

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6616089号
(P6616089)

(45) 発行日 令和1年12月4日(2019.12.4)

(24) 登録日 令和1年11月15日(2019.11.15)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 9 B 11/16 (2006.01)	B 2 9 B 11/16
B 3 2 B 3/02 (2006.01)	B 3 2 B 3/02
B 3 2 B 5/28 (2006.01)	B 3 2 B 5/28 A

請求項の数 12 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-63759 (P2015-63759)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成27年3月26日 (2015.3.26)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-199347 (P2015-199347A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成27年11月12日 (2015.11.12)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	平成30年3月20日 (2018.3.20)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	14/244,690	(74) 代理人	100086380
(32) 優先日	平成26年4月3日 (2014.4.3)		弁理士 吉田 稔
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100103078
			弁理士 田中 達也
		(74) 代理人	100130650
			弁理士 鈴木 泰光
		(74) 代理人	100135389
			弁理士 臼井 尚

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合構造体用のアール状フィラー、アール状フィラーを含む複合構造体、及び、これを形成するためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合構造体 (30) 用のアール状フィラー (390) を形成する方法 (400) であって、前記複合構造体 (30) は、複合材料 (31) の複数の層を含み、前記複数の層は、移行領域 (40) 内で収束することによって長状空所領域 (38) を規定しており、前記アール状フィラー (390) は、前記長状空所領域 (38) 内で延びるように構成されており、当該方法 (400) は、

前記長状空所領域 (38) の横断面形状を特定することと、

前記移行領域 (40) の材料特性勾配を特定することと、

前記アール状フィラー (390) を形成すること、とを含み、

前記移行領域の材料特性勾配とは、移行領域 (40) 及び / 又はアール状フィラー 390 内の方向に関連した、少なくとも 1 つの材料特性の変化を、それぞれ任意の適当な態様で数学的に表したものを含み、

前記形成することは、

複数本の複合テープ (160) を結合するにあたり、前記複数本の複合テープ (160) のそれぞれは、複数本の強化用繊維 (90)、及び樹脂材料 (92) を含み、前記複数本の複合テープ (160) のそれぞれは、繊維軸方向 (162) を規定しているものを用いて、前記長状空所領域 (38) の前記横断面形状に一致するアール部充填物 (390) の横断面形状を規定することと；

前記複数本の複合テープ (160) のそれぞれの前記複数本の強化用繊維 (90) を、

10

20

少なくとも部分的に、前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配に基づいて配向することと；を含む、方法。

【請求項２】

前記長状空所領域（３８）の前記横断面形状を特定することは、前記複合構造体（３０）をモデル化すること、及び、前記長状空所領域（３８）の所望の横断面形状を特定すること、の少なくとも一方を含む、請求項１に記載の方法（４００）。

【請求項３】

前記配向することは、前記アール状フィラー（３９０）の材料特性勾配が、前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配に一致するように配向することを含む、請求項１に記載の方法（４００）。

10

【請求項４】

前記配向することは、前記アール状フィラー（３９０）の材料特性勾配が、前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配に対して、前記移行領域（４０）と前記アール状フィラー（３９０）との界面（７０）において、前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配の２０％以内で一致するように、配向することを含む、請求項１に記載の方法（４００）。

【請求項５】

前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配を特定することは、前記移行領域（４０）の２次元材料特性勾配を特定すること、及び、前記移行領域（４０）の３次元材料特性勾配を特定すること、の少なくとも一方を含む、請求項１に記載の方法（４００）。

【請求項６】

前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配は、前記移行領域（４０）の剛性勾配、前記移行領域（４０）の熱膨張係数勾配、及び、前記移行領域（４０）の応力勾配（８０）のうちの１つ又は複数を含む、請求項１に記載の方法（４００）。

20

【請求項７】

前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配を特定することは、前記移行領域（４０）内の主要応力領域（８０）を特定すること、及び、前記主要応力領域（８０）内の主要応力方向（８２）を特定すること、を含み、さらに、前記配向することは、前記複数本の複合テープ（１６０）の少なくとも１つが、前記主要応力領域（８０）内に位置する前記アール状フィラー（３９０）の一部内で延び、且つ、前記主要応力方向（８２）に少なくとも実質的に平行な繊維軸方向（１６２）を規定するように、配向することを含む、請求項１に記載の方法（４００）。

30

【請求項８】

前記方法（４００）は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープ（１６０）のそれぞれにおける前記繊維軸方向（８２）を、少なくとも部分的に、前記長状空所領域（３８）の前記横断面形状及び前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配の少なくとも１つに基づいて決定すること、をさらに含む、請求項１に記載の方法（４００）。

【請求項９】

前記方法（４００）は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープ（１６０）のそれぞれの、前記アール状フィラー（３９０）内における相対位置を、少なくとも部分的に、前記長状空所領域（３８）の前記横断面形状及び前記移行領域（４０）の前記材料特性勾配の少なくとも１つに基づいて確定すること、をさらに含む、請求項１に記載の方法（４００）。

40

【請求項１０】

前記結合することは、前記アール状フィラー（３９０）の外面を規定する前記複数本の複合テープ（１６０）のそれぞれが、前記アール状フィラー（３９０）の長軸（３９２）に平行な繊維軸方向（１６２）を規定するように結合することを含む、請求項１に記載の方法（４００）。

【請求項１１】

前記結合することは、

（ｉ）前記複数本の複合テープ（１６０）を、成形型（３０６）の第１面（３３２）の

50

複数の第1開口(336)に挿入することと、

(ii)前記複数本の複合テープ(160)を前記成型型(306)内で互いに圧接することによりアール状フィラー(390)を形成することと、

(iii)前記成型型(306)の第2面(334)の第2開口(338)から前記アール状フィラー(390)を引き抜くこと、とを含み、前記挿入すること、前記圧接すること、及び、前記引き抜くことは、同時に行われる、請求項1に記載の方法(400)。

【請求項12】

前記複合構造体(30)内にアール状フィラー(390)を配置することをさらに含む、請求項1に記載の方法(400)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、複合構造体内の空所を塞ぐために用いられるアール状フィラーに関し、より具体的には、材料特性が周囲の複合構造体の材料特性に一致するアール状フィラー、及び/又は、これを形成するためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

複合構造体は、積層構造を含むことが多く、このような積層構造内には、予備含浸(又はプリプレグ)材料などの複合材料のシートが、第1平面又は表面と、第2平面又は表面との間に、折り曲げたり巻いたりすることによって、及び/又は、他の方法で、配置されている。複合材料シートの厚み及び/又は機械的剛性には制約があるため、第1表面と第2表面との間の移行領域では、制約された範囲の屈曲又は曲率半径となり、形状によっては、このように制約された範囲の曲率半径に起因して、複合材料の隣接するシート間に空所領域(void space)又はキャビティー(cavity)が形成される。

【0003】

このような空所領域は、アール状フィラーなどの充填材料によって、充填又は他の方法で埋めることができる。アール状フィラーは、それに近接する複合材料シートを機械的に支持する構成、及び/又は、複合構造体の硬化中に複合材料のシートが歪む可能性を低減する構成とすることができる。アール状フィラーの存在によって、複合構造体に様々な利点をもたらされる一方で、アール状フィラーの配置(geometry)、断面形状、及び/又は、材料特性と、空所領域を規定している複合材料の配置、断面形状、及び/又は、材料特性との違いが原因で、複合構造体の形成及び/又は硬化中に、複合構造体及び/又はアール状フィラーが歪むおそれがある。従って、アール状フィラーの形状を、空所領域の形状又は所望の形状に厳密に一致させることが望ましいであろう。さらに、アール状フィラーの材料特性を、複合材料のシートの材料特性、及び/又は、これによって形成される複合構造体の材料特性に一致させることも、望ましいであろう。

【0004】

従来のアール状フィラーは、一本の複合材料を、複数箇所折り目をつけてアコーディオン状にした後に、所望の最終形状に成形しているものが多い。あるいは、アール状フィラーの中には、複数本の複合材料を上下に積み重ねることによって、複合材料の複数の平行な平面を形成しているものもある。これらのアプローチのいずれも、アール状フィラーの形状及び/又は材料特性を厳密に調整することはできず、形状及び/又は材料特性を周囲の積層材に一致させることもできない。従って、複合構造体用の改良されたアール状フィラー、ならびに、アール状フィラーを製造するための改良されたシステム及び方法が必要とされている。

【発明の概要】

【0005】

複合構造体用のアール状フィラー、アール状フィラーを含む複合構造体、ならびにこれを形成する方法が、本明細書に開示されている。当該方法は、複合材料の複数の層によって規定された移行領域内で延びる長状空所領域の横断面形状を特定することと、移行領域

10

20

30

40

50

の材料特性フィールドを特定すること、とを含む。当該方法は、複数本の複合テープを結合することによって、長状空所領域の横断面形状に一致するアール状フィラー横断面形状を規定し、これによりアール状フィラーを形成することと、複数本の複合テープのそれぞれの複数本の強化用繊維を、少なくとも部分的に、移行領域の材料特性フィールドに基づいて配向すること、とをさらに含む。

【0006】

いくつかの実施形態において、長状空所領域の横断面形状を特定することは、複合構造体をモデル化すること、及び／又は、長状空所領域の所望の横断面形状を特定することを含む。いくつかの実施形態において、移行領域の材料特性フィールドを特定することは、複合構造体の少なくとも一部をモデル化することを含む。

10

【0007】

いくつかの実施形態において、前記配向することは、アール状フィラーの材料特性フィールドが、移行領域の材料特性フィールドに一致するように配向することを含む。いくつかの実施形態において、前記配向することは、アール状フィラーの材料特性フィールドが、材料特性フィールド差の閾値範囲内で、移行領域の材料特性フィールドに一致するように配向することを含む。

【0008】

いくつかの実施形態において、移行領域の材料特性フィールドを特定することは、移行領域の2次元及び／又は3次元材料特性フィールドを特定することを含む。いくつかの実施形態において、移行領域の材料特性フィールドは、移行領域の剛性フィールド、移行領域の熱膨張係数フィールド、及び／又は、移行領域の応力フィールドを含む。

20

【0009】

いくつかの実施形態において、移行領域の材料特性フィールドを特定することは、移行領域内の主要応力領域を特定すること、及び／又は、主要応力領域内の主要応力方向を特定すること、を含む。いくつかの実施形態において、前記配向することは、複数本の複合テープのうちの少なくとも1つが、主要応力領域内に位置するアール状フィラーの一部内で延びる、及び／又は、主要応力方向に少なくとも実質的に平行に延びる繊維軸方向を規定するように、配向することを含む。

【0010】

いくつかの実施形態において、当該方法は、複数本の複合テープのそれぞれにおける繊維軸方向を、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて決定すること、をさらに含む。いくつかの実施形態において、当該方法は、複数本の複合テープのそれぞれの、アール状フィラー内における相対位置を、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて確定すること、をさらに含む。

30

【0011】

いくつかの実施形態において、前記結合することは、アール状フィラーの外面を規定する各複合テープの繊維軸方向が、アール状フィラーの長軸に平行な方向に配向されるように結合することを含む。いくつかの実施形態において、前記結合することは、複数本の複合テープを、成型型の複数の第1開口に挿入することと、複数本の複合テープを成型型内で互いに圧接することによりアール状フィラーを形成することと、成型型の第2開口からアール状フィラーを引き抜くこと、とを含む。いくつかの実施形態において、当該方法は、アール状フィラーを複合構造体内に配置することをさらに含む。

40

【0012】

アール状フィラーは、選択的に配向された強化用繊維を有するアール状フィラーを含む。アール状フィラーは、複数本の複合テープを含んでおり、複数本の複合テープのそれぞれは、複数本の強化用繊維を含む。複数本の複合テープのそれぞれにおける複数本の強化用繊維は、移行領域の材料特性フィールドに基づいて選択された繊維軸方向を規定している。

【0013】

50

いくつかの実施形態において、アール状フィラーの材料特性フィールドは、移行領域の材料特性フィールドに一致している。いくつかの実施形態において、アール状フィラーの材料特性フィールドは、材料特性フィールド差の閾値範囲内で、移行領域の材料特性フィールドに一致している。

【 0 0 1 4 】

複合構造体は、移行領域内で収束することによって長状空所領域を規定している複合材料の複数の層と、アール状フィラーとを含む。いくつかの実施形態において、複合構造体は、航空機及び／又は航空機の一部を含む。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本開示によるアール状フィラーを利用しうる 1 つ又は複数の複合構造体を含む航空機の例示的且つ非排他的な例を示す概略図である。

【図 2】本開示による複合構造体の例示的且つ非排他的な例を示す概略図である。

【図 3】本開示によるアール状フィラーを含みうる及び／又は利用しうる複合構造体の移行領域を示す概略断面図である。

【図 4】本開示によるシステム及び方法で利用されうる 1 本の複合テープの概略上面図である。

【図 5】本開示によるシステム及び方法で利用されうる 1 本の複合テープの別の概略上面図である。

【図 6】本開示によるシステム及び方法で利用されうる 1 本の複合テープの別の概略上面図である。

【図 7】本開示によるアール状フィラーの断面図である。

【図 8】本開示によるアール状フィラーを形成するためのシステム、及び／又は、成型型内で結合されて本開示によるアール状フィラーを形成する複合テープの繊維軸方向、を示す概略図である。

【図 9】本開示による成型型の概略図である。

【図 10】図 9 の成型型の別の概略図である。

【図 11】図 9 の成型型の別の概略図である。

【図 12】本開示によるアール状フィラーを形成する方法を示すフローチャートである。

【 0 0 1 6 】

図 1 ～図 12 は、アール状フィラー 390、アール状フィラー 390 を含む複合構造体 30、及び／又は、アール状フィラーを製造するためのシステム 100 及び方法 400、の例を示している。同様の目的、又は少なくとも実質的に同様の目的を果たす要素には、図 1 ～図 12 のそれぞれにおいて同様の符号を付しており、これらの要素については、本明細書において、図 1 ～図 12 のそれぞれを参照して詳しく説明しない場合もある。同様に、図 1 ～図 12 のそれぞれにおいて、すべての要素に符号を付しているわけではないが、これらの要素に関連付けられた参照符号を、一貫性を保つために明細書中で用いる場合もありうる。図 1 ～図 12 のうちの 1 つ又は複数を参照して説明した要素、コンポーネント、及び／又は、特徴は、本開示の範囲を逸脱することなく、図 1 ～図 12 のいずれかに含めること、及び／又は、図 1 ～図 12 のいずれかに利用すること、が可能である。

【 0 0 1 7 】

概して、ある実施形態（すなわち、ある特定の実施形態）に含まれる可能性が高い要素は、実線で示しており、ある実施形態において任意である要素は、破線で示している。ただし、実線で示した要素がすべての実施形態において必須であるというわけではなく、本開示の範囲を逸脱することなく、実線で示した要素を特定の実施形態から省くことも可能である。

【 0 0 1 8 】

図 1 は、1 つ又は複数の複合構造体 30 を含みうる航空機 20 の、例示的且つ非排他的な一例を示す概略図である。複合構造体 30 は、本開示によるアール状フィラー 390 を含む、及び／又は、利用する。複合構造体 30 は、航空機 20 の任意の適当な部分を形成

10

20

30

40

50

している。例示的且つ非排他的な例として、複合構造体 30 は、航空機 20 のコックピット 21、胴体 22、主翼 23、尾翼 24、垂直安定板 25、水平安定板 26、操縦面 27、及び / 又は内装 28 における、任意の適当な部分を形成する。

【0019】

同様に、複合構造体 30 は、任意の適当な形状を有することができ、その例示的且つ非排他的な例を、図 2 に示している。図 2 の複合構造体は、外板 32 及び複数のウェブ 34 を含み、これらはそれぞれ、複合材料 31 の 1 つ又は複数のシート、層、及び / 又は積層材 48 によって形成されている。複合構造体 30 は、単一の外板 32 を含み、当該外板は、ウェブ 34 によって形成された複数のハット補強材 (hat stiffeners) 36 を備えている。これに代えて、図 2 に破線で示したように、複合構造体 30 は、2 つの外板 32 を含み、ウェブ 34 がこれらの外板の間に延びている構成であってもよい。

10

【0020】

複合構造体 30 の具体的な構造にかかわらず、外板 32 及び / 又はウェブ 34 は、空所 38 を規定しており、このような空所を、本明細書においては、長状空所 38、空所領域 38、及び / 又は、長状空所領域 38 という場合もある。空所 38 は、外板 32 とウェブ 34 との間の移行領域 40 内に、及び / 又は、複合構造体 30 の第 1 平面又は表面 42 と、第 2 平面又は表面 44 との間の任意の適当な移行領域 40 内に、規定される。空所 38 は、その内部を延びるアール状フィラー 390 によって、充填又は他の方法で、埋めることができる。アール状フィラー 390 の形状及び / 又は 1 つ又は複数の材料特性は、複合構造体 30 の形状及び / 又は 1 つ又は複数の材料特性に影響を与えうる。

20

【0021】

図 3 は、本開示によるアール状フィラー 390 を含む、及び / 又は利用する複合構造体 30 の移行領域 40 の概略断面図である。図 3 に示すように、移行領域 40 は、複合材料 31 の第 1 層 50、複合材料 31 の第 2 層 52、及び、複合材料 31 の第 3 層 54 によって規定されている。ただし、他の移行領域 40 も本開示の範囲内であり、他の移行領域は、複合材料 31 の 3 つよりも少ない層によって規定された移行領域 40、複合材料 31 の 3 つよりも多い層によって規定された移行領域、及び / 又は、複合材料 31 の複数の積層された及び / 又は重ねられた層によって規定された移行領域、を含む。

【0022】

図 3 に示した例示的且つ非排他的例においては、第 1 層 50 と第 2 層 52 とは、移行領域 40 内で収束することによって、これらの層の間に第 1 接触領域 56 を規定している。同様に、第 2 層 52 と第 3 層 54 とは、移行領域 40 内で収束することによって、これらの層の間に第 2 接触領域 58 を規定している。さらに、第 3 層 54 と第 1 層 50 とは、移行領域 40 内で収束することによって、これらの層の間に第 3 接触領域 60 を規定している。図示のように、第 1 接触領域 56、第 2 接触領域 58、及び第 3 接触領域 60 は、移行領域 40 内に規定された空所領域 38 内において、及び / 又は、当該空所内に、終結している。

30

【0023】

破線で示したように、アール状フィラー 390 は、空所領域 38 内で延び、空所 38 を実質的に及び / 又は完全に埋め、第 1 層 50、第 2 層 52 及び / 又は第 3 層 54 に接触し、第 1 層 50、第 2 層 52 及び / 又は第 3 層 54 に接着及び / 又は機能的に固定され、及び / 又は、第 1 層 50、第 2 層 52、及び / 又は第 3 層 54 との界面 70 を形成している。空所領域 38 及び / 又はアール状フィラー 390 は、任意の適当な横断面形状を有する、及び / 又は、規定しており、その例示的且つ非排他的な例は、三角形の横断面形状、くさび型の横断面形状、及び / 又は、底辺と複数の収束するように傾斜する側辺とを規定する横断面形状、を含む。

40

【0024】

第 1 層 50、第 2 層 52、及び、第 3 層 54 を、本明細書では、まとめて複合材料 31 の層 48 といい、これらは、移行領域 40 の 1 つ又は複数の材料特性を有するか、又は規定している。これらの材料特性は、複合構造体 30 及び / 又は移行領域 40 の全体形状及

50

び／又は配置、及び／又は、移行領域 40 を規定している複合構造体 30 及び／又は層 48 の構成材料、によって影響され、及び／又は、これらに基づいて決まる。層 48 は、複合材料 31 によって形成されており、当該複合材料は、樹脂材料 92 によってコーティングされ、及び／又は、包まれ、及び／又は、被覆された、複数の強化用繊維 90 を含んでいる。このような状況下で、移行領域 40 の材料特性は、層 48 内における樹脂材料 92 に対する強化用繊維 90 の相対的な割合、強化用繊維 90 の組成、樹脂材料 92 の組成、強化用繊維 90 の材料特性、及び／又は、樹脂材料 92 の材料特性、及び／又は、層 48 内における強化用繊維 90 の相対的配向(orientation)、によっても、影響され、及び／又はこれらに基づいて決まる。

【0025】

10

一般的に、複合構造体 30 及び／又はその移行領域 40 の材料特性は、均一でなく、等方性でなく、異方性であり、及び／又は、複合構造体 30 及び／又はその移行領域 40 内の位置及び／又は方向によって異なる場合がある。例示的且つ非排他的な例として、移行領域 40 の材料特性は、上述した層 48 の様々な特性のため、X 方向、Y 方向、及び、Z 方向において異なる。

【0026】

移行領域 40 内の方向によるこのような材料特性の変化は、移行領域 40 のための材料特性フィールド(material property field)によって、説明し、及び／又は定量化し、及び／又は表現することができ、任意の適当な方法で特定し、及び／又は、測定することができる。例示的且つ非排他的な例として、移行領域 40 を、形成及び／又は作製し、その材料特性を測定することによって、移行領域 40 用の材料特性フィールドを特定することができる。別の例示的且つ非排他的な例として、任意の適当な数学的モデル化及び／又は有限要素解析(finite element analysis)などによって、移行領域 40 をモデル化することによって、移行領域 40 用の材料特性フィールドを確定し、推定し、及び／又は、特定することもできる。

20

【0027】

より詳しく説明すると、アール状フィラー 390 は、複数本の複合テープ 160 を含み、及び／又は、これら複数本の複合テープによって形成されており、及び／又は、複数本の複合テープによってもっぱら形成されている。複数本の複合テープ 160 は、アール状フィラー 390 内で、互いに対面接触しており、及び／又は、互いに直接的に対面接触しており、及び／又は、互いに密着しており、及び／又は、互いに圧接している。複数本の複合テープ 160 のそれぞれは、複数本の強化用繊維 90 と、樹脂材料 92 とを含む。より詳しく説明すると、各複合テープ 160 内の複数本の強化用繊維 90 は、概して、繊維配向方向に配置されており、本明細書では、このような繊維配向方向のことを、繊維軸方向及び／又は繊維軸ともいう。本開示によるアール状フィラー 390 においては、複合テープ同士の相対的な配向、及び／又は、各複合テープの繊維軸方向は、移行領域 40 用の材料特性フィールドに基づいて選択される。

30

【0028】

複数本の複合テープ 160 は、任意の適当な本数の複合テープ 160 を含む。例示的且つ非排他的な例として、複数本の複合テープ 160 は、少なくとも 2 本、少なくとも 4 本、少なくとも 6 本、少なくとも 8 本、少なくとも 10 本、少なくとも 15 本、少なくとも 20 本、少なくとも 30 本、少なくとも 40 本、少なくとも 50 本、少なくとも 60 本、又は少なくとも 80 本の複合テープ 160 を含む。複合テープ 160 の本数を、アール状フィラー 390 の長さに沿って変化させることによって、例えば、空所領域 38 の横断面積の変化に対応することは、本開示の範囲内である。

40

【0029】

アール状フィラー 390 内の複数本の複合テープ 160 は、複数本の複合テープ 160 が互いに同一平面内には位置していない状態となるように配置されている。これに加え、あるいはこれに代えて、複数本の複合テープ 160 は、複数本の複合テープの少なくとも 1 本が、別の複合テープと物理的に直接接触しているが、当該別の複合テープと同一平面

50

内には位置していない状態となるように、複数の複合テープ 160 を配置してもよい。

【0030】

より具体的に、例示的且つ非排他的な例として、第1の複合テープ 160 は、第2の（又は、複数本のうちの残り）の複合テープに対して、傾斜角をなすように配置される。これに加え、あるいはこれに代えて、第3の複合テープを、第1及び第2の複合テープに対して、傾斜角をなすように配置してもよい。傾斜角の例示的且つ非排他的な例は、少なくとも5度、少なくとも10度、少なくとも15度、少なくとも20度、少なくとも25度、少なくとも30度、少なくとも35度、少なくとも40度、又は、少なくとも45度を含む。これに加え、あるいはこれに代えて、傾斜角は、90度未満、85度未満、80度未満、75度未満、70度未満、65度未満、60度未満、55度未満、50度未満、又は、40度未満であってもよい。傾斜角は、アール状フィラー 390 の横断面内において（すなわち、X-Y平面内において）測定することができる。

10

【0031】

アール状フィラー 390 を、複数本の複合テープ 160 のみによって形成することは、本開示の範囲内である。例示的且つ非排他的な例として、アール状フィラー 390 は、複数本の複合テープの間に介在する、及び／又は、それらを隔離する別体の樹脂材料及び／又は熱可塑性樹脂を含まなくてもよい。

【0032】

より詳しく説明すると、複数本の複合テープ 160 は、アール状フィラー 390 の材料特性フィールドが移行領域 40 の材料特性フィールドに一致するように、相対配置されている。これは、アール状フィラー 390 の材料特性フィールドが移行領域 40 の材料特性フィールドに一致するような傾斜角を規定するように、複数本の複合テープを配置すること、及び／又は、アール状フィラー 390 の材料特性フィールドが移行領域 40 の材料特性フィールドに一致するような繊維軸を複合テープが規定するように、複数本の複合テープを選択すること、を含む。

20

【0033】

アール状フィラー 390 の材料特性フィールドが、任意の適当な方法で、移行領域 40 の材料特性フィールドに一致することは、本開示の範囲内である。例示的且つ非排他的な例として、移行領域 40（又はその層 48）とアール状フィラー 390 との界面 70 において、材料特性フィールド差が所定の閾値の範囲内となるように、アール状フィラー 390 の材料特性フィールドが移行領域 40 の材料特性フィールドに一致する。例示的且つ非排他的な例として、この材料特性フィールド差の閾値は、界面 70 において、移行領域の材料特性フィールドの50%未満、40%未満、30%未満、20%未満、15%未満、10%未満、5%未満、2.5%未満、又は、1%未満である。

30

【0034】

本明細書において、「移行領域 40 の材料特性フィールド」、「移行領域の材料特性フィールド」、「アール状フィラー 390 の材料特性フィールド」及び／又は「アール状フィラーの材料特性フィールド」とは、移行領域 40 及び／又はアール状フィラー 390 内の位置及び／又は方向に関連した、1つ又は複数の材料特性の大きさ、配向、及び／又は、変化を、それぞれ任意の適当な態様で数学的に表したもののことをいう。（移行領域 40 及び／又はアール状フィラー 390 の）材料特性フィールドが、一方向（例えば、X方向、Y方向、又は、これは必要ではないがZ方向）における、（移行領域 40 及び／又はアール状フィラー 390 の）1つ又は複数の材料特性を表す1次元材料特性フィールドであることは、本開示の範囲内である。これに加え、あるいはこれに代えて、材料特性フィールドは、2方向、3方向、又は3方向より多い方向における、1つ又は複数の材料特性を表す多次元材料特性であってもよい。例示的且つ非排他的な例として、材料特性フィールドは、空所領域 38 に沿って延びる第1方向（すなわちZ方向）における第1フィールド値、第1方向に垂直な第2方向（すなわち、X方向及びY方向のうち的一方）における第2フィールド値、及び、第1方向及び第2方向に垂直な第3方向（すなわち、X方向及びY方向のうちの他方）における第3フィールド値、を有する。また、材料特性フィール

40

50

ドは、移行領域 4 0 及び / 又はアール状フィラー 3 9 0 内における複数の異なる位置における 1 つ又は複数の材料特性を表すものであってもよい。

【 0 0 3 5 】

アール状フィラー 3 9 0 の材料特性フィールドが、任意の適当な方向において、移行領域 4 0 の材料特性フィールドと一致することは、本開示の範囲内であり、任意の適当な方向とは、第 1 方向及び第 2 方向によって規定される平面、第 2 方向及び第 3 方向によって規定される平面、及び / 又は、第 1 方向及び第 3 方向によって規定される平面内における、第 1 方向、第 2 方向、第 3 方向を含む。これに加え、あるいはこれに代えて、アール状フィラー 3 9 0 の材料特性フィールドは、界面 7 0 内の移行領域 4 0 及び / 又は界面領域 7 0 内の複数の異なる位置における材料特性フィールドに一致してもよい。

10

【 0 0 3 6 】

本明細書においては、材料特性フィールドを、材料特性テンソル(material property tensors)、スカラー材料特性フィールド(scalar material property fields)、ベクトル材料特性フィールド(vector material property fields)、材料特性分布(material property distributions)、及び / 又は材料特性勾配(material property gradients)と呼ぶ場合もありうる。

【 0 0 3 7 】

移行領域 4 0 の任意の適当な材料特性フィールドを決定することは、本開示の範囲内である。次に、決定した移行領域 4 0 の材料特性フィールドを利用して、移行領域 4 0 がアール状フィラー 3 9 0 に及ぼす 1 つ又は複数の力を、確定、推定、定量化、及び / 又は特定し、これによって、アール状フィラー 3 9 0 における、各複合テープ 1 6 0 内の繊維軸方向を確定及び / 又は選択 (例えば、複数本の複合テープ間の傾斜角を選択)、アール状フィラー 3 9 0 の複数本の複合テープ 1 6 0 間の相対的な配向を確定及び / 又は選択、及び / 又は、アール状フィラー 3 9 0 の所望の材料特性フィールドを確定及び / 又は選択する。移行領域 4 0 の材料特性フィールドの例示的且つ非排他的な例は、移行領域 4 0 の剛性フィールド、移行領域 4 0 の熱膨張係数フィールド、移行領域 4 0 の応力フィールド、移行領域 4 0 の歪みフィールド、及び / 又は、移行領域 4 0 の樹脂収縮フィールド、を含む。アール状フィラー 3 9 0 の材料特性フィールドの例示的且つ非排他的な例は、アール状フィラー 3 9 0 の剛性フィールド、アール状フィラー 3 9 0 の熱膨張係数フィールド、アール状フィラー 3 9 0 の応力フィールド、アール状フィラー 3 9 0 の歪みフィールド、及び / 又は、アール状フィラー 3 9 0 の樹脂収縮フィールド、を含む。

20

30

【 0 0 3 8 】

移行領域 4 0 の剛性フィールドは、任意の適当な位置、任意の適当な方向、及び / 又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、移行領域 4 0 の任意の適当な剛性を示す。剛性は、任意の適当なパラメータによって定量化することができ、その例示的且つ非排他的な例は、移行領域の弾性率、移行領域のヤング率、及び / 又は、移行領域の剛性率を含む。同様に、アール状フィラー 3 9 0 の剛性フィールドは、任意の適当な位置、任意の適当な方向、及び / 又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、アール状フィラー 3 9 0 の任意の適当な剛性を示すものである。

【 0 0 3 9 】

40

移行領域 4 0 の熱膨張係数フィールドは、任意の適当な位置、任意の適当な方向、及び / 又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、移行領域 4 0 内の層 4 8 の、熱的に引き起こされる膨張及び / 又は収縮を示す。例示的且つ非排他的な例として、層 4 8 は、複合構造体 3 0 の形成中及び / 又は硬化中に、大幅に拡大及び / 又は収縮する場合があり、移行領域の熱膨張係数フィールドは、この膨張及び / 又は収縮を示す。同様に、アール状フィラー 3 9 0 の熱膨張係数フィールドは、任意の適当な位置、任意の適当な方向、及び / 又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、アール状フィラー 3 9 0 内の複合テープ 1 6 0 の熱的に引き起こされる膨張及び / 又は収縮を示す。

【 0 0 4 0 】

移行領域 4 0 の応力フィールドは、任意の適当な方向、及び / 又は、方向の任意の適当

50

な組み合わせにおける、ある時点及び／又は任意の適当な位置での、移行領域 40 内の層 48 の応力状態、すなわち残留応力を示す。このような応力状態は、移行領域 40 内の層 48 の動き（すなわち歪み）及び／又は緩和(relaxation)を引き起こし、これによって、空所領域 38 の形状が変化し、及び／又は、アール状フィラー 390 に対して 1 つ又は複数の力がかかる。例示的且つ非排他的な例として、複合構造体 30 の形成後で、且つ硬化の前には、層 48 は、残留応力を含んでおり、これらの残留応力が、複合構造体 30 の硬化中に緩和される。この緩和によって層 48 が動き、これによって、空所領域 38 の形状が変化し、及び／又は、アール状フィラー 390 に対して 1 つ又は複数の力がかかる。同様に、アール状フィラー 390 の応力フィールドは、任意の適当な方向、及び／又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、ある時点及び／又は任意の適当な位置での、アール状フィラー 390 内の複合テープ 160 の応力状態又は残留応力を示す。

10

【0041】

移行領域 40 の材料特性フィールドが、移行領域 40 の応力フィールドを含む場合、移行領域 40 の応力フィールドは、主要な、重要な、高い、及び／又は、最も高い応力方向 82 における、主要な、重要な、高い、及び／又は、最も高い応力領域 80 を規定する。このような状況下で、複数本の複合テープのうちの、少なくとも 1 本の複合テープは、その複数の強化用繊維 90 のそれぞれの繊維軸方向 162 が、主要応力領域 80 内に位置するか又は当該領域内で延び、且つ、少なくとも実質的に、主要応力方向 82 に平行であるか及び／又は平行に延びる状態となるように、配向される。これに加え、あるいはこれに代えて、複数本の複合テープは、アール状フィラー 390 を貫通し且つ主要な応力方向 82 に垂直な面が、少なくとも 1 本の複合テープの複数本の強化用繊維に交差するように、配向してもよい。このような構成によれば、複合構造体 30 内のアール状フィラー 390 の亀裂及び／又は割れに対する抵抗性を高めることができる。これに加え、あるいはこれに代えて、アール状フィラー 390 は、空所領域 38 の長軸に対して垂直な平面（すなわち、Z 軸に対して垂直な平面、及び／又は、X - Y 平面）内に、頂点領域 84 を規定しており、複数本の複合テープのうちの少なくとも 1 本の複合テープが、頂点領域 84 内に向く繊維方向を規定していてもよい。

20

【0042】

主要応力方向は、移行領域 40 内の任意の適当な配向で測定及び／又は規定することができる。例示的且つ非排他的な一例として、主要応力方向は、空所領域 38 の長軸に対して垂直（すなわち、Z 軸に対して垂直及び／又は X - Y 平面内）に測定及び／又は規定してもよい。

30

【0043】

移行領域 40 の歪みフィールドは、任意の適当な方向、及び／又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、ある時点及び／又は任意の適当な位置での、移行領域 40 内の層 48 の歪み状態を示す。このような歪み状態は、時間とともに変化及び／又は緩和し、空所領域 38 の形状を再び変化させ、アール状フィラー 390 に 1 つ又は複数の力を及ぼす。例示的且つ非排他的な一例として、複合構造体 30 を硬化することによって、歪み状態に変化が生じる。別の例示的且つ非排他的な一例として、複合構造体 30 の動作中及び／又は使用中に、歪みフィールドが変化及び／又は変動し、これによって空所領域 38 の形状が変化し、及び／又は、アール状フィラー 390 に 1 つ又は複数の力がかかる。同様に、アール状フィラー 390 の歪みフィールドは、任意の適当な方向、及び／又は、方向の任意の適当な組み合わせにおける、ある時点及び／又は任意の適当な位置での、アール状フィラー 390 内の複合テープ 160 の歪み状態を示す。

40

【0044】

移行領域 40 の樹脂収縮フィールドは、複合構造体 30 の硬化中などの、任意の適当な時点における、移行領域 40 内の樹脂の体積及び／又は位置の変化を示す。このような樹脂の体積及び／又は位置の変化によっても、空所領域 38 の形状が変化する。これに加え、あるいはこれに代えて、このような樹脂の体積及び／又は位置の変化によって、移行領域 40 の剛性も変化しうる。同様に、アール状フィラー 390 の樹脂収縮フィールドは、

50

ある時点におけるアール状フィラー 390 内の樹脂体積及び / 又は位置の変化を示す。

【0045】

図4～図6は、本開示のシステム及び方法によって用いられうる複合テープ160の概略平面図である。上述したように、各複合テープ160は、複数の強化用繊維90と樹脂材料92とを含む。樹脂材料92は、強化用繊維90を覆う、囲む、及び / 又は、包む。強化用繊維90の例示的且つ非排他的な例は、任意の適当な炭素繊維、チタン繊維、アルミニウム繊維、ガラス繊維、及び / 又は金属繊維を含む。樹脂材料92の例示的且つ非排他的な例は、任意の適当なエポキシ材料及び / 又はポリマー材料を含む。

【0046】

複合テープ160は、本開示によるアール状フィラー390内に、任意の適当な長さ及び / 又は幅を有し、及び / 又は、規定している。例示的且つ非排他的な例として、複数本の複合テープ160のうちの少なくとも一部は、少なくとも1メートル(m)、少なくとも2m、少なくとも3m、少なくとも4m、少なくとも5m、少なくとも6m、少なくとも7m、少なくとも8m、少なくとも9m、少なくとも10m、少なくとも15m、及び / 又は少なくとも20mの長さを有する。これに加え、あるいはこれに代えて、長さは、50m未満、40m未満、30m未満、25m未満、20m未満、15m未満、10m未満、及び / 又は5m未満であってもよい。

【0047】

追加の例示的且つ非排他的な例として、複数本の複合テープ160のうちの少なくとも一部は、少なくとも3ミリメートル(mm)、少なくとも4mm、少なくとも5mm、少なくとも6mm、少なくとも7mm、少なくとも8mm、少なくとも9mm、少なくとも10mm、少なくとも11mm、少なくとも12mm、少なくとも14mm、少なくとも16mm、少なくとも18mm、少なくとも20mm、及び / 又は少なくとも24mmの幅を有する。これに加え、あるいはこれに代えて、幅は、50mm未満、45mm未満、40mm未満、35mm未満、30mm未満、25mm未満、20mm未満、18mm未満、16mm未満、14mm未満、12mm未満、10mm未満、8mm未満、6mm未満、及び / 又は4mm未満であってもよい。

【0048】

複数本の複合テープの上記一部は、複数本の複合テープ全体の任意の適当な比率、パーセンテージ、及び / 又は割合である。例示的且つ非排他的な例として、複数本の複合テープの上記一部は、少なくとも1本の複合テープ、2本の複合テープ、3本の複合テープ、複数本の複合テープの少なくとも25%、複数本の複合テープの少なくとも50%、複数本の複合テープの少なくとも75%、複数の複合テープの100%である。

【0049】

図4～図6に示すように、各複合テープ160の強化用繊維90（又は繊維90の長軸）は、繊維軸方向162に（ほぼ）沿って、及び / 又は、当該方向に（ほぼ）平行に、配置されている。各複合テープ160は、本明細書ではアール状フィラー長軸392とも呼ばれることもある長軸392を規定しており、これは、複合テープ160をアール状フィラー390内に配置した時に、アール状フィラー390の長軸に少なくとも実質的に平行である。繊維軸方向162が（図4に示したように）長軸392に平行である構成、及び / 又は、長軸392に対して（図5～図6に示したように）繊維角164をなして配向されている構成は、本開示の範囲内である。上述したように、繊維角は、少なくとも部分的に、移行領域40の材料特性フィールドに基づいて選択される。

【0050】

繊維角164の、例示的且つ非排他的な例は、少なくとも5度、少なくとも10度、少なくとも15度、少なくとも20度、少なくとも25度、少なくとも30度、少なくとも35度、少なくとも40度、及び / 又は、少なくとも45度を含む。これに加え、あるいはこれに代えて、繊維角164は、85度未満、80度未満、75度未満、70度未満、65度未満、60度未満、55度未満、50度未満、及び / 又は、40度未満であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

図 5 に破線で示したように、強化用繊維 9 0 は、一本の複合テープ 1 6 0 内に 2 次元的な配列を形成するように配向してもよい。2 次元的な配列の例示的且つ非排他的な例は、強化用繊維 9 0 のメッシュ、織物構造、布、及び / 又はランダムなアレイを含む。強化用繊維 9 0 が、一本の複合テープ 1 6 0 内に 3 次元的な配列を形成する構成も、本開示の範囲内である。3 次元的な配列の例示的且つ非排他的な例は、強化用繊維 9 0 のメッシュ、織物構造、布、ランダムなアレイ、及び / 又は、強化用繊維の 2 つ又はそれ以上の 2 次元的な配列を上下に積み重ねた構成、を含む。

【 0 0 5 2 】

図 7 は、本開示による、アール状フィラー 3 9 0 の断面図である。上述したように、アール状フィラー 3 9 0 は、複数本の複合テープ 1 6 0 を含む。また、上述したように、複数本の複合テープ 1 6 0 のうちの少なくとも一部は、アール状フィラー 3 9 0 内の複数本の複合テープ 1 6 0 の残りに対して、傾斜角をなして配向されている。

【 0 0 5 3 】

図 7 は、アール状フィラー 3 9 0 内の複合テープ 1 6 0 の具体的な相対配向を示している。ただし、説明したように、他の相対配向も、本開示の範囲内であり、これには、例えば、ある移行領域 4 0 の特定の材料特性フィールドに少なくとも部分的に基づいて選択された相対配向もある。さらに、図 7 は、上述したように、主要応力方向 8 2 を含む及び / 又は規定する主要応力領域 8 0 を、移行領域 4 0 が規定していることを示しており、複数本の複合テープ 1 6 0 のうちの少なくとも一部は、その強化用繊維 9 0 の繊維軸方向 1 6 2 が主要応力方向に少なくとも実質的に平行に延びるように、配向されている。これに加え、あるいはこれに代えて、上述したように、アール状フィラー 3 9 0 は、1 つ又は複数の頂点領域 8 4 を規定しており、複数本の複合テープのうちの少なくとも一部は、その強化用繊維 9 0 が、頂点領域 8 4 内に向かって及び / 又は当該領域内で延びる繊維軸方向 1 6 2 を規定するように、配向されている。

【 0 0 5 4 】

図 8 は、本開示によるアール状フィラー 3 9 0 を形成するためのシステム 1 0 0 の概略図である。図 8 は、成型型 3 0 6 内で結合されることによって、本開示によるアール状フィラー 3 9 0 を形成する複合テープ 1 6 0 の繊維軸方向 1 6 2、及び / 又は、本開示によるアール状フィラー 3 9 0 内の複合テープ 1 6 0 の傾斜角、を示している。図 8 において、複数本の複合テープ 1 6 0 が、本開示による成型型 3 0 6 に供給される。成型型 3 0 6 は、本明細書において、アール状フィラー用ダイ 3 0 6 とも呼ばれ、複数本の複合テープ 1 6 0 が挿入され、複数本の複合テープ 1 6 0 を内部で収束させることによって、アール状フィラー 3 9 0 を作製及び / 又は形成するように構成されている。成型型 3 0 6 の例示的且つ非排他的な例が、図 9 ~ 図 1 1 に示されており、これらを本明細書で説明する。成型型 3 0 6、及び / 又は、成型型 3 0 6 を含む、及び / 又は、アール状フィラー 3 9 0 の形成に利用されるシステム 1 0 0、の他の例示的且つ非排他的な例は、米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 0 3 4 2 3 6 号に開示されており、そのすべての開示は、参照によって本願に含まれる。

【 0 0 5 5 】

上述したように、各複合テープ 1 6 0 は、複数の強化用繊維 9 0 と樹脂材料 9 2 とを含む。また、上述したように、各複合テープ 1 6 0 の複数の強化用繊維 9 0 は、その長軸 3 9 2 に対して任意の適当な繊維角 1 6 4 をなすように配向されている。本明細書では、複合テープ 1 6 0 が結合されてアール状フィラー 3 9 0 が形成された状態では、長軸 3 9 2 を、アール状フィラー長軸 3 9 2 とも呼ぶ。これは、図 8 に符号 1 6 4 にて示されており、同図には、図示のように強化用繊維 9 0 を含む様々な複合テープ 1 6 0 の概略断面図が示されている。符号 1 6 6 で示したように、繊維角 1 6 4 は、0 度（すなわち、繊維軸方向 1 6 2 が長軸 3 9 2 に平行）であってもよい。このような状態では、繊維 9 0 は、断面がやや円形に見え、及び / 又は、比較的小さい断面積を規定しうる。

【 0 0 5 6 】

これに加え、あるいはこれに代えて、符号 1 6 8 で示したように、繊維角 1 6 4 は、0 度と 9 0 度との間の有限の角度、例えば 4 5 度（すなわち、繊維軸方向 1 6 2 と長軸 3 9 2 とが、互いの間に 4 5 度の繊維角 1 6 4 を規定）であってもよい。このような状態では、繊維 9 0 は、断面がより楕円に見え、及び / 又は、比較的大きな断面積を規定する。

【 0 0 5 7 】

これに加え、あるいはこれに代えて、符号 1 7 0 で示したように、繊維角 1 6 4 は、約 9 0 度（すなわち、繊維軸方向 1 6 2 と長軸 3 9 2 とが、互いの間に 9 0 度の繊維角 1 6 4 を規定）であってもよい。このような状態では、繊維 9 0 は、断面が線形に見える。

【 0 0 5 8 】

図 9 ~ 図 1 1 は、本開示による成形型 3 0 6 の概略図である。成形型 3 0 6 は、第 1 面 3 3 2 及び第 2 面 3 3 4 を規定する成形型本体 3 3 0 を含む。図 9 ~ 図 1 0 に示すように、第 1 面 3 3 2 は、複数本の複合テープ 1 6 0（図 8 参照）が挿入されるように構成された複数の第 1 開口 3 3 6 を規定している。図 1 0 に示すように、複数の第 1 開口は、複数本の複合テープ 1 6 0 を、成形型本体 3 3 0 内に規定された複数の溝 3 4 0 内に導く。複数の溝 3 4 0 は、成形型本体 3 3 0 内で互いに収束しており、複数本の複合テープ 1 6 0 が、図 1 1 に示すように第 2 面 3 3 4 に規定された第 2 開口 3 3 8 を通って成形型 3 0 6 から出る前に、これらの複合テープを成形型本体 3 3 0 内で互いに接触及び / 又は圧接させるようになっている。

【 0 0 5 9 】

図 1 2 は、本開示による複合構造体用のアール状フィラーを形成する方法 4 0 0 を示すフローチャートである。複合構造体は、複合材料の複数の層を含んでおり、これらの層は、移行領域内で収束することによって長状空所領域を規定している。アール状フィラーは、長状空所領域内で延びるように、及び / 又は、長状空所領域を規定する複合材料の複数の層の一部を支持するように、構成されている。方法 4 0 0 は、4 1 0 においてアール状フィラーをモデル化すること、及び / 又は、4 2 0 において移行領域をモデル化すること、を含みうる。方法 4 0 0 は、4 3 0 において長状空所領域の横断面形状を特定すること、及び、4 4 0 において移行領域の材料特性フィールドを特定すること、を含む。方法 4 0 0 は、さらに、4 5 0 においてアール状フィラーを規定する複数本の複合テープの特性を決定すること、及び / 又は、4 6 0 において複合テープの積層体を形成すること、を含みうる。方法 4 0 0 は、4 7 0 においてアール状フィラーを形成することをさらに含み、4 8 0 において複合構造体内にアール状フィラーを配置することを含みうる。

【 0 0 6 0 】

4 1 0 においてアール状フィラーをモデル化することは、アール状フィラーの任意の適当な特性をモデル化、確定、及び / 又は、特定することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、4 1 0 におけるモデル化は、アール状フィラーの材料特性フィールドをモデル化することを含みうる。アール状フィラーの材料特性フィールドの例示的且つ非排他的な例は、アール状フィラーの剛性フィールド、アール状フィラーの熱膨張係数フィールド、アール状フィラーの応力フィールド、及び / 又は、アール状フィラー 3 9 0 の樹脂収縮フィールドを含む。4 1 0 におけるモデル化が、任意の適当な方法によるモデル化を含みうることは、本開示の範囲内である。例示的且つ非排他的な例として、4 1 0 におけるモデル化は、アール状フィラーの数学的モデル化及び / 又はアール状フィラーの有限要素解析を含みうる。

【 0 0 6 1 】

4 2 0 における移行領域のモデル化は、移行領域の任意の適当な特性をモデル化、確定、及び / 又は、特定することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、4 2 0 におけるモデル化は、移行領域の材料特性フィールドをモデル化することを含み、これによって、例えば、4 4 0 における特定を可能、及び / 又は、容易にする。

【 0 0 6 2 】

4 2 0 におけるモデル化が、任意の適当な条件下で、複合構造体の任意の適当な部分をモデル化することを含みうることは、本開示の範囲内である。例示的且つ非排他的な例と

10

20

30

40

50

して、420におけるモデル化は、移行領域をモデル化すること、移行領域の硬化をモデル化すること、複合構造体の動作中に移行領域をモデル化すること、複合構造体をモデル化すること、複合構造体の硬化をモデル化すること、及び/又は、複合構造体の動作中に複合構造体をモデル化すること、を含みうる。

【0063】

430において長状空所領域の横断面形状を特定することは、任意の適当な方法で、長状空所領域の横断面形状を特定することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、430における特定は、複合構造体、移行領域、及び/又は、長状空所領域をモデル化することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、430における特定は、長状空所領域を測定することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、430における特定は、長状空所領域の所望の横断面形状を確定すること、及び/又は、特定することを含みうる。

10

【0064】

440において移行領域の材料特性フィールドを特定することは、任意の適当な方法で、移行領域の任意の適当な材料特性フィールドを特定することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、440における特定は、例えば420におけるモデル化によって、複合構造体、移行領域、及び/又は、長状空所領域をモデル化することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、440における特定は、移行領域の材料特性フィールドを測定することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、440における特定は、移行領域の所望の材料特性フィールドを確定すること、及び/又は、特定することを含む。

20

【0065】

440における特定が、任意の適当な寸法、寸法の組み合わせ、方向、及び/又は、方向の組み合わせにおいて、移行領域の任意の適当な材料特性フィールドを特定することを含みうることは、本開示の範囲内である。移行領域の材料特性フィールドの例示的且つ非排他的な例は、移行領域の剛性フィールド、移行領域の熱膨張係数フィールド、移行領域の応力フィールド、及び/又は、移行領域の樹脂収縮フィールドを含む。

【0066】

440における特定は、移行領域の1次元材料特性フィールドを特定すること、移行領域の2次元材料特性フィールドを特定すること、及び/又は、移行領域の3次元材料特性フィールドを特定すること、を含みうる。より具体的ではあるが例示的且つ非排他的な一例として、440における特定は、長状空所領域に沿って延びる第1方向における移行領域の材料特性フィールドの第1フィールド値を特定すること、第1方向に垂直な第2方向における移行領域の材料特性フィールドの第2フィールド値を特定すること、及び/又は、第1方向及び第2方向に垂直な第3方向における移行領域の材料特性フィールドの第3フィールド値を特定すること、を含みうる。より具体的ではあるが例示的且つ非排他的な別の例として、440における特定は、移行領域内の様々な位置における材料特性フィールドの値のアレイ及び/又はグリッド(array or grid of values)を確定することを含みうる。

30

【0067】

これに加え、あるいはこれに代えて、440における特定は、移行領域における主要応力領域を特定すること、及び/又は、主要応力領域内の主要応力方向を特定すること、をさらに含みうる。主要応力領域は、移行領域内における、最も大きい応力及び/又は応力閾値よりも大きい応力を有する部分を指すか、及び/又は、当該部分を含む。主要応力方向は、主要応力領域内で応力がかかる方向又は平均方向である。

40

【0068】

450において複数本の複合テープの特性を決定することは、複数本の複合テープの任意の適当な部分の任意の適当な特性を決定及び/又は確定することを含みうる。450における決定は、任意の適当な基準に基づいて、方法400における任意の適当な時点で、例えば、470における形成の前に、行うことができる。

50

【 0 0 6 9 】

例示的且つ非排他的な例として、450における決定は、複数本の複合テープのそれぞれの幅を、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて、決定及び／又は確定することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、450における決定は、複数本の複合テープのそれぞれの厚みを、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて、決定及び／又は確定することを含みうる。

【 0 0 7 0 】

例示的且つ非排他的な別の例として、450における特定は、複数本の複合テープのそれぞれの繊維軸方向を、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて、決定及び／又は確定することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、450における特定は、アール状フィラー内における複数本の複合テープのそれぞれの相対位置を、少なくとも部分的に、長状空所領域の横断面形状及び／又は移行領域の材料特性フィールドに基づいて、決定及び／又は確定することを含みうる。

10

【 0 0 7 1 】

460において複合テープの積層体を形成することは、例えば、2本又はそれ以上の複合テープを含む任意の適当な積層体を形成することを含み、470における形成の前に行われる。例示的且つ非排他的な例として、複合テープの積層体は、第1の繊維軸方向を規定する第1複合テープと、第1の繊維軸方向とは異なる第2の繊維軸方向を規定する第2複合テープとを含みうる。より具体的ではあるが例示的且つ非排他的な一例として、第1の繊維軸方向は、少なくとも実質的に、当該複合テープの長軸に平行である（すなわち、第1の繊維軸方向は、図4に示したように0度の繊維角で配向されている）一方、第2の繊維軸方向は、少なくとも実質的に、当該複合テープの長軸に垂直である（すなわち、第2の繊維軸方向は、図6に示したように、90度の繊維角で配向されている）。この構成によれば、第2複合テープをせん断することなく、470における形成を、プルトルージョン法(pultrusion process)を用いて行うことができる。

20

【 0 0 7 2 】

470におけるアール状フィラーの形成は、任意の適当な方法でアール状フィラーを形成することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、470における形成は、472において、複数本の複合テープを結合することによって、長状空所領域の横断面形状に一致するアール状フィラー横断面形状を規定することを含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、470における形成は、474において、複数本の複合テープのそれぞれにおける複数本の強化用繊維を、少なくとも部分的に、移行領域の材料特性フィールドに基づいて配向することを含みうる。複数本の複合テープは、それぞれが、複数本の強化用繊維と、樹脂材料とを含んでおり、複数本の複合テープのそれぞれにおける複数本の強化用繊維は、それぞれ繊維軸方向を規定している。

30

【 0 0 7 3 】

472における結合は、任意の適当な方法による結合を含み、アール状フィラーの長軸に平行な繊維軸方向を有する又は規定する複合テープによって、アール状フィラーの外面が規定されるように、結合することを含みうる。例示的且つ非排他的な例として、472における結合は、プルトルージョン法による結合を含みうる。例示的且つ非排他的な別の例として、472における結合は、プレス成形プロセスによる結合も含みうる。

40

【 0 0 7 4 】

より具体的ではあるが例示的且つ非排他的な一例として、472における結合は、複数本の複合テープを、成型型の第1面の複数の第1開口に挿入すること、成型型内で複数本の複合テープを互いに圧接することによってアール状フィラーを形成すること、及び、成型型の第2面の（1つの）第2開口からアール状フィラーを引き抜くこと、を含みうる。この場合、472における結合は、挿入、圧接、引き抜きが同時に行われる、少なくとも実質的に連続するプロセスである。成型型は、複数の第1開口と、第2開口との間に延び

50

る複数の溝を規定しており、４７４における配向は、複数の溝の相対配置を選択すること、例えば、成型型を選択すること、及び／又は、成型型内の複数の溝の配置を選択すること、を含みうる。

【００７５】

４７４における配向は、アール状フィラーの材料特性フィールドが、移行領域の材料特性フィールドに一致するか、及び／又は基づくように配向することを含みうる。これは、移行領域とアール状フィラーとの界面において、所定の材料特性フィールド差閾値の範囲内となるように、アール状フィラーの材料特性フィールドが、移行領域の材料特性フィールドに一致するよう、配向することを含みうる。材料特性フィールド差閾値の例示的且つ非排他的な例は、本明細書に開示されている。

10

【００７６】

４４０における特定が、主要応力領域及び／又は主要応力方向を特定することを含む場合、４７４における配向は、複数本の複合テープのうちの少なくとも１つが、主要応力領域内に位置するアール状フィラーの一部内で延びる繊維軸方向、及び／又は、主要応力方向に少なくとも実質的に平行な繊維軸方向を規定するように配向することも含みうる。方法４００が、４１０におけるモデル化及び／又は４２０におけるモデル化を含む場合、４７４における配向は、少なくとも部分的に、４１０におけるモデル化及び／又は４２０におけるモデル化に基づいて配向することを含みうる。

【００７７】

４８０において、複合構造体内にアール状フィラーを配置することは、複合構造体内にアール状フィラーを配置及び／又は設置することを含みうる。これは、アール状フィラーが、長状空所領域内に延びるように、及び／又は、長状空所領域を規定している複合材料の複数の層に接触するように、配置及び／又は設置することを含みうる。方法４００が、４８０における配置に続いて、複合構造体を加熱及び／又は硬化することを含みうることは、本開示の範囲内である。

20

【００７８】

本開示による発明の要旨の例示的且つ非排他的な例は、以下に列記の項に記載されている。

【００７９】

A 1 複合構造体用のアール状フィラーを形成する方法であって、前記複合構造体は、複合材料の複数の層を含み、前記複数の層は、移行領域内で収束することによって長状空所領域を規定しており、前記アール状フィラーは、前記長状空所領域内で延びるように構成されており、当該方法は、

30

前記長状空所領域の横断面形状を特定することと、

前記移行領域の材料特性フィールドを特定することと、

前記アール状フィラーを形成すること、とを含み、前記形成することは、

複数本の複合テープを結合するにあたり、前記複数本の複合テープのそれぞれは、複数本の強化用繊維、及び樹脂材料を含み、前記複数本の複合テープのそれぞれは、繊維軸方向を規定しているものを用いて、前記長状空所領域の前記横断面形状に一致するアール状フィラー横断面形状を規定すること；

40

前記複数本の複合テープのそれぞれの前記複数本の強化用繊維を、少なくとも部分的に、前記移行領域の前記材料特性フィールドに基づいて配向することと；を含む、方法。

【００８０】

A 2 前記長状空所領域の前記横断面形状を特定することは、前記複合構造体をモデル化すること、及び、前記長状空所領域の所望の横断面形状を特定すること、の少なくとも一方を含む、項 A 1 に記載の方法。

【００８１】

A 3 前記移行領域の前記材料特性フィールドを特定することは、前記移行領域をモデル化すること、前記移行領域の硬化をモデル化すること、前記複合構造体の動作中に前記移行領域をモデル化すること、前記複合構造体をモデル化すること、前記複合構造体の硬

50

化をモデル化すること、及び、前記複合構造体の動作中に前記複合構造体をモデル化すること、の少なくとも1つを含む、項A1及びA2のいずれかに記載の方法。

【0082】

A4 前記配向することは、前記アール状フィラーの材料特性フィールドが、
(i) 前記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、及び、
(ii) 前記移行領域と前記アール状フィラーとの界面において、材料特性フィールド差の閾値範囲内で、前記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、
の少なくとも一方となるように、配向することを含む、項A1～A3のいずれかに記載の方法。

【0083】

A5 前記材料特性フィールド差の閾値は、前記移行領域の前記材料特性フィールドの50%未満、40%未満、30%未満、20%未満、15%未満、10%未満、5%未満、2.5%未満、又は1%未満である、項A4に記載の方法。

【0084】

A6 前記移行領域の前記材料特性フィールドを特定することは、前記移行領域の2次元材料特性フィールドを特定すること、及び、前記移行領域の3次元材料特性フィールドを特定すること、の少なくとも一方を含む、項A1～A5のいずれかに記載の方法。

【0085】

A7 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記長状空所領域に沿って延びる第1方向における第1フィールド値、前記第1方向に垂直な第2方向における第2フィールド値、及び、前記第1方向及び前記第2方向に垂直な第3方向における第3フィールド値を有する、項A1～A6のいずれかに記載の方法。

【0086】

A8 前記移行領域の前記材料特性フィールドを特定することは、前記第1フィールド値、前記第2フィールド値、及び、前記第3フィールド値のうちの少なくとも2つ、及び、任意にはすべて、を特定することを含む、項A7に記載の方法。

【0087】

A9 前記移行領域の前記材料特性フィールドを特定することは、前記第2フィールド値及び前記第3フィールド値を特定することを含む、項A7～A8のいずれかに記載の方法。

【0088】

A10 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の剛性フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの剛性フィールドを含む、項A1～A9のいずれかに記載の方法。

【0089】

A11 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の熱膨張係数フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの熱膨張係数フィールドを含む、項A1～A10のいずれかに記載の方法。

【0090】

A12 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の応力フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの応力フィールドを含む、項A1～A11のいずれかに記載の方法。

【0091】

A13 前記移行領域の前記材料特性フィールドを特定することは、前記移行領域内の主要応力領域を特定すること、及び、前記主要応力領域内の主要応力方向を特定すること、を含み、さらに、前記配向することは、前記複数本の複合テープのうちの少なくとも1つが、前記主要応力領域内に位置する前記アール状フィラーの一部内で延び、且つ、前記主要応力方向に少なくとも実質的に平行な繊維軸方向を規定するように、配向することを含む、項A1～A12のいずれかに記載の方法。

【0092】

10

20

30

40

50

A 1 4 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の樹脂収縮フィールドを含み、当該樹脂収縮フィールドは、前記複合構造体の硬化中における前記複合材料の複数の層内の樹脂材料の収縮に対応するものであり、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの樹脂収縮フィールドを含み、当該樹脂収縮フィールドは、前記複合構造体の硬化中における前記アール状フィラー内の樹脂材料の収縮に対応するものである、項 A 1 ~ A 1 3 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 3 】

A 1 5 前記方法は、前記アール状フィラーをモデル化することをさらに含み、前記配向することは、前記モデル化に基づいて配向することを含む、項 A 1 ~ A 1 4 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 4 】

A 1 6 前記方法は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープのそれぞれの幅を、少なくとも部分的に、前記長状空所領域の前記横断面形状及び前記移行領域の前記材料特性フィールドの少なくとも 1 つに基づいて決定すること、をさらに含む、項 A 1 ~ A 1 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 5 】

A 1 7 前記方法は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープのそれぞれの厚みを、少なくとも部分的に、前記長状空所領域の前記横断面形状及び前記移行領域の前記材料特性フィールドの少なくとも 1 つに基づいて決定すること、をさらに含む、項 A 1 ~ A 1 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 6 】

A 1 8 前記方法は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープのそれぞれにおける前記繊維軸方向を、少なくとも部分的に、前記長状空所領域の前記横断面形状及び前記移行領域の前記材料特性フィールドの少なくとも 1 つに基づいて決定すること、をさらに含む、項 A 1 ~ A 1 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 7 】

A 1 9 前記方法は、前記結合することの前に、前記複数本の複合テープのそれぞれの、前記アール状フィラー内における相対位置を、少なくとも部分的に、前記長状空所領域の前記横断面形状及び前記移行領域の前記材料特性フィールドの少なくとも 1 つに基づいて確定すること、をさらに含む、項 A 1 ~ A 1 8 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 8 】

A 2 0 前記方法は、前記結合することの前に、少なくとも第 1 複合テープと第 2 複合テープとを含む複合テープの積層体を形成すること、をさらに含み、前記第 1 複合テープの第 1 繊維軸方向は、前記第 2 複合テープの第 2 繊維軸方向とは異なる、項 A 1 ~ A 1 9 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 9 9 】

A 2 1 前記結合することは、前記アール状フィラーの外面を規定する前記複数本の複合テープのそれぞれが、前記アール状フィラーの長軸に平行な繊維軸方向を規定するように結合することを含む、項 A 1 ~ A 2 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 0 】

A 2 2 前記結合することは、ブルトルージョン法によって結合することを含む、項 A 1 ~ A 2 1 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 1 】

A 2 3 前記結合することは、プレス成形プロセスによって結合することを含む、項 A 1 ~ A 2 2 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 2 】

A 2 4 前記結合することは、

(i) 前記複数本の複合テープを、成形型の第 1 面の複数の第 1 開口に挿入することと

、

(i i) 前記複数本の複合テープを前記成形型内で互いに圧接することによりアール状

10

20

30

40

50

フィラーを形成することと、

(i i i) 前記成型型の第 2 面の第 2 開口から前記アール状フィラーを引き抜くこと、
とを含み、前記挿入すること、前記圧接すること、及び、前記引き抜くことは、同時に行
われる、項 A 1 ~ A 2 3 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 3 】

A 2 5 前記成型型は、前記複数の第 1 開口と、第 2 開口との間で延びる複数の溝を規
定しており、さらに、前記配向することは、前記複数の溝の相対配向を選択することを含
む、項 A 2 4 に記載の方法。

【 0 1 0 4 】

A 2 6 前記方法は、前記複合構造体内に前記アール状フィラーを配置することをさら
に含む、項 A 1 ~ A 2 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 5 】

B 1 複合構造体用のアール状フィラーであって、前記複合構造体は、複合材料の複数
の層を含んでおり、前記複数の層は、移行領域内で収束することによって長状空所領域を
規定しており、前記複合材料の前記複数の層は、前記移行領域の材料特性フィールドを規
定しており、さらに、前記アール状フィラーは、前記長状空所領域内に延びるように構成
されており、前記アール状フィラーは、

複数本の複合テープを含んでおり、

前記複数本の複合テープは、それぞれ、複数本の強化用繊維、及び樹脂材料を含んでお
り、

前記複数本の複合テープのそれぞれにおける前記複数本の強化用繊維は、繊維軸方向を
規定しており、

前記複数本の複合テープのそれぞれは、少なくとも部分的に、前記移行領域の前記材料
特性フィールドに基づいて選択された繊維軸方向を規定する、アール状フィラー。

【 0 1 0 6 】

B 2 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の 2 次元材料特性フィ
ールド及び前記移行領域の 3 次元材料特性フィールドの少なくとも 1 つである、項 B 1 に
記載のアール状フィラー。

【 0 1 0 7 】

B 3 前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、

(i) 前記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、及び、

(i i) 前記移行領域と前記アール状フィラーとの界面において、材料特性フィールド差
の閾値範囲内で、前記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、
の少なくとも一方である、項 B 1 ~ B 2 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 0 8 】

B 4 前記材料特性フィールド差の閾値は、前記移行領域の前記材料特性フィールドの
5 0 % 未満、4 0 % 未満、3 0 % 未満、2 0 % 未満、1 5 % 未満、1 0 % 未満、5 % 未満
、2 . 5 % 未満、又は 1 % 未満である、項 B 6 に記載のアール状フィラー。

【 0 1 0 9 】

B 5 前記アール状フィラーの前記材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの 2
次元材料特性フィールド、及び、前記アール状フィラーの 3 次元材料特性フィールドの少
なくとも 1 つである、項 B 3 ~ B 4 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 0 】

B 6 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記長状空所領域に沿って延びる第
1 方向における第 1 フィールド値、前記第 1 方向に垂直な第 2 方向における第 2 フィール
ド値、及び、前記第 1 方向及び前記第 2 方向に垂直な第 3 方向における第 3 フィールド値
を有する、項 B 3 ~ B 5 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 1 】

B 7 前記アール状フィラーの前記材料特性フィールドは、前記第 1 方向、前記第 2 方
向、及び、前記第 3 方向のうちの少なくとも 2 つ、及び、任意にはすべて、において、前

10

20

30

40

50

記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、項 B 6 に記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 2 】

B 8 前記アール状フィラーの前記材料特性フィールドは、前記第 2 方向及び前記第 3 方向において、前記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、項 B 6 ~ B 7 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 3 】

B 9 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の剛性フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの剛性フィールドを含む、項 B 1 ~ B 8 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 4 】

B 1 0 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の熱膨張係数フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの熱膨張係数フィールドを含む、項 B 1 ~ B 9 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 5 】

B 1 1 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の応力フィールドを含み、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの応力フィールドを含む、項 B 1 ~ B 1 0 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 6 】

B 1 2 前記移行領域の前記応力フィールドは、前記移行領域内の主要応力領域及び前記主要応力領域内の主要応力方向を規定する、項 B 1 1 に記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 7 】

B 1 3 前記複数本の複合テープのうちの少なくとも 1 つが、前記主要応力領域内に位置する前記アール状フィラーの一部内で延び、且つ、前記主要応力方向に少なくとも実質的に平行な繊維軸方向を規定する、項 B 1 2 に記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 8 】

B 1 4 前記主要応力方向は、前記長状空所領域の長軸に垂直に測定される、項 B 1 2 ~ B 1 3 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 1 9 】

B 1 5 前記アール状フィラーを通して延び、前記主要応力方向に垂直な平面は、前記複数本の複合テープのうちの少なくとも 1 つにおける前記複数本の強化用繊維に交差する、項 B 1 2 ~ B 1 4 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 2 0 】

B 1 6 前記アール状フィラーは、前記アール状フィラーの長軸に垂直な平面内に頂点領域を規定しており、前記複数本の複合テープのうちの少なくとも 1 つは、前記頂点領域内に向く繊維軸方向を規定している、項 B 1 ~ B 1 5 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 2 1 】

B 1 7 前記移行領域の前記材料特性フィールドは、前記移行領域の樹脂収縮フィールドを含み、当該樹脂収縮フィールドは、前記複合構造体の硬化中における前記複合材料の複数の層内の樹脂材料の収縮を示すものであり、任意には、前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、前記アール状フィラーの樹脂収縮フィールドを含み、当該樹脂収縮フィールドは、前記複合構造体の硬化中における前記アール状フィラー内の樹脂材料の収縮を示すものである、項 B 1 ~ B 1 6 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 2 2 】

B 1 8 前記複数本の複合テープは、前記アール状フィラー内で互いに物理的に接触している、項 B 1 ~ B 1 7 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 2 3 】

B 1 9 前記アール状フィラーは、前記長状空所領域を、少なくとも実質的に埋めており、任意には完全に埋めている、項 B 1 ~ B 1 8 のいずれかに記載のアール状フィラー。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

B 2 0 前記複合材料の複数の層は、複合材料の第 1 層、複合材料の第 2 層、及び、複合材料の第 3 層を含み、複合材料の前記第 1 層と複合材料の前記第 2 層とは、互いの間に第 1 接触領域を規定しており、複合材料の前記第 2 層と複合材料の前記第 3 層とは、互いの間に第 2 接触領域を規定しており、複合材料の前記第 3 層と複合材料の前記第 1 層とは、互いの間に第 3 接触領域を規定しており、さらに、前記第 1 接触領域、前記第 2 接触領域、及び、前記第 3 接触領域は、前記長状空所領域内で終結している、項 B 1 ~ B 1 9 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 2 5 】

B 2 1 前記複数本の複合テープは、互いに同一平面内には位置しない、項 B 1 ~ B 2 0 のいずれかに記載のオール状フィラー。

10

【 0 1 2 6 】

B 2 2 前記複数本の複合テープのうちの少なくとも 1 つの複合テープは、前記複数本の複合テープのうちの別の 1 つと直接物理的に接触しており、且つ、同一平面内には位置しない、項 B 1 ~ B 2 1 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 2 7 】

B 2 3 前記オール状フィラーは、前記複数本の複合テープを互いに隔てる別体の樹脂材料を含まない、項 B 1 ~ B 2 2 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 2 8 】

B 2 4 前記オール状フィラーは、前記複数本の複合テープを互いに隔てる熱可塑性樹脂材料を含まない、項 B 1 ~ B 2 3 のいずれかに記載のオール状フィラー。

20

【 0 1 2 9 】

B 2 5 前記複数本の複合テープのうちの、少なくとも 1 つの選択された複合テープは、前記複数本の複合テープの残りの少なくとも一部に対して傾斜角をなして配置されている、項 B 1 ~ B 2 4 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 3 0 】

B 2 6 前記選択された長さの複合テープは、第 1 複合テープであり、前記傾斜角は第 1 傾斜角であり、さらに、前記オール状フィラーは、前記第 1 複合テープ及び前記複数本の複合テープの残りの前記一部に対して第 2 傾斜角をなして配置された、第 2 複合テープを含む、項 B 2 5 に記載のオール状フィラー。

30

【 0 1 3 1 】

B 2 7 前記傾斜角は、少なくとも 5 度、少なくとも 1 0 度、少なくとも 1 5 度、少なくとも 2 0 度、少なくとも 2 5 度、少なくとも 3 0 度、少なくとも 3 5 度、少なくとも 4 0 度、又は、少なくとも 4 5 度である、項 B 2 5 ~ B 2 6 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 3 2 】

B 2 8 前記傾斜角は、9 0 度未満、8 5 度未満、8 0 度未満、7 5 度未満、7 0 度未満、6 5 度未満、6 0 度未満、5 5 度未満、5 0 度未満、又は、4 0 度未満である、項 B 2 5 ~ B 2 7 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 3 3 】

B 2 9 前記傾斜角は、前記オール状フィラーの横断面において測定される、項 B 2 5 ~ B 2 8 のいずれかに記載のオール状フィラー。

40

【 0 1 3 4 】

B 3 0 前記オール状フィラーは、三角形の横断面形状、くさび型の横断面形状、及び、底辺と複数の収束するように傾斜する側辺とを規定する横断面形状、の少なくとも 1 つを規定している、項 B 1 ~ B 2 9 のいずれかに記載のオール状フィラー。

【 0 1 3 5 】

B 3 1 前記複数本の複合テープは、少なくとも 2 本、少なくとも 4 本、少なくとも 6 本、少なくとも 8 本、少なくとも 1 0 本、少なくとも 1 5 本、少なくとも 2 0 本、少なくとも 3 0 本、少なくとも 4 0 本、少なくとも 5 0 本、少なくとも 6 0 本、又は、少なくと

50

も 80 本の複合テープを含む、項 B 1 ~ B 30 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0136】

B 32 前記アール状フィラーに含まれる複合テープの数は、前記アール状フィラーの長さによって変化する、項 B 31 に記載のアール状フィラー。

【0137】

B 33 前記複数本の複合テープのそれぞれは、長さ及び幅を規定している、項 B 1 ~ B 32 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0138】

B 34 前記複数本の複合テープのうちの一部の長さは、

(i) 少なくとも 1 メートル (m)、少なくとも 2 m、少なくとも 3 m、少なくとも 4 m、少なくとも 5 m、少なくとも 6 m、少なくとも 7 m、少なくとも 8 m、少なくとも 9 m、少なくとも 10 m、少なくとも 15 m、又は、少なくとも 20 m ;

(ii) 50 m 未満、40 m 未満、30 m 未満、25 m 未満、20 m 未満、15 m 未満、10 m 未満、又は、5 m 未満 ;

の少なくとも一方である、項 B 33 に記載のアール状フィラー。

【0139】

B 35 前記複数本の複合テープのうちの一部の幅は、

(i) 少なくとも 3 ミリメートル (mm)、少なくとも 4 mm、少なくとも 5 mm、少なくとも 6 mm、少なくとも 7 mm、少なくとも 8 mm、少なくとも 9 mm、少なくとも 10 mm、少なくとも 11 mm、少なくとも 12 mm、少なくとも 14 mm、少なくとも 16 mm、少なくとも 18 mm、少なくとも 20 mm、又は、少なくとも 24 mm ;

(ii) 50 mm 未満、45 mm 未満、40 mm 未満、35 mm 未満、30 mm 未満、25 mm 未満、20 mm 未満、18 mm 未満、16 mm 未満、14 mm 未満、12 mm 未満、10 mm 未満、8 mm 未満、6 mm 未満、又は、4 mm 未満 ;

の少なくとも一方である、項 B 33 ~ B 34 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0140】

B 36 前記複数本の複合テープのうちの前記一部は、少なくとも 1 本の複合テープ、2 本の複合テープ、3 本の複合テープ、前記複数本の複合テープの少なくとも 25 %、前記複数本の複合テープの少なくとも 50 %、前記複数本の複合テープの少なくとも 75 %、又は、前記複数本の複合テープの 100 % を含む、項 B 34 ~ B 35 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0141】

B 37 前記複数本の強化用繊維は、炭素、チタン、アルミニウム、ガラス、及び、金属の少なくとも 1 つによって形成されている、項 B 1 ~ B 36 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0142】

B 38 前記複数本の強化用繊維のそれぞれの繊維長軸は、繊維軸方向に実質的に平行であり、前記アール状フィラーは、アール状フィラー長軸を規定しており、さらに、前記繊維軸方向は、アール状フィラー長軸に対して、平行である、及び、繊維角をなして配向されている、のいずれか一方である、項 B 1 ~ B 37 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0143】

B 39 前記繊維角は、

(i) 少なくとも 5 度、少なくとも 10 度、少なくとも 15 度、少なくとも 20 度、少なくとも 25 度、少なくとも 30 度、少なくとも 35 度、少なくとも 40 度、又は少なくとも 45 度 ;

(ii) 85 度未満、80 度未満、75 度未満、70 度未満、65 度未満、60 度未満、55 度未満、50 度未満、又は 40 度未満 ;

の少なくとも一方の繊維角を含む、項 B 38 に記載のアール状フィラー。

【0144】

10

20

30

40

50

B 4 0 前記複数本の強化用繊維は、前記複数本の複合テープの少なくとも一部内に 2 次元的な配列を形成しており、任意には、前記 2 次元的な配列は、強化用繊維のメッシュ、織物構造、布、及び、ランダムなアレイの少なくとも 1 つを含む、項 B 1 ~ B 3 9 のいずれかに記載のアール状フィラー。

【 0 1 4 5 】

B 4 1 前記複数本の強化用繊維は、前記複数本の複合テープの少なくとも一部内に 3 次元的な配列を形成しており、任意には、前記 3 次元的な配列は、強化用繊維のメッシュ、織物構造、布、ランダムなアレイ、及び、強化繊維の 2 つ又はそれ以上の 2 次元的な配列を上下に積み重ねた構成、の少なくとも 1 つを含む、項 B 1 ~ B 4 0 のいずれかに記載のアール状フィラー。

10

【 0 1 4 6 】

C 1 移行領域内で収束することによって長状空所領域を規定している、複合材料の複数の層と、

項 B 1 ~ B 4 1 のいずれかのアール状フィラーとを含み、前記アール状フィラーが前記空所領域内で延びている、複合構造体。

【 0 1 4 7 】

C 2 前記アール状フィラーが複合材料の前記複数の層に機能的に固定されている、項 C 1 に記載の複合構造体。

【 0 1 4 8 】

C 3 前記複合構造体は、航空機、航空機の一部、航空機の胴体、航空機の胴体の一部、航空機の翼、航空機の翼の一部、航空機の安定板、及び、航空機の安定板の一部、の少なくとも 1 つを含む、項 C 1 ~ C 2 のいずれかに記載の複合構造体。

20

【 0 1 4 9 】

本明細書において、「選択的」又は「選択的に」という用語が、装置の 1 つもしくは複数のコンポーネント又は要素の、動作、動き、構成、又は他の働きを修飾するものである場合は、そのような特定の動作、動き、構成又は他の働きが、ユーザーが装置の態様又は 1 つもしくは複数のコンポーネントを操作したことの直接又は間接的な結果であることを意味する。

【 0 1 5 0 】

本明細書において、「適合化されている」及び「構成されている」という用語は、要素、コンポーネント、又は他の要部が、所定の機能を行うように設計及び／又は意図されていることを意味する。従って、「適合化されている」及び「構成されている」という用語の使用は、ある要素、コンポーネント、又は他の要部が、単に所定の機能を行うことが「できる」ということを意味すると解釈されるべきではなく、当該要素、コンポーネント、及び／又は他の要部が、その機能を行うために、具体的に、選択、作製、実施、利用、プログラム、及び／又は設計されていることを意味すると解釈されるべきである。また、特定の機能を行うように適合化されたものとして記載された要素、コンポーネント、及び／又は他の要部が、これに加え、あるいはこれに代えて、当該機能を行うように構成されたものとして記載されること、及び、その逆も、本開示の範囲内である。同様に、特定の機能を行うように構成されたものとして記載された要部が、これに加え、あるいはこれに代えて、当該機能を行うように動作するものとして記載される場合もある。

30

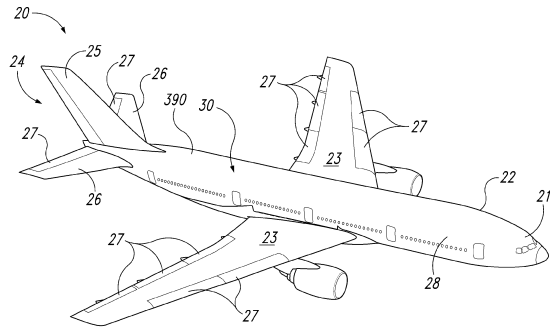
40

【 0 1 5 1 】

本明細書に開示した、装置の種々の要素及び方法の工程が、本開示による装置及び方法のすべてである必要はなく、本開示は、本明細書で開示した種々の要素及び工程の新規且つ非自明の組み合わせ及び部分的組み合わせを、すべて含むものである。また、本明細書に開示した種々の要素及び工程の 1 つ又は複数は、開示された装置又は方法の全体とは切り離された独立した発明の要旨を規定する場合がある。従って、そのような発明の要旨は、本明細書に明白に開示した特定の装置及び方法と関連付けられている必要はなく、そのような発明の要旨は、本明細書に明白に開示されていない装置及び／又は方法に有用性を見出すかもしれない。

50

【 図 1 】



【圖 2】

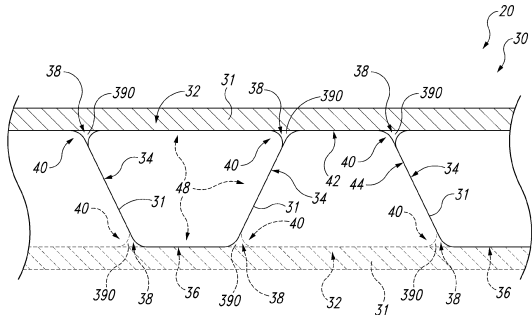


Fig. 2

【 図 3 】

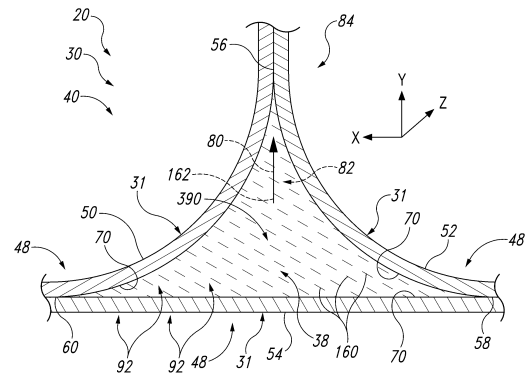


Fig. 3

【 図 4 】

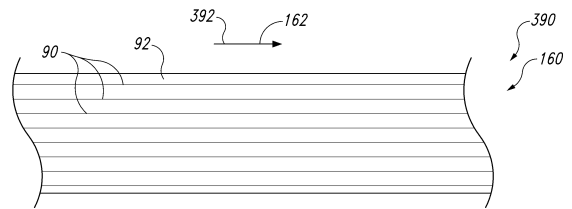


Fig. 4

【圖 5】

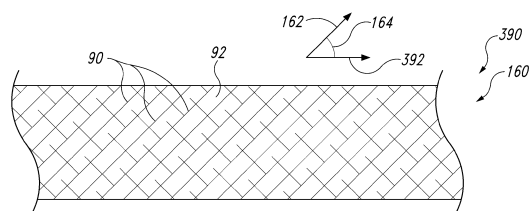


Fig. 5

【 図 6 】

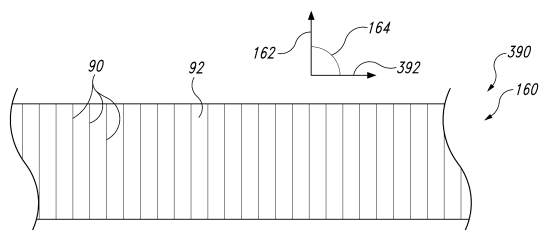


Fig. 6

【圖 7】

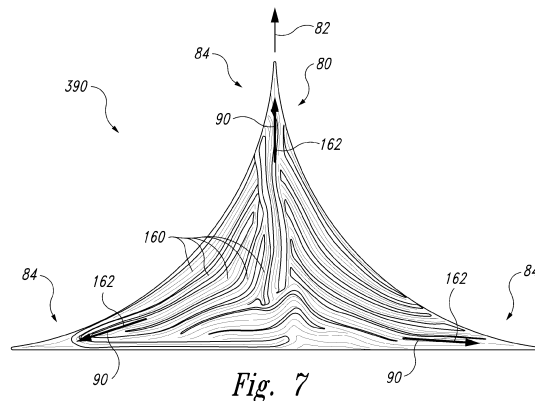


Fig. 7

【図 8】

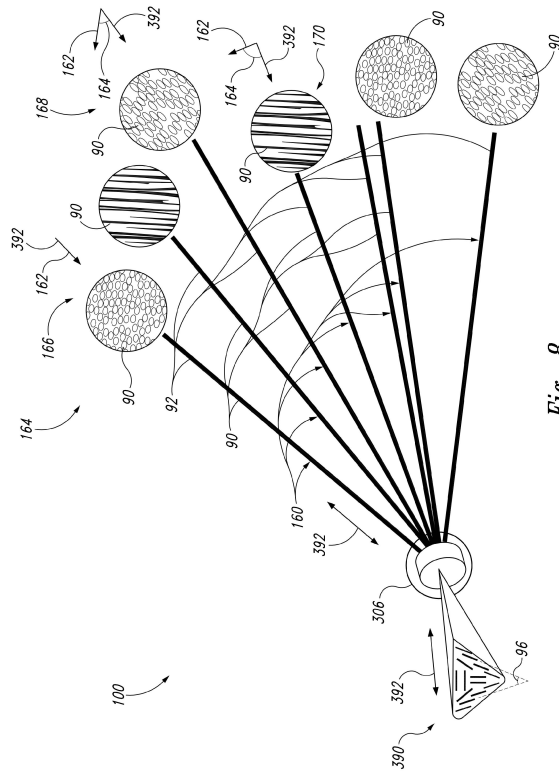


Fig. 8

【図 9】

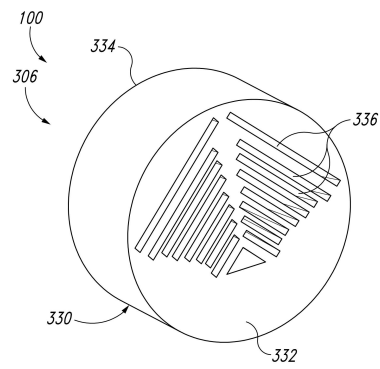


Fig. 9

【図 10】

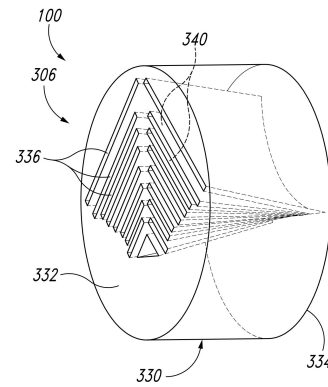


Fig. 10

【図 11】

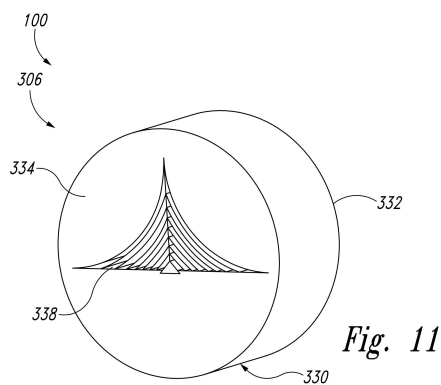


Fig. 11

【図 12】

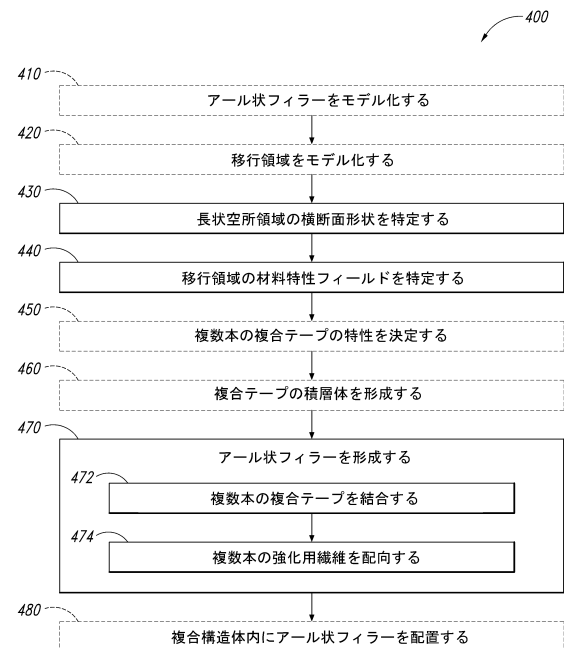


Fig. 12

フロントページの続き

(74)代理人 100161274

弁理士 土居 史明

(74)代理人 100168044

弁理士 小淵 景太

(74)代理人 100168099

弁理士 鈴木 伸太郎

(72)発明者 ダグラス エー・マッカービル

アメリカ合衆国、イリノイ州 60606 - 2016、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ
100、 ザ・ボーイング・カンパニー内

(72)発明者 フアン シー・グスマン

アメリカ合衆国、イリノイ州 60606 - 2016、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ
100、 ザ・ボーイング・カンパニー内

(72)発明者 ジョーダン オリバー バークランド

アメリカ合衆国、イリノイ州 60606 - 2016、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ
100、 ザ・ボーイング・カンパニー内

(72)発明者 ライアン ショー ティドウェル

アメリカ合衆国、イリノイ州 60606 - 2016、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ
100、 ザ・ボーイング・カンパニー内

(72)発明者 ロバート エル・アンダーソン

アメリカ合衆国、イリノイ州 60606 - 2016、シカゴ、ノース リバーサイド プラザ
100、 ザ・ボーイング・カンパニー内

審査官 赤澤 高之

(56)参考文献 米国特許第04113910 (US, A)

国際公開第01/062495 (WO, A1)

特開2014-037137 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C08J 5/00 - 5/24

B29B 11/16

B29B 15/08 - 15/14

B32B 1/00 - 43/00