

(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 1
B29B 11/16 (2006.01)	B 2 9 B 11/16
B32B 3/02 (2006.01)	B 3 2 B 3/02
B32B 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 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
(22) 出願日	平成27年3月26日(2015.3.26)	(74) 代理人	100086380 弁理士 吉田 榮
(65) 公開番号	特開2015-199347 (P2015-199347A)	(74) 代理人	100103078 弁理士 田中 達也
(43) 公開日	平成27年11月12日(2015.11.12)	(74) 代理人	100130650 弁理士 鈴木 泰光
審査請求日	平成30年3月20日(2018.3.20)	(74) 代理人	100135389 弁理士 白井 尚
(31) 優先権主張番号	14/244,690		
(32) 優先日	平成26年4月3日(2014.4.3)		
(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】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)であつて、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、複数本の強化用纖維(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、纖維軸方向(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)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纖維(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纖維軸方向(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纖維軸方向(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)に平行な纖維軸方向(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、

(i i) 前記複数本の複合テープ(160)を前記成形型(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、

(i i i) 前記成形型(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】

10

【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(cavity)が形成される。

20

【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ます。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が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でき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。

30

【0004】

従来のアール状フィラーは、一本の複合材料を、複数箇所で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。

40

【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

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纖維を、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纖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纖維軸方向を、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纖維軸方向が、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、成形型の複数の第1開口に挿入することと、複数本の複合テープを成形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、成形型の第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纖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、複数本の強化用纖維を含む。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纖維は、移行領域の材料特性フィールドに基づいて選択された纖維軸方向を規定している。

【0013】

10

20

30

40

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。

【0014】

複合構造体は、移行領域内で収束する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】

【0015】

10

【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。

20

【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、成形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纖維軸方向、を示す概略図である。

【図9】本開示による成形型の概略図である。

【図10】図9の成形型の別の概略図である。

【図11】図9の成形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。

【0016】

30

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。

40

【0017】

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。

【0018】

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

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、複数の強化用纖維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に対する強化用纖維90の相対的な割合、強化用纖維90の組成、樹脂材料92の組成、強化用纖維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内における強化用纖維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、互いに対面接觸しており、及び／又は、互いに直接的に対面接觸しており、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、複数本の強化用纖維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纖維90は、概して、纖維配向方向に配置されており、本明細書では、このような纖維配向方向のことを、纖維軸方向及び／又は纖維軸ともいう。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、各複合テープの纖維軸方向は、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觸しているが、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】

より具体的で、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纖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行う。（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 方向のうちの一方）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 方向のうちの一方）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。40

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、任意の適當な方向において、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、任意の適當な方向とは、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 の任意の適當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 内の纖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

【 0 0 3 8 】

移行領域 4 0 の剛性フィールドは、任意の適當な位置、任意の適當な方向、及び / 又は、方向の任意の適當な組み合わせにおける、移行領域 4 0 の任意の適當な剛性を示す。剛性は、任意の適當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、任意の適當な位置、任意の適當な方向、及び / 又は、方向の任意の適當な組み合わせにおける、アール状フィラー 3 9 0 の任意の適當な剛性を示すものである。

【 0 0 3 9 】

30

移行領域 4 0 の熱膨張係数フィールドは、任意の適當な位置、任意の適當な方向、及び / 又は、方向の任意の適當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、任意の適當な位置、任意の適當な方向、及び / 又は、方向の任意の適當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、任意の適當な方向、及び / 又は、方向の任意の適當

40

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。

【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、その複数の強化用纖維90のそれぞれの纖維軸方向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纖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内に向く纖維方向を規定していてもよい。

【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。

【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。

【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、

10

20

30

40

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、複数の強化用纖維90と樹脂材料92とを含む。樹脂材料92は、強化用纖維90を覆う、囲む、及び / 又は、包む。強化用纖維90の例示的且つ非排他的な例は、任意の適当な炭素纖維、チタン纖維、アルミニウム纖維、ガラス纖維、及び / 又は金属纖維を含む。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。

10

【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。

20

【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。

30

【0049】

図4～図6に示すように、各複合テープ160の強化用纖維90(又は纖維90の長軸)は、纖維軸方向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。纖維軸方向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)纖維角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、纖維角は、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。

40

【0050】

纖維角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、纖維角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。

50

【0051】

図5に破線で示したように、強化用纖維90は、一本の複合テープ160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、強化用纖維90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。強化用纖維90が、一本の複合テープ160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、強化用纖維90のメッシュ、織物構造、布、ランダムなアレイ、及び/又は、強化用纖維の2つ又はそれ以上の2次元的配列を上下に積み重ねた構成、を含む。

【0052】

図7は、本開示による、アール状フィラー390の断面図である。上述したように、アール状フィラー390は、複数本の複合テープ160を含む。また、上述したように、複数本の複合テープ160のうちの少なくとも一部は、アール状フィラー390内の複数本の複合テープ160の残りに対して、傾斜角をなして配向されている。

10

【0053】

図7は、アール状フィラー390内の複合テープ160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40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82を含む及び/又は規定する主要応力領域80を、移行領域40が規定していることを示しており、複数本の複合テープ160のうちの少なくとも一部は、その強化用纖維90の纖維軸方向162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390は、1つ又は複数の頂点領域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一部は、その強化用纖維90が、頂点領域84内に向かって及び/又は当該領域内で延びる纖維軸方向162を規定するように、配向されている。

20

【0054】

図8は、本開示によるアール状フィラー390を形成するためのシステム100の概略図である。図8は、成形型306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390を形成する複合テープ160の纖維軸方向162、及び/又は、本開示によるアール状フィラー390内の複合テープ160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160が、本開示による成形型306に供給される。成形型306は、本明細書において、アール状フィラー用ダイ306とも呼ばれ、複数本の複合テープ160が挿入され、複数本の複合テープ160を内部で収束させることによって、アール状フィラー390を作製及び/又は形成するように構成されている。成形型306の例示的且つ非排他的な例が、図9～図11に示されており、これらを本明細書で説明する。成形型306、及び/又は、成形型306を含む、及び/又は、アール状フィラー390の形成に利用されるシステム100、の他の例示的且つ非排他的な例は、米国特許出願公開第2014/0034236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。

30

【0055】

上述したように、各複合テープ160は、複数の強化用纖維90と樹脂材料92とを含む。また、上述したように、各複合テープ160の複数の強化用纖維90は、その長軸392に対して任意の適当な纖維角164をなすように配向されている。本明細書では、複合テープ160が結合されてアール状フィラー390が形成された状態では、長軸392を、アール状フィラー長軸392とも呼ぶ。これは、図8に符号164にて示されており、同図には、図示のように強化用纖維90を含む様々な複合テープ160の概略断面図が示されている。符号166で示したように、纖維角164は、0度（すなわち、纖維軸方向162が長軸392に平行）であってもよい。このような状態では、纖維90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。

40

【0056】

50

これに加え、あるいはこれに代えて、符号 168 で示したように、纖維角 164 は、0 度と 90 度との間の有限の角度、例えば 45 度（すなわち、纖維軸方向 162 と長軸 392 とが、互いの間に 45 度の纖維角 164 を規定）であってもよい。このような状態では、纖維 90 は、断面がより橢円に見え、及び／又は、比較的大きな断面積を規定する。

【0057】

これに加え、あるいはこれに代えて、符号 170 で示したように、纖維角 164 は、約 90 度（すなわち、纖維軸方向 162 と長軸 392 とが、互いの間に 90 度の纖維角 164 を規定）であってもよい。このような状態では、纖維 90 は、断面が線形に見える。

【0058】

図 9～図 11 は、本開示による成形型 306 の概略図である。成形型 306 は、第 1 面 332 及び第 2 面 334 を規定する成形型本体 330 を含む。図 9～図 10 に示すように、第 1 面 332 は、複数本の複合テープ 160（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 336 を規定している。図 10 に示すように、複数の第 1 開口は、複数本の複合テープ 160 を、成形型本体 330 内に規定された複数の溝 340 内に導く。複数の溝 340 は、成形型本体 330 内で互いに収束しており、複数本の複合テープ 160 が、図 11 に示すように第 2 面 334 に規定された第 2 開口 338 を通って成形型 306 から出る前に、これらの複合テープを成形型本体 330 内で互いに接触及び／又は圧接させるようになっている。

【0059】

図 12 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 400 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 400 は、410 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、420 において移行領域をモデル化すること、を含みうる。方法 400 は、430 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、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、を含む。方法 400 は、さらに、450 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、460 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 400 は、470 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、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を含みうる。

【0060】

410 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、410 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 390 の樹脂収縮フィールドを含む。410 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、410 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。

【0061】

420 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、420 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、440 における特定を可能、及び／又は、容易にする。

【0062】

420 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、任意の適當な方法で、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、任意の適當な方法で、移行領域の任意の適當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、任意の適當な寸法、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當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當な部分の任意の適當な特性を決定及び／又は確定することを含みうる。450における決定は、任意の適當な基準に基づいて、方法400における任意の適當な時点で、例えば、470における形成の前に、行うことができる。

50

【0069】

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。

【0070】

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纖維軸方向を、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／又は確定することも含みうる。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

【0071】

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の纖維軸方向を規定する第1複合テープと、第1の纖維軸方向とは異なる第2の纖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の纖維軸方向は、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の纖維軸方向は、図4に示したように0度の纖維角で配向されている）一方、第2の纖維軸方向は、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の纖維軸方向は、図6に示したように、90度の纖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

【0072】

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纖維を、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、複数本の強化用纖維と、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纖維は、それぞれ纖維軸方向を規定している。

30

【0073】

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纖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

【0074】

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、成形型の第1面の複数の第1開口に挿入すること、成形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、成形型の第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。成形型は、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、成形型を選択すること、及び／又は、成形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纖維軸方向、及び／又は、主要応力方向に少なくとも実質的に平行な纖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、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】

A1 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、複数本の強化用纖維、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、纖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纖維を、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】

A2 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A1に記載の方法。

【0081】

A3 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。

10

【 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。

20

【 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纖維軸方向を、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。

30

【 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 纖維軸方向は、前記第 2 複合テープの第 2 纖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纖維軸方向を規定するよう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 】

40

A 2 2 前記結合することは、プ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

50

フィラーを形成することと、

(i i i) 前記成形型の第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A1～A23のいずれかに記載の方法。

【0103】

A25 前記成形型は、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A24に記載の方法。

【0104】

A26 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A1～A25のいずれかに記載の方法。 10

【0105】

B1 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、複数本の強化用纖維、及び樹脂材料を含んでおり、 20

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纖維は、纖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纖維軸方向を規定する、アール状フィラー。

【0106】

B2 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B1に記載のアール状フィラー。

【0107】

B3 前記アール状フィラーの材料特性フィールドは、 30

(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B1～B2のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0108】

B4 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B6に記載のアール状フィラー。

【0109】

B5 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B3～B4のいずれかに記載のアール状フィラー。 40

【0110】

B6 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B3～B5のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0111】

B7 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 50

記移行領域の前記材料特性フィールドに一致する、項B6に記載のアール状フィラー。

【0112】

B8 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B6～B7のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0113】

B9 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B1～B8のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0114】

B10 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B1～B9のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0115】

B11 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B1～B10のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0116】

B12 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B11に記載のアール状フィラー。

【0117】

B13 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纖維軸方向を規定する、項B12に記載のアール状フィラー。

【0118】

B14 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B12～B13のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0119】

B15 前記アール状フィラーを通って延び、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纖維に交差する、項B12～B14のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0120】

B16 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纖維軸方向を規定している、項B1～B15のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0121】

B17 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B1～B16のいずれかに記載の方法。

【0122】

B18 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觸している、項B1～B17のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0123】

B19 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B1～B18のいずれかに記載のアール状フィラー。

10

20

30

40

50

【0124】

B20 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B1～B19のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0125】

B21 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B1～B2 10 0のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0126】

B22 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B1～B21のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0127】

B23 前記アール状フィラーは、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B1～B22のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0128】

B24 前記アール状フィラーは、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B1～B23のいずれかに記載のアール状フィラー。 20

【0129】

B25 前記複数本の複合テープのうち、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B1～B24のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0130】

B26 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、前記アール状フィラーは、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B25に記載のアール状フィラー。 30

【0131】

B27 前記傾斜角は、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度である、項B25～B26のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0132】

B28 前記傾斜角は、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度未満である、項B25～B27のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0133】

B29 前記傾斜角は、前記アール状フィラーの横断面において測定される、項B25～B28のいずれかに記載のアール状フィラー。 40

【0134】

B30 前記アール状フィラーは、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B1～B29のいずれかに記載のアール状フィラー。

【0135】

B31 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 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沿って変化する、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； 10

(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； 20

(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。 30

【0141】

B 37 前記複数本の強化用纖維は、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纖維のそれぞれの纖維長軸は、纖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、前記纖維軸方向は、アール状フィラー長軸に対して、平行である、及び、纖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。 40

【0143】

B 39 前記纖維角は、

(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纖維角を含む、項 B 38 に記載のアール状フィラー。

【0144】

B 4 0 前記複数本の強化用纖維は、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、強化用纖維のメッシュ、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纖維は、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、強化用纖維のメッシュ、織物構造、布、ランダムなアレイ、及び、強化纖維の2つ又はそれ以上の2次元的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

【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。

40

50

【 図 1 】

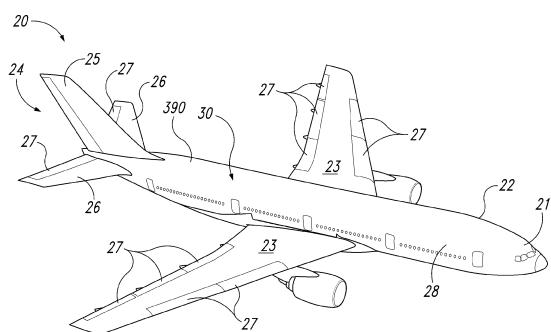


Fig. 1

【圖 2】

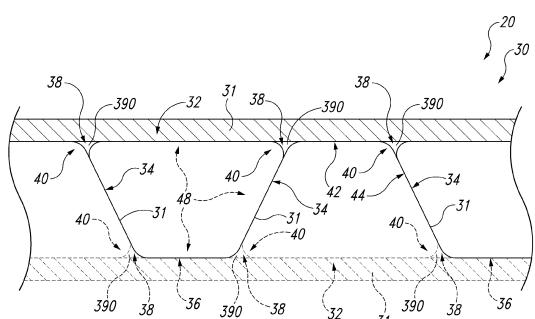


Fig. 2

【図5】

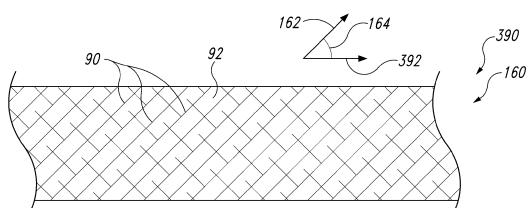


Fig. 5

【図6】

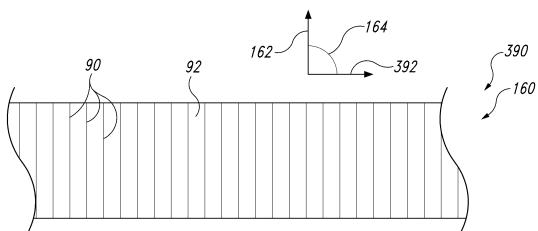


Fig. 6

【 図 3 】

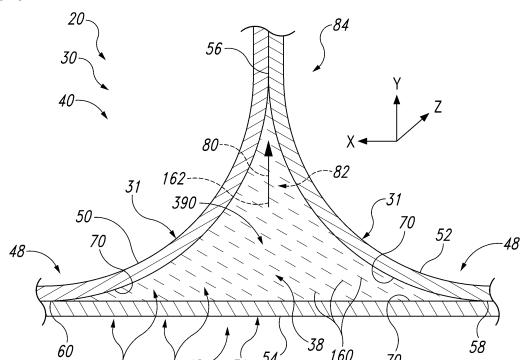


Fig. 3

【図4】

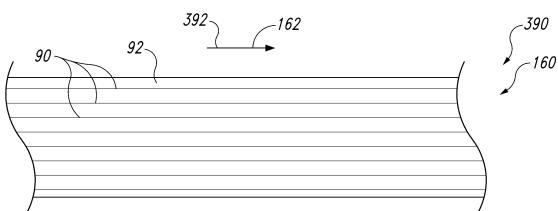


Fig. 4

【 四 7 】

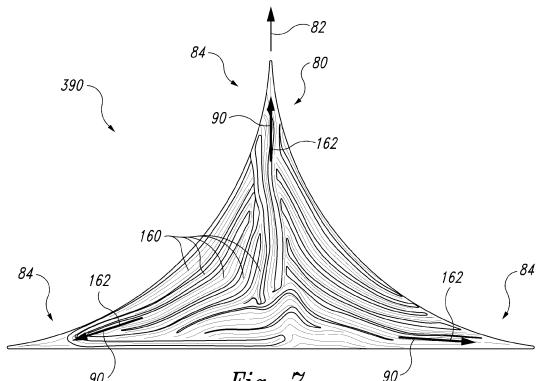
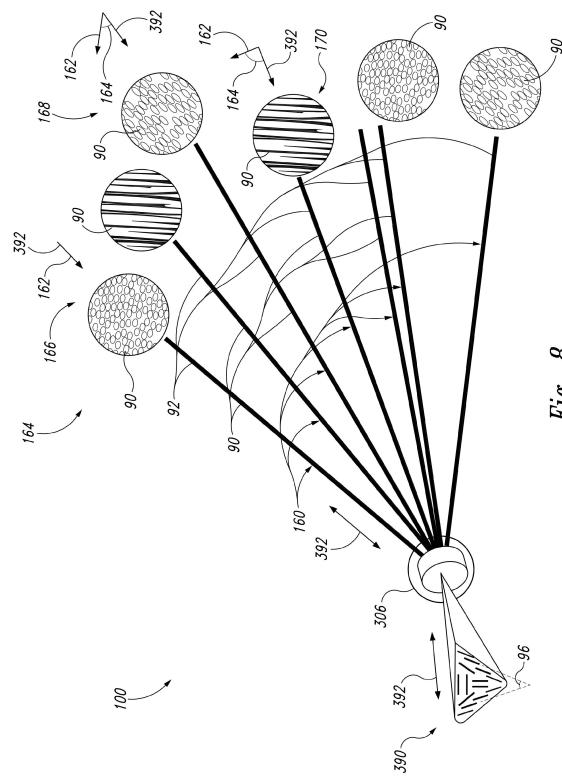


Fig. 7

【図 8】



【図 9】

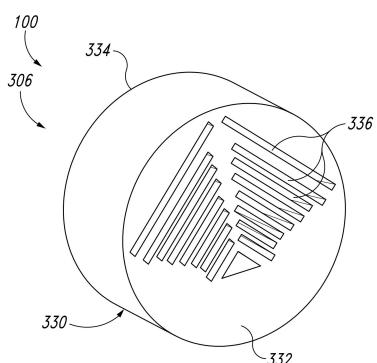


Fig. 9

【図 10】

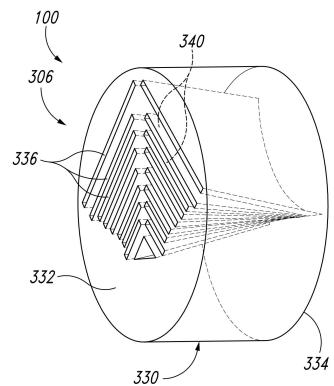


Fig. 10

【図 11】

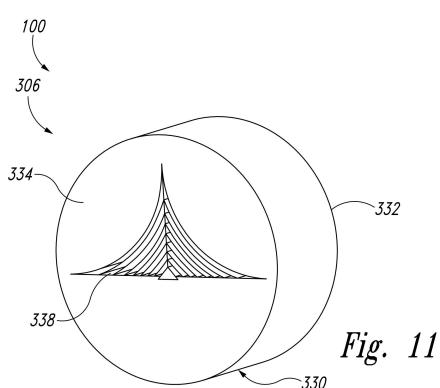


Fig. 11

【図 12】

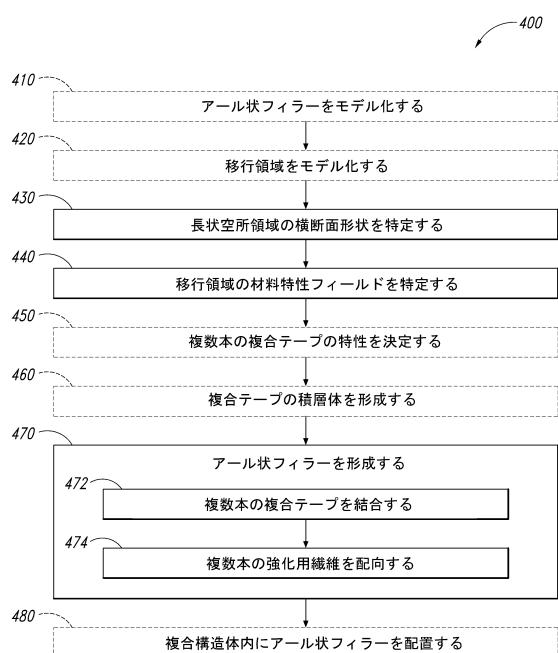


Fig. 12

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・ボーアイニング・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・ボーアイニング・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・ボーアイニング・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・ボーアイニング・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・ボーアイニング・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