とされる幾何学的形状を実現し、且つ、2つの構造体の確実な二次的共接合を促進する。

## 【 発明の概要 】

## 【 0 0 0 8 】

補強された複合構造体を組み立てるための方法の一実施例は、プリプレグ複合積層外板要素の第1の側に沿って複数の乾燥繊維を配置するステップを含む。プリプレグ複合積層外板要素は、寸法を変えることが可能である。該方法は、複数の乾燥繊維とプリプレグ複合積層外板要素の第1の側との間に中間層を配置するステップ、及び、樹脂を複数の乾燥繊維に注入して複数の注入された繊維を形成するステップを更に含む。該方法は、プリプレグ複合積層外板要素と複数の注入された繊維を共硬化させるステップを更に含む。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 航空機の斜視図である。

【 図 2 】 プリプレグ複合積層胴体外板要素に連結された、注入された複合補強材要素を伴う、図1の航空機のプリプレグ複合積層胴体外板要素の部分切欠き斜視図である。

【 図 3 】 注入された複合補強材要素をプリプレグ複合積層外板要素に連結させること、及び、これらの要素を共硬化させることを含む、補強された複合構造体を組み立てるための方法のフローチャートである。

【 図 4 】 図3で説明された方法によって補強された複合構造体を組み立てるためのレイアップの概略分解部分図である。

【 図 5 】 図3で説明された補強された複合構造体を組み立てるための方法によって組立てられた補強された複合構造体の概略分解断面図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 0 】

図1及び図2を参照すると、航空機10は、胴体12、翼14、ノーズセクション16、及びテールセクション18の構造体を含む。航空機10のこれらの構造体の多くが、次に、複合材料を用いて製造される。複合材料は、軽量であり強度も提供するという有益な特性を、航空機10の構造体に提供する。翼14及び胴体12の外板要素又は構造体20などの、航空機10の外側部分は、概してパネル形状の構造を有する複合材料から製造される。この構造は、航空機10の運航中に空力的な力に晒される。これらの作動力に耐えるために、ストリングなどの補強材22を外板構造体20と更に連結させることによって、更なる強度が外板要素又は構造体20に提供される。

## 【 0 0 1 1 】

図2を参照すると、この実施例では、プリプレグ複合積層外板要素又は構造体20が、胴体12の構造体の一部分である。プリプレグ複合積層外板要素又は構造体20に更なる強度を提供し、且つ、同時に航空機10の複合積層外板構造体20の外表面26の空力的な力と干渉しないために、補強材又はストリング22は、プリプレグ複合積層外板要素又は構造体20の内表面24に配置される。複合積層外板要素又は構造体20に必要な補強を効率的に提供するために、補強材22は、外板要素又は構造体20の幾何学的形状にぴったりと従うことが必要である。それらは、航空機10の胴体12及び翼14などの構造体の製造において、平坦な表面、湾曲した表面、及び外板構造体20によって提示される他の複雑な幾何学的形状を含み得る。図4で見られるように、補強材22を製造することにおいて、自動化設備が、複数の乾燥繊維27のプリフォーム(p r e f o r m)を形成することにおいて使用され、必要とされる外板要素20の表面形状にぴったりと従うことを正確

10

20

30

40

50

且つ効果的にもたらし得る。複数の乾燥繊維 27 をプリフォームへと自動で作ることは、補強材 22 の複合材料内で繊維の望ましくないしわ形状が生じることを更に避ける。それは、さもなければ、補強材 22 の強度性能に影響を与え得る。本明細書で説明されるように、補強材 22 は、例えば、図 4 で見られるように、複数の乾燥繊維 27 の中への樹脂の注入を使用することによって製造され、プリレグ複合積層外板要素 20 と共硬化される。

#### 【0012】

プリレグ複合積層外板要素又は構造体 20 を作るために、自動化設備を採用することが、有益であることも理解されるだろう。上述したように、注入された補強材 22 のために複数の乾燥繊維をプリフォームへと正確に製造及び配置することのみならず、自動化は、プリレグのレイアッププライのための労働コスト削減を提供する。

10

#### 【0013】

図 3 で示されるように、且つ、本明細書で説明されるように、補強された複合構造体 28 を組み立てるための方法は、図 4 で概略的に見られるように、プリレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側 34 に沿って、複数の乾燥繊維 27 を配置するステップ 30 を含む。プリレグ複合積層外板要素 20 は、寸法を変えることが可能である。該方法は、図 4 で見られるように、複数の乾燥繊維 27 とプリレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側 34 との間に、中間層 38 を配置するステップ 44 を更に含む。この方法は、樹脂を複数の乾燥繊維 27 に注入して、複数の注入された繊維を形成するステップ 52 を更に含む。該方法は、プリレグ複合積層外板要素 20 と複数の注入された繊維を共硬化させるステップ 58 を更に含む。この方法は、本明細書でより詳細に説明される。

20

#### 【0014】

補強された複合構造体 28 を組み立てるための本方法は、寸法を変えることが可能なプリレグ複合積層外板要素 20 を使用することを含む。複合積層外板要素 20 は、オートクレーブ外 (out of autoclave) プリレグとオートクレーブ内 (in autoclave) プリレグのうち的一方などの、広範なプリレグ複合積層材料のうちの一つから製造され得る。プリレグの何れかの選択によって、プリレグは、本方法を開始することにおける硬化に関して B ステージ化される。それは、積層材料の寸法を変えて、望ましい形状へと容易に従うことを可能にする。

#### 【0015】

プリレグ複合積層外板 20 のプライは、ガラス、アラミド、炭素、炭化ケイ素、ポロン、セラミック、金属材料 E ガラス (アルミノホウケイ酸ガラス)、S ガラス (アルミノシリケートガラス)、純石英、ホウケイ酸ガラス、光学ガラス、及び他のガラス組成物、などの多種多様な材料のうちの一つから選択された材料から製造された繊維を含む。同様に、プライは、エポキシ、ビスマレイミド、ポリウレタン、フェノール樹脂、ポリイミド、スルホン化ポリマー (ポリフェニレンスルファイド)、導電性ポリマー (例えば、ポリアニリン)、ベンゾキサジン、シアン酸エステル、ポリエステル、及びシルセスキオキサン樹脂などの、多種多様な樹脂から選択された樹脂から製造される。それらは、熱可塑性物質若しくはシリコン又は他の粒子などの、強化添加物又は成分も含み得る。積層は、特定の複合要素又は構造から製造されるために必要な幾つかのプライを用いて作られ得る。各プライのための繊維配向は、同様に、特定の複合要素又は構造から製造されるために必要なように配置され得る。

30

40

#### 【0016】

上述したように、多種多様なプリレグ複合積層材料のうちの一つが、補強された複合構造体 28 の外板要素 20 の製造のために採用され得る。複合材料の一つのカテゴリーは、オートクレーブ内プリレグ複合積層材料を含む。それは、複合積層材料の硬化のために、オートクレーブ外複合積層材料を含む複合積層材料の別のカテゴリーよりも、高い温度及び高い圧力を利用する。複数の注入された繊維とプリレグ複合積層外板要素 20 を共硬化させる図 3 のステップ 58 では、オートクレーブ内複合積層材料を使用する。別の言い方をすれば、これらの組み立てられた構成要素は、補強された複合構造体 28 と呼ば

50

れる。共硬化は、平方インチ当たり45ポンド(45 psi)から平方インチ当たり100ポンド(100 psi)までの範囲に含まれる圧力、及び華氏400度(400 °F)までの温度を利用する。補強された複合構造体28のためにオートクレーブ内プリプレグ材料を利用することにおいて、これらの、より高温高圧の硬化温度及び圧力を使用することによって、補強された複合構造体28の製造において欠陥が導入されることを避けるための注意が必要である。

#### 【0017】

補強された複合構造体28を製造するために、オートクレーブ外プリプレグ複合積層材料が使用され得る。図3で見られるように、樹脂を複数の乾燥繊維27に注入するステップ52を採用するとき、使用される樹脂に応じて、注入するステップ52は、熱を加えるステップを更に含む。注入するステップ52を採用するとき、樹脂の注入と複数の乾燥繊維27、及びプリプレグ複合積層外板要素20に対して熱が加えられる。熱を加えることは、プリプレグ複合積層外板要素20が、中間の硬化段階を経ることをもたらず。熱を加えることは、補強された複合構造体28のこれらの構成要素の温度を、華氏140度(140 °F)から華氏280度(280 °F)までの範囲に含まれる温度へ高める。中間の硬化段階に到達した後で、オートクレーブ外プリプレグ複合積層外板要素20と補強材22の複数の注入された繊維を共硬化させるステップ58が採用される。共硬化のステップ58は、外板要素20と補強材22を、華氏280度(280 °F)から華氏400度(400 °F)までの範囲に含まれる温度へ加熱し、且つ、平方インチ当たり45ポンド(45 psi)までの範囲に含まれる圧力を加えることによって、外板要素20と補強材22を最終硬化へ持っていくことを含む。オートクレーブ外プリプレグ複合材料の使用は、補強された複合構造体28に欠陥を導入する可能性が低い。

10

20

#### 【0018】

図3を参照すると、図4で見られるように、補強された複合構造体28を組み立てるための方法は、上述のように、プリプレグ複合積層外板要素20の第1の側34に沿って、複数の乾燥繊維27を配置するステップ30を含む。プリプレグ複合積層外板要素20のプリプレグ複合材料は、寸法を変えることが可能である。それは、外板要素20が、望ましい形状に従うことを可能にする。複数の乾燥繊維27は、編組(braided)、ウォーブン(woven)、単方向(unidirectional)、非捲縮(noncrimped)、及び他の既知の繊維形態のうちの一つであるように構成される。この実施例では、複数の乾燥繊維27が、編組形状で構成されている。上述のように、複数のこれらの編組乾燥繊維27は、編組されるか又はさもなければ自動化設備によって構成され、低コストのプリプレグ複合積層外板20によって提示される、平坦な、湾曲した、及び他の複雑な幾何学形状に対して確実に従うように配置される。自動化設備とマンドレルの使用は、必要に応じて、補強材22の寸法精度を高め且つ望ましくない繊維の波立ちの発生を低減させる。複数の乾燥繊維27の組成は、プリプレグ複合積層材料のための繊維組成の例に対して上述され且つ特定された、幾つかの組成物のうちの一つから製造された繊維から選択される。この実施例では、炭素繊維が乾燥繊維27に対して採用される。

30

#### 【0019】

方法のステップ30は、プリプレグ複合積層外板要素20の第1の側34に沿って複数の乾燥繊維27を配置することを含む。この実施例では、プリフォーム内の複数の編組乾燥繊維27が、航空機10の全ての関連する要素を含んで、胴体12、翼14、ノーズセクション16、及びテールセクション18などの、航空機10の部分の製造のための補強された複合構造体28の補強材22の製造において使用される。この実施例では、複数の編組乾燥繊維27が、図2で見られるように、プリプレグ複合積層外板要素20の第1の側34の全面より小さい領域に沿って配置される。複数の編組乾燥繊維27のこの配置は、外板要素20の計画的な補強のための結果としての補強材の選択的な配置を提供する。

40

#### 【0020】

複数の乾燥繊維27を配置するステップ30は、上述のように、外板要素20の第1の側34に沿って複数の乾燥繊維27を配置することを更に含む。第1の側34の形状の一

50

例は、図示せぬ平坦な表面を含む。複数の乾燥繊維 27 は、インチ毎に 10 度 (10° / インチ) 未満の、(図示せぬ) 第 1 の軸の周りでの幾らかの捻じりによって構成されることを含み得る。第 1 の軸は、概して、平坦な表面に対して平行に延在する。他の実施例では、プリプレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側 34 が、図 2 で示されるような湾曲した表面を含み得る。複数の乾燥繊維 27 は、インチ毎に 10 度 (10° / インチ) 未満の、(図示せぬ) 第 1 の軸の周りでの幾らかの捻じりによって構成されることを含み得る。第 1 の軸は、概して、湾曲した表面に対して平行に延在する。複数の乾燥繊維 27 は、(図示せぬ) 第 2 の軸の周りで四百インチ (400 インチ) 未満の曲率半径 (radius) を有する構成へ、複数の乾燥繊維 27 を形成することも含み得る。第 2 の軸は、湾曲した第 1 の側 34 の接線と垂直な方向へ延在する。ステップ 30 において補強材 22 を製造するための、複数の乾燥繊維 27 のこの配置は、外板要素 20 のための広範な第 1 の側 34 の表面形状を受け入れることを含み、第 1 の側 34 の非常に急な湾曲、緩やかな湾曲、平坦な又は直線的な表面、及び複雑な幾何学的形状の表面を含む。

10

20

30

40

50

#### 【0021】

上述のように、図 4 は、以下でより詳細に説明されるように、レイアップツール 36 を使用する、補強された複合構造体 28 の組み立ての分解概略図を描いている。図 4 を参照すると、この実施例では、補強された複合構造体 28 が、図 5 の概略分解図で示されるような、最終的に組み立てられた補強された複合構造体 28 とは対照的に、逆さまにした配置で組み立てられている。図 5 は、図 4 で示されるものとは異なる反対の配向を有する。図 5 では、図 4 で見られるように、プリプレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側 34 が、複数の乾燥繊維 27 の方向に面している。複数の乾燥繊維 27 は、注入された補強材 22 の範囲内に位置決めされることになる。第 1 の側 34 は、その上に補強材 22 が配置されるところの外板要素 20 の一方の側である。プリプレグ複合積層外板要素 20 の第 2 の反対側 40 は、航空機 10 の外側部分と面するように配置される。

#### 【0022】

前述したように、自動化設備及び必要に応じてマンドレルは、複数の乾燥繊維 27 を配置し且つ構成する。複数の乾燥繊維 27 は、この実施例で、補強された複合構造体 28 の補強材 22 を作ることに於いて、必要とされる精度でプリフォームを形成する。複数の乾燥繊維 27 のプリフォームは、上述されたように、外板要素又は構造体 20 の第 1 の側 34 の表面の様々な幾何学的形状に従い、補強材 22 内の複数の繊維の望ましくないしわ形状を避ける。さもなければ、望ましくないしわ形状は、補強材 22 の強度性能に影響を与え得る。更に、補強された複合構造体 28 を組み立てることにおいて、この実施例では、図 4 で示されているように、複数の繊維 27 が、レイアップツール 36 内のスロット 42 の中へ配置される。この実施例では、レイアップツール 36 が、内側モールドライン「IML」ツーリングであり、他の実施例では、そのようなツーリングが、補強された複合構造体 28 を組み立てることにおいて、複数の編組乾燥繊維 27 のために必要とされる幾何学的形状を提供する助けとなるために、(図示せぬ) 外側モールドライン「OML」ツーリングを含み得る。

#### 【0023】

補強された複合構造体を組み立てるための方法のステップ 44 は、図 3 及び図 4 で見られるように、複数の乾燥繊維 27 とプリプレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側との間に中間層 38 を配置することを含む。この実施例では、2 つの一般的な種類の中間層 38 構造のうち的一方が採用される。中間層 38 は、浸透性バリア構造又は不浸透性バリア構造から製造される。不浸透性中間層 38 は、接着フィルム、テクスチャ加工された (textured) フィルム、及び二重層フィルムなどの、様々な構造のうちの一つを含み得る。不浸透性中間層 38 は、乾燥繊維 27 に注入される樹脂とプリプレグ複合積層外板要素 20 との間に、ガス及び樹脂バリアを提供する。浸透性中間層 38 は、中間層 38 を通って延在する (図示せぬ) 複数の孔を画定する中間層 38 を含む。浸透性中間層 38 は、同様に、孔が開けられた接着フィルム、孔が開けられたテクスチャ加工されたフィルム、孔が開けられた二重層フィルム、及びベール (veil) などの、様々な構造のうちの一つ

を含む。

【0024】

接着フィルムは、通常シートの形態で供給され、接着フィルムの何れかの側で構成要素に化学的に接合することができ、更に、一貫した接合厚さ及び強度を提供することができる、層間接着剤である。テクスチャ加工されたフィルムは、補強材22のための注入された樹脂との機械的連結、及びプリプレグ複合積層外板要素20の樹脂との機械的連結を提供する、3次元表面を有する。二重層フィルムは、フィルムが、二重層フィルムの一方の側の注入された樹脂との高められた化学的固定、及び二重層フィルムの反対側のプリプレグ樹脂との高められた化学的固定を提供するための、化学的特異性を有する表面を提供する。ペールは、ランダムな又は特定のパターンの紡糸繊維のマットであり、一旦、隣接する層からの樹脂がそこを通過して浸透したら、プリプレグと樹脂が注入された層との間の高靱性インターフェースを提供する。中間層38のこれらの様々な実施例は、補強材22の樹脂とプリプレグ複合積層外板要素20の樹脂との間の共硬化工程における固定を最適化するために利用され得る。

10

【0025】

図4で見られるように、中間層38の第1の側46は、複数の乾燥繊維27が第1の側46と接触するように配置される。中間層38の第2の反対側48は、プリプレグ複合積層外板要素20の第1の側34と接触するように配置され、又はそこに配置される。この実施例では、複数の乾燥繊維27と外板要素20の第1の側34との間に中間層38を配置するステップ44が、図4で見られるように、樹脂バリア52内に複数の乾燥繊維27を配置するのに先立って実施される。この実施例では、中間層38を配置するステップ44が、更に、樹脂を複数の乾燥繊維27に注入して複数の注入された繊維を形成するステップ52を実施する前に実施される。一旦、樹脂が複数の乾燥繊維27に注入されると、本明細書で説明されるように、複数の注入された繊維とプリプレグ複合積層外板要素20を共硬化させるステップ58が、採用される。

20

【0026】

プリプレグ外板要素20と樹脂が注入された補強材22を共硬化させるときに、外板要素20と補強材22の樹脂の相違する化学性と粘度に関連して、相違が生じる。例えば、ベンゾキサジンプリプレグ樹脂の化学的構造を使用する難燃性の外側層を、低粘度高強度湾曲内側層エポキシ注入樹脂の化学的構造と組み合わせたときに、これが生じ得る。シア

30

【0027】

中間層38は、異なる樹脂の化学的構造を有する、注入された繊維とプリプレグ複合積層外板要素20の共硬化を促進する。例えば、二重層フィルムである不浸透性中間層38は、中間層38の一方の側の1つの樹脂の化学的構造と接合する官能基、及び中間層38の他方の側の他の樹脂の化学的構造と接合する異なる官能基を提供し得る。二重層フィルムなどの不浸透性中間層38は、例えば、補強材22を形成することと共に使用される注入樹脂の品質に影響を与えるプリプレグからのガス放出を妨げるガスバリアであるなどの更なる特性を提供する。不浸透性二重層フィルムは、樹脂バリアとしても機能し、プリプレグ樹脂が補強材22の複数の乾燥繊維27の中へ流れることを妨げる。プリプレグが注入された樹脂の中へ流れること、又は注入された樹脂がプリプレグ20樹脂の中へ流れることは、プリプレグ外板要素20の樹脂の化学的構造の崩壊、及び補強材22の注入された樹脂の化学的構造の崩壊をもたらし得る。

40

【0028】

テクスチャ加工されたフィルムなどの他の不浸透性中間層38が、採用され得る。それは、例えば、中間層38の両側に配置された樹脂の間の機械的連結を提供する3次元表面を有する。樹脂の共通な ( c o m p a t i b l e ) 又は共通でない ( n o n c o m p a t i b l e ) 官能基は、テクスチャ加工された中間層38の何れの側でも使用され得る。

50

不浸透性なので機械的連結も促進する、これらの不浸透性のテクスチャ加工された中間層 38 は、更に、樹脂バリアとしてのみならずガスバリアとしても機能する。

【0029】

Metlbond 1515 などの不浸透性接着フィルムは、中間層 38 の両側に配置された樹脂に化学的な硬化を提供する。樹脂の共通な官能基の使用は、テクスチャ加工された中間層 38 の何れかの側の材料において必要とされる。

【0030】

ベールは、紡糸繊維、例えば、不規則に輪状にされるか又は特定のパターンを生成するために製造されるかの何れかであり得る、ポリマー又はカーボンから成る。面積重量（重量/面積）は、ベール繊維密度の大きさであり、ベール浸透性に影響を与える。ベールは、プライに接合され、スタック内で中間層位置に配置される。ベールは、多機能であり、乾燥形態の炭素繊維材料を安定化させ、亀裂の成長を抑制することによって接合ラインを頑丈にし、部品がより多くのエネルギーを吸収し且つ破碎することなく変形することを可能にする。

【0031】

中間層 38 は、浸透性であるようにも構成され得る。中間層 38 は、樹脂の浸透性を制御するために、特定の孔又は細孔のサイズを有する（図示せぬ）孔又は細孔を画定する。物理的な接合は、中間層 38 の孔を貫通する樹脂によって生じる。浸透性の中間層 38 を利用することにおいて、細孔又は孔のサイズは、樹脂の粘度と併せて影響をもたらすように選択される。樹脂の粘度は、温度硬化プロファイルによって制御され、各樹脂が中間層 38 の中へ流れることを可能にするが、中間層 38 を越えて流れ続け、樹脂が共通でない場合に異種の樹脂と混ざることはいできない。

【0032】

浸透性中間層 38 の一例では、中間層 38 の各側に 1 つが分配される 2 つの種類の官能基を有する、二重層フィルムが採用され得る。一方の官能基は、プリプレグ 20 樹脂の化学的構造と接合し、他方の異なる官能基は、注入された樹脂の化学的構造と接合する。注入された樹脂とプリプレグ樹脂の各々の樹脂の化学的構造の化学的接合は、二重層フィルムの中間層 38 の両側に配置された官能基の部位で生じる。浸透性の二重層フィルムの中間層 38 の使用は、中間層 38 の一方の側の中間層 38 に注入された繊維 27 の樹脂を固定させるため、及び中間層 38 の他方の側にプリプレグの樹脂を固定させるために有用である。中間層 38 の各側の樹脂は、固定された化学的連結を形成することにおいて共通でない。別の一実施例では、テクスチャ加工された中間層 38 が、中間層 38 の他方の側に配置された樹脂との機械的連結を形成するという目的のために選択され得る。浸透性中間層 38 の他の実施例は、所定の面積重量のポリアミドベールの孔が開けられた接着フィルムを含む。

【0033】

注入された繊維とプリプレグ 20 からの 2 つの異なる樹脂の機能的な化学的構造が結合されるように、それらが共通になるという事態が生じる。浸透性中間層 38 の使用は、2 つの樹脂が化学的に接合し、互いに固定され、樹脂が浸透性中間層 38 の孔を通して互いにアクセスするように、採用され得る。例えば、高度に曲線を付けて作られた樹脂の注入された補強材 22 を有する、高衝撃靱性外側外板プリプレグ要素 20 の製造において、そのようなことが生じ得る。頑丈な樹脂の構築は、通常、樹脂注入工程に対して不適切な高粘度を有する。高度に曲線を付けて作られる幾何学的形状は、引き続き樹脂が注入される乾燥繊維のプリフォームを使用して、より容易に製造される。一例は、アミン硬化エポキシ注入樹脂と結合されたアミン硬化エポキシプリプレグ材料であろう。

【0034】

不浸透性中間層 38 は、2 つの異なる樹脂が特に共通でない場合に選択され得る。不浸透性中間層 38 は、ガス及び樹脂バリアとして作用し、二重層フィルムの中間層 38 の使用において、中間層 38 の何れかの側に配置された同じ官能基の樹脂に接合され得る。更に、不浸透性のテクスチャ加工された中間層 38 の実装を伴って、不浸透性中間層 38 が

10

20

30

40

50

、共通でない樹脂との機械的連結を促進するように選択され得る。両方の樹脂の化学的構造と接合し且つ不浸透性バリアを提供して樹脂を分離させたままにする、不浸透性の接着フィルムの中間層 38 も、同様に採用され得る。

【0035】

代替的に、二重層フィルム、接着フィルム、テクスチャ加工されたフィルム、又はペールなどの、浸透性中間層 38 は、中間層 38 の両側に配置された樹脂が、類似の官能基の化学的構造と共通し、中間層 38 の孔を通して係合することを許容される場合に、採用され得る。更に、浸透性中間層 38 は、樹脂が異なる官能基の化学的構造と特に共通しないが、中間層 38 の両側に配置された樹脂が混ざること許容しない制御された状況下で使用される場合に、採用され得る。

10

【0036】

複数の乾燥繊維 27 の注入によって、共硬化工程の間に、中間層 38 の第 1 の側 46 は、以前に複数の編組乾燥繊維 27 であった注入された繊維に固定される。更に、共硬化工程の間に、中間層 38 の第 2 の反対側 48 は、プリプレグ複合積層外板要素 20 の第 1 の側 34 に固定される。中間層 38 は、プリプレグ外板 20 と複合補強材 22 という 2 つの要素の間のロバストな機械的接合を提供することにおいて役に立つ。それらは、共通な樹脂システム又は異なる樹脂システムを含み得る。異なる樹脂システムは、化学的接合を提供し得るか、又はさもなければ学的接合を提供しない場合もある。

【0037】

前述したように、補強された複合構造体 28 を組み立てるための方法は、樹脂バリア 52 内に複数の編組乾燥繊維 27 を配置することを更に含む。この実施例では、樹脂バリア 52 が、真空バギングフィルムなどの消耗品を含み得る。この実施例では、当て板 56 も樹脂バリア 52 内に配置される。バギングフィルムの内側に真空が適用され、その中身及び補強材 22 を製造するためのエポキシ又は他の適切な注入できる樹脂などの注入樹脂は、樹脂バリア又はバギングフィルム 52 の中へ引かれ、樹脂を複数の乾燥繊維 27 に注入するステップ 52 を実行する。結果として、図 4 で見られ得るように、中間層 38 と接触するように配置された、注入された複合補強材 22 が形成される。

20

【0038】

複数の注入された繊維を用いて注入された補強材 22 が形成され、複数の注入された繊維 27 とプリプレグ複合積層外板要素 20 を共硬化させるステップ 58 が実行され、それによって、複合補強材 22 の注入された繊維が、それらの間に配置された中間層 38 を伴って、プリプレグ複合積層外板要素 20 に連結される。注入された複合補強材 22 とプリプレグ複合積層外板要素 20 を共硬化させるステップ 58 は、本実施例において、以前に詳細に説明されたように、オートクレーブ内プリプレグ複合積層外板要素 20 を硬化させるため、且つ、オートクレーブ外プリプレグ複合積層外板要素 20 を硬化させるために、注入された複合補強材 22 とプリプレグ複合積層外板要素 20 に熱を加え、圧力を加える。上述された熱と圧力のパラメータは、補強材 22 と外板要素 20 を共硬化させることにおいて使用される。

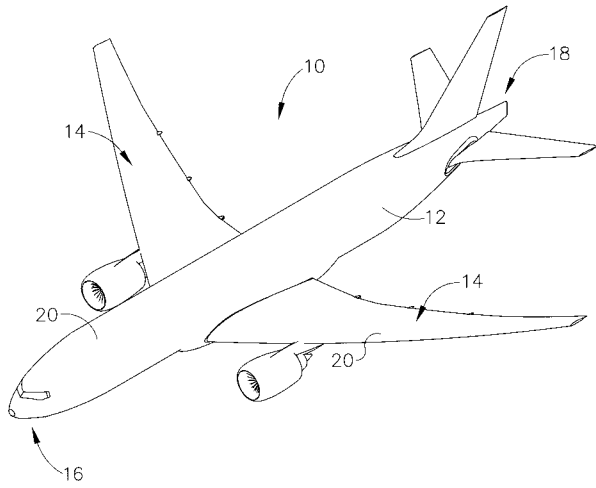
30

【0039】

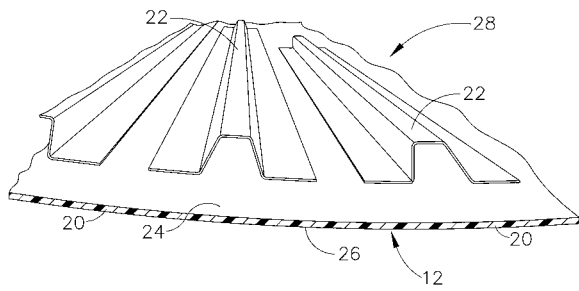
様々な実施形態が上述されてきた一方で、本開示がそれらに限定されることは企図されない。更に、添付の特許請求の範囲内に含まれる、本開示の実施形態に対する変形例が作られ得る。

40

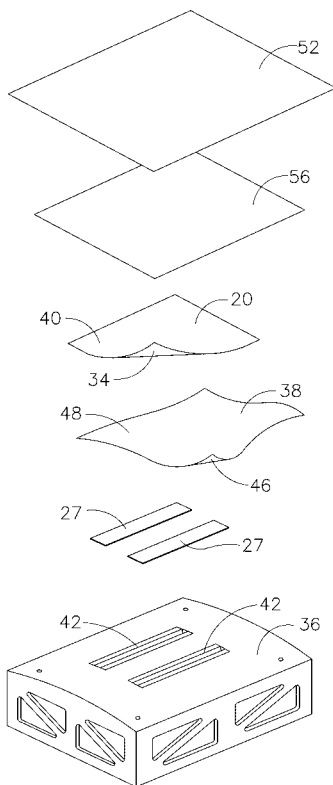
【 図 1 】



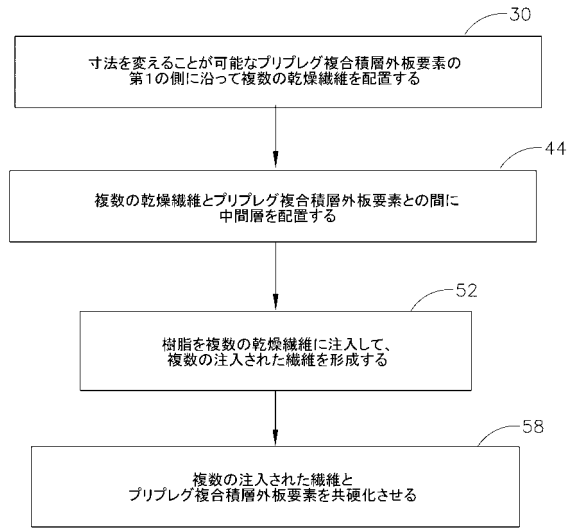
【 図 2 】



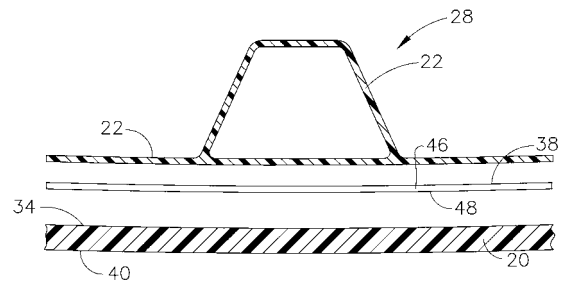
【 図 4 】



【 図 3 】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
B 2 9 K 101/10	(2006.01)	B 2 9 K	101:10	
B 2 9 K 105/08	(2006.01)	B 2 9 K	105:08	
(72)発明者	グリーン, アンドリュー ケネス			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
(72)発明者	ロケット, ピーター ジェイ.			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
(72)発明者	オズボーン, マックス マーリー			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
(72)発明者	ブーク, ディヴィッド アンドリュー			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
(72)発明者	リゲティ, ロニー カロル			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
(72)発明者	ムーア, サミュエル ジェームズ			
	アメリカ合衆国 イリノイ 6 0 6 0 6 , シカゴ, ノース リバーサイド プラザ			1 0 0
Fターム(参考)	4F100 AT00C BA03 DG01B DG12B DG13B EH01A EJ17 EJ42 GB31 JD01C			
	4F204 AA36 AC05 AD16 AG03 AH31 AR07 EA03 EB01 EB11 EF05			
	EK10 EK13 EK17			
	4F205 AA36 AC05 AD16 AG03 AH31 AR07 HA06 HA08 HA25 HA33			
	HA37 HA46 HB01 HC02 HC14 HC16 HC17 HF05 HK03 HK04			
	HK05 HL15 HT13 HT26			

【外国語明細書】

2017226206000001.pdf

2017226206000002.pdf

2017226206000003.pdf

2017226206000004.pdf