

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6646974号
(P6646974)

(45) 発行日 令和2年2月14日(2020.2.14)

(24) 登録日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.

F 1

B32B 5/26 (2006.01)
B32B 7/05 (2019.01)B 32 B 5/26
B 32 B 7/05

請求項の数 6 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-156864 (P2015-156864)
 (22) 出願日 平成27年8月7日 (2015.8.7)
 (65) 公開番号 特開2016-97676 (P2016-97676A)
 (43) 公開日 平成28年5月30日 (2016.5.30)
 審査請求日 平成30年7月24日 (2018.7.24)
 (31) 優先権主張番号 14/553,553
 (32) 優先日 平成26年11月25日 (2014.11.25)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

(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
(74) 代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
(74) 代理人 100133400
弁理士 阿部 達彦
(74) 代理人 100163522
弁理士 黒田 晋平
(74) 代理人 100154922
弁理士 崔 允辰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ファイバベッドに融着された厚み方向領域を有する中間層を含む複合材料積層体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中間層の複数の高靱化領域を隣接する第1および第2のドライファイバベッドに融着する段階を含み、高靱化領域が、熱可塑性の粒子、熱可塑性のフィラメントおよび少なくとも1つの熱可塑性フィルムの1つからなり、熱可塑性領域は、厚み方向において第1および第2のファイバベッドの間に延び、各々が、機械的な連結または結合によって各々が第1および第2のファイバベッドに融着された第1および第2の端部を含み、

中間層が第1および第2の部分を含み、第1の部分が第1のファイバベッドに融着され、第2の部分が第2のファイバベッドに融着され、ファイバベッドが第1および第2の部分が接触している状態で積層され、

第1および第2のファイバベッドが、融着の後、ただし積層の前に、マトリックス樹脂で含浸される、複合材料積層体を作製する段階を含む方法。

【請求項 2】

複合材料積層体を作製する段階が、熱可塑性領域を融着する段階の後ファイバベッドにマトリックス樹脂を追加する段階およびその後にマトリックス樹脂を硬化する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

複合材料積層体を作製する段階が、スタッカを硬化する段階をさらに含み、それによって中間層の第1および第2の部分が互いに融着される、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

10

20

第1の部分が第1のファイバベッドに融着された第1の熱可塑性粒子を含み、第2の部分が第2のファイバベッドに融着された第2の熱可塑性粒子を含み、第1および第2のファイバベッドが積層されたとき、第1および第2の粒子の少なくとも幾らかが接触する、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

第1の部分が第1のファイバベッドに融着された第1の熱可塑性フィラメントを含み、第2の部分が第2のファイバベッドに融着された第2の熱可塑性フィラメントを含み、第1および第2のファイバベッドが積層されたとき、第1および第2のフィラメントが接触する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

第1のフィラメントおよび第1のファイバベッドが第1の角度で方向付けられ、第2のフィラメントおよび第2のファイバベッドが第2の角度で方向付けられる、請求項5に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

複合材料積層体に対する衝撃は、積層体のファイバベッドの中またはそれらの間のクラックの開始および伝播を引き起こす可能性がある。クラックは、モードIクラック、モードIIクラック、およびモードIIIクラックとして特徴付けることができる。

【背景技術】

【0002】

ファイバベッドの間の中間層は、モードIクラック、モードIIクラック、およびモードIIIクラックの伝播を妨げるために使用することができる。例えば、中間層は、熱可塑性物質領域または熱可塑性物質の含量が高い樹脂を含んでよい。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本明細書の実施形態によれば、複合材料積層体は、第1および第2のファイバベッド、およびファイバベッドの間の中間層を含む。中間層は、ファイバベッドの間に延び、ファイバベッドに融着された高靱化領域を含む。

【0004】

本明細書の他の実施形態によれば、本方法は、中間層の複数の熱可塑性物質領域を隣接するドライファイバベッドに融着する段階を含む複合材料積層体を作製する段階を含む。

【0005】

これらの特徴および機能は、様々な実施形態において独立に実現されてよく、または他の実施形態において組み合わされてよい。実施形態のさらなる詳細を、以下の記載および図面を参照して理解することができる。

【0006】

さらに、本開示は以下の項による実施形態を含む。

【0007】

項1. 第1および第2のファイバベッド、およびファイバベッドの間の中間層を含み、中間層が、ファイバベッドの間に延び、ファイバベッドに融着された高靱化領域を含む、複合材料積層体。

【0008】

項2. 高靱化領域が厚み方向において連続し、面内方向において不連続である、項1に記載の積層体。

【0009】

項3. ファイバベッドがマトリックスに埋め込まれた補強ファイバを含み、高靱化領域が、マトリックスと比較してクラック伝播により耐性を有する材料で作られる、項1または2に記載の積層体。

10

20

30

40

50

【0010】

項4. マトリックスの構成物が熱硬化性物質を含み、高靱化領域の構成物が熱可塑性物質を含む、項3に記載の積層体。

【0011】

項5. 高靱化領域が、第1および第2のファイバベッドに機械的に連結される、項1から4の何れか1項に記載の積層体。

【0012】

項6. 高靱化領域が、第1および第2のファイバベッドに結合される、項1から5の何れか1項に記載の積層体。

【0013】

項7. 高靱化領域が少なくとも1つの熱可塑性フィルムにより形成される、項1から6の何れか1項に記載の積層体。

10

【0014】

項8. 高靱化領域が熱可塑性の粒子を含む、項1から7の何れか1項に記載の積層体。

【0015】

項9. 高靱化領域が熱可塑性のフィラメントを含む、項1から8の何れか1項に記載の積層体。

【0016】

項10. 中間層が、クラック伝播に対する異なるレベルの耐性を有する複数の部分を提供するようにパターニングされ、異なる部分が、高靱化領域の異なる空間密度および高靱化領域の異なる組成のうち少なくとも1つを有する、項1から9の何れか1項に記載の積層体。

20

【0017】

項11. 中間層の複数の熱可塑性領域を隣接する第1および第2のドライファイバベッドに融着する段階を含む、複合材料積層体を作製する段階を含む方法。

【0018】

項12. 複合材料積層体を作製する段階が、熱可塑性領域を融着する段階の後ファイバベッドにマトリックス樹脂を追加する段階およびその後にマトリックス樹脂を硬化する段階をさらに含む、項11に記載の方法。

【0019】

30

項13. 中間層が第1および第2の部分を含み、第1の部分が第1のファイバベッドに融着され、第2の部分が第2のファイバベッドに融着され、ファイバベッドが接触を形成する第1および第2の部分と積層される、項11または12に記載の方法。

【0020】

項14. 第1および第2のファイバベッドが、融着の後、ただし積層の前に、マトリックス樹脂で含浸される、項13に記載の方法。

【0021】

項15. 複合材料積層体を作製する段階が、スタックを硬化する段階をさらに含み、それによって中間層の第1および第2の部分が互いに融着される、項14に記載の方法。

【0022】

40

項16. 各々の部分が、不溶解性の熱可塑性フィルムおよび不溶解性フィルム上の溶解性熱可塑性フィルムを含み、各々の不溶解性フィルムは、そのファイバベッドに融着され、マトリックス樹脂がフィルムの貫通孔を介してファイバベッド内部に注入され、ファイバベッドが接触を形成する溶解性フィルムと積層される、項14または15に記載の方法。

【0023】

項17. スタックを硬化する段階をさらに含み、それによって溶解性フィルムをマトリックス樹脂とブレンドする、項16に記載の方法。

【0024】

項18. 第1の部分が第1のファイバベッドに融着された第1の熱可塑性粒子を含み、

50

第2の部分が第2のファイバベッドに融着された第2の熱可塑性粒子を含み、第1および第2のファイバベッドが積層されたとき、第1および第2の粒子の少なくとも幾らかが接触する、項13から17の何れか1項に記載の方法。

【0025】

項19. 第1の部分が第1のファイバベッドに融着された第1の熱可塑性フィラメントを含み、第2の部分が第2のファイバベッドに融着された第2の熱可塑性フィラメントを含み、第1および第2のファイバベッドが積層されたとき、第1および第2のフィラメントが接触する、項13から18の何れか1項に記載の方法。

【0026】

高20. 第1のフィラメントおよび第1のファイバベッドが第1の角度で方向付けられ、第2のフィラメントおよび第2のファイバベッドが第2の角度で方向付けられる、項19に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】第1および第2のファイバベッドおよびファイバベッドの間の中間層を含む複合材料積層体の図である。

【図2A】隣接するファイバベッドと機械的に連結される高靱化領域を有する中間層の図である。

【図2B】隣接するファイバベッドに結合された高靱化領域を有する中間層の図である。

【図3A】モードIおよびモードIIのクラックに関連する中間層内の高靱化領域の図である。

【図3B】モードIおよびモードIIのクラックに関連する中間層内の高靱化領域の図である。

【図4】高靱化領域を有する中間層を含む複合材料積層体の一般的な作製方法の図である。

【図5】高靱化領域を有する中間層を含む複合材料積層体の作製方法を例示する図である。

【図6】部分的に溶解性の熱可塑性フィルムおよび不溶解性熱可塑性フィルムから中間層を含む複合材料積層体を作製する方法の図である。

【図7】熱可塑性材料の粒子から中間層を含む複合材料積層体を作製する方法の図である。

【図8】熱可塑性材料のフィラメントから中間層を含む複合材料積層体を作製する方法の図である。

【図9A】様々な方法で方向付けられたフィラメントの第1および第2の層を含む中間層の図である。

【図9B】様々な方法で方向付けられたフィラメントの第1および第2の層を含む中間層の図である。

【図10】選択的な韌性のためにパターニングされた中間層を有する複合材料積層体の図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

図1を参照すると、複合材料積層体110は、複数のファイバベッド120を含む。ファイバベッド120は、繊維状の媒体の1つ以上の列を含む。第1の例として、ファイバベッド120は、連続的な一方向性の補強ファイバの1つ以上の列を含む。第2の例として、ファイバベッド120は、様々な配向を有する連続的な補強ファイバの織物を含む。第3の例として、ファイバベッド120は、補強ファイバが不連続であり、ランダムに配向し、重なっている、ランダムマットを含む。

【0029】

ある構成において、ファイバベッド120の全てにおける全ての補強ファイバが同じ方向に延びる。他の構成において、幾らかのファイバベッド120の補強ファイバが、他の

10

20

30

40

50

ファイバベッド 120 の補強ファイバと異なる方向に延びる。例えば、複合材料積層体 110 は、参照方向に関連して 0 度で方向付けられるファイバを有する 1 つ以上のファイバベッド 120 、および参照方向に関連してゼロではない角度（例えば 45 度、 90 度）で方向付けられるファイバを有する 1 つ以上のファイバベッド 120 を含んでよい。

【 0030 】

複合材料積層体 110 の様々なファイバベッド 120 が、同じタイプのファイバまたは異なるタイプのファイバを有してよい。ファイバのタイプは、寸法、弾性率、組成などによって、異なってよい。

【 0031 】

補強ファイバは、マトリックスに埋め込まれる。様々なファイバベッド 120 が同じマトリックス組成または異なる組成を有してよい。 10

【 0032 】

複合材料積層体 110 は、少なくとも 1 つの中間層 130 をさらに含む（ただ 1 つの中間層 130 が図示されているが、複合材料積層体 110 は少なくとも 1 つの追加の中間層 130 を含んでよい）。中間層 130 は、第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B として示される、 2 つの隣接するファイバベッド 120 の間に配置される。

【 0033 】

さらに図 2A および 2B を参照すると、その両方が、第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B の詳細を説明する。各ファイバベッド 120A および 120B は、マトリックス 124 に埋め込まれた補強ファイバ 122 を含む。 20

【 0034 】

図 2A および 2B は、中間層 130 の詳細も説明する。中間層 130 は、厚み方向における隣接する第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B の間（すなわちブリッジ）に延びる高靱化領域 132 を含む。高靱化領域 132 は、膜厚方向において連続である。ある構成において、高靱化領域 132 は、面内方向において不連続である（図 2A および 2B はどちらも面内方向に不連続である高靱化領域 132 を示す）。以下に記載されるある構成（例えば融着された粒子によって形成された高靱化領域 132 、および重なったフィランメントによって形成された高靱化領域 132 ）において、高靱化領域 132 は、数ミクロンのオーダーから数ミリメートルの寸法を有してよい。以下に記載される他の構成（例えば、フィルムによって形成された高靱化領域 132 ）において、高靱化領域 132 は実質的に大きくてよく、連続的であってもよい。 30

【 0035 】

マトリックス 124 と比較してクラック伝播により耐性を有する材料で作られているので、高靱化領域 132 は、「高靱化された」として特徴付けられる。靱性は、クラック伝播に耐えて吸収され得るエネルギーの測定値である。靱性は G I および G I I 特性によって特徴づけられ得る。第 1 の例として、マトリックス 124 の組成物は、熱硬化性であり、高靱化領域 132 の組成物は、熱可塑性である。

【 0036 】

高靱化領域 132 はファイバベッド 120A および 120B に融着される。すなわち、各々の高靱化領域 132 は、第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B に各々融着された第 1 および第 2 の端部を有する。 40

【 0037 】

図 2A は、機械的な連結によって高靱化領域 132 が融着された構成を示す。高靱化領域 132 の反対の端部が、第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B と機械的に連結される。高靱化領域 132 はファイバベッド 120A および 120B に浸透してよく、補強ファイバ 122 の周囲を移動する。例えば、高靱化領域 132 の熱可塑性材料が、ファイバベッド 120A および 120B の補強ファイバ 122 の間の空間を充填してよい。

【 0038 】

図 2B は、結合によって高靱化領域 132 が融着された構成を示す。高靱化領域 132 50

の反対の端部が、第 1 および第 2 のファイバベッド 120A および 120B と結合される。結合は共有結合であってよく、非共有結合（例えば水素結合）であってもよい。

【0039】

高靱化領域 132 は、中間層 130 を通じて、膜厚方向のクラック伝播を妨げ得る。高靱化領域 132 は、面内のモード I クラックおよび面内のモード II クラックの伝播を妨げ得る。面内のモード I クラックおよびモード II クラックは、ファイバベッド 120 の端部（すなわち、中間層 130 におけるファイバ - マトリックス界面）に沿ったクラック、およびファイバベッド 120 の中央を通るクラックを含む。

【0040】

出願人は、ファイバベッド 120 に高靱化領域 132 を融着することによって、面内クラックに関連して、モード I およびモード II の特性が改善されることを見出した。融着される高靱化領域 132 は、融着されない高靱化領域と比較して、面内クラック伝播をより妨げると考えられる。

【0041】

図 3A は、面内モード I クラックを説明し、ここで引張応力 (T) はクラックの面に直角である。図 3B は、面内モード II クラックを説明し、ここでせん断応力 (S) はクラックの面に平行に、クラック前縁に垂直に働く。高靱化領域 132 はエネルギーを吸収し、それによってクラック伝播を妨げ、その結果複合材料積層体 110 のモード I およびモード II の特性を改善する。その結果、高靱化領域は、層間の靱性および衝撃特性を改善する。

10

20

【0042】

高靱化領域 132 は、特定の構成に制限されない。ある構成が複合材料積層体 110 を作製する様々な方法と関連して以下に記載される。これらの構成は、粒子から形成された高靱化領域 132、フィラメントから形成された高靱化領域 132、およびフィルムから形成された高靱化領域 132 を含む。

【0043】

複合材料積層体を作製する概略の方法を説明する図 4 が参照される。ブロック 410 において、中間層の複数の高靱化領域がドライファイバベッドに融着される。高靱化領域は、それらのファイバベッドに、結合および / または機械的に連結される。

【0044】

30

ブロック 420 において、融着の後、マトリックス樹脂がファイバベッドに追加される。すなわち、ファイバベッドはマトリックス樹脂で含浸される。

【0045】

ブロック 430 において、硬化が実施される。硬化の結果として、ファイバベッドの補強ファイバがマトリックスに埋め込まれる。高靱化領域は、マトリックスと比較してクラック伝播により耐性を有する。

【0046】

出願人は、樹脂含浸ファイバベッドへの融着が有効ではないことを見出した。したがって、融着は、ドライファイバベッド上で実施され、ドライファイバベッドは、融着の後樹脂で含浸される。さらに、硬化の前に融着することで、ファイバベッドのひずみが減少する。補強ファイバを曲げたり、または他のやり方で歪ませたりすることで、複合材料積層体の強度が減少する場合がある。硬化の間、熱可塑性材料で作られた高靱化領域が柔らかくなる可能性があり、その結果ファイバベッドを押すことがなく補強ファイバを大きく動かすことがない。

40

【0047】

中間層の形態もまたファイバの曲げに影響を与える場合がある。例えば、フィルムは平坦であり、硬化の間均一な圧力を与え、結果的にファイバベッドのひずみを最小にする。

【0048】

図 4 の方法が、ドライファイバベッドおよび中間層のスタックの形成、高靱化領域のそれらの隣接するドライファイバベッドへの融着、マトリックス樹脂でのスタックの含浸、

50

およびスタックの硬化、によって実施されてよい。しかしながら、図5は異なる実施を説明する。

【0049】

図5を参照すると、中間層は第1および第2の部分によって形成される。510において、第1の部分は第1のファイバベッドに融着され、第2の部分は第2のファイバベッドに融着される。520において、マトリックス樹脂が、第1および第2のファイバベッドに追加される。

【0050】

ブロック530において、スタックが第1および第2のファイバベッドで形成される。第1および第2のファイバベッドは隣接しており、融着された部分は接触している。すなわち、第1の中間層部分が第2の中間層部分と接触している。

10

【0051】

スタックは、複数の追加のファイバベッドを含んでよい。スタックは、追加の中間層もまた含んでよい。

【0052】

ブロック540において、スタックが硬化される。硬化の間、第1および第2の中間層部分が互いに融着される。

20

【0053】

図6は、第1および第2の部分によって形成される中間層の例を示す。各々の中間層部分600は、少なくとも1つの部分的に溶解性の熱可塑性フィルム614および不溶解性のフィルム612を含む。

【0054】

ブロック610において、中間層部分600はファイバベッド120A上に配置され、不溶解性フィルム612はファイバベッド120A上にあり、部分的に溶解性の熱可塑性フィルム614は不溶解性フィルム612の上にある。これらの2つのフィルム612および614は、整列された貫通孔616を有する。

【0055】

ブロック620において、不溶解性フィルム612がそのドライファイバベッド120Aに融着される。加熱されたニップローラまたは他のソースによって、熱および圧力が与えられてよい。圧力なしで、熱が、赤外線ヒータまたは他のソースによって与えられてよい。

30

【0056】

ブロック630において、ファイバベッド120Aがマトリックス樹脂632で含浸される。マトリックス樹脂632が部分的に溶解性のフィルム614上に配置され、貫通孔616内部へ、およびファイバベッド120A内部へ、強制的に送られてよい。

【0057】

ブロック610～630は、第2のファイバベッド120Bについて繰り返される。

【0058】

ブロック640において、未硬化のスタック642が形成される。第1および第2のファイバベッド120Aおよび120Bが、それらの部分的に溶解性の熱可塑性フィルム614が接触している状態で積み重ねられる。追加のファイバベッドおよび中間層（図示されない）がスタック642に追加されてよい。この段階において、スタック642は硬化される準備がある。

40

【0059】

ブロック650において、スタックは硬化され、複合材料積層体110を形成する。硬化の間、部分的に溶解性のフィルム614はマトリックス樹脂632とブレンドされる。その結果、各不溶解性フィルム612は、高熱可塑性物質含量の領域を形成し、部分的に溶解性のフィルム614の各々が、熱可塑性物質含量が低い周囲領域を形成する。

【0060】

中間層厚みは、不溶解性フィルム612および部分的に溶解性のフィルム614の厚み

50

によって制御される。部分的に溶解性のフィルム 614 が溶解する程、中間層 130 がより薄くなる。

【0061】

他の例において、部分的に溶解性のフィルムは省略されてよい。不溶解性のフィルムのみが、ドライファイバベッド上に形成され、不溶解性のフィルムがそれらのドライファイバベッドに融着され、ドライファイバベッドがマトリックス樹脂で含浸され、スタックが形成され、スタックが硬化される。含浸されたマトリックス樹脂の薄い層が、2つの不溶解性フィルムの間に結合を形成してよく、その結果連続的な高韌化領域を形成する。

【0062】

熱可塑性材料の粒子を含む中間層の例を示す図 7 が参照される。ブロック 710 において、熱可塑性粒子が、第 1 および第 2 のドライファイバベッドの各々の表面に与えられる。粒子は、溶媒中に粒子を分散し、各ファイバベッドの双方の表面に溶媒を塗布し、溶媒を洗い流すことによって与えられてよい。その代わりに、粒子は紛体コーティング処理または静電成膜によって付けられてよい。

【0063】

ブロック 720 において、粒子は第 1 および第 2 のファイバベッドに融着される。熱および圧力が、加熱されたニップローラによって与えられてよい。圧力なしに、熱が赤外線ヒータまたは他のソースから与えられてよい。

【0064】

ブロック 730 において、マトリックス樹脂が第 1 および第 2 のファイバベッドに与えられる。

【0065】

ブロック 740 において、硬化されていないスタックが形成される。第 1 および第 2 のファイバベッドが、第 2 のファイバベッドに融着された粒子と接触する第 1 のファイバベッドに融着された少なくとも幾らかの粒子が存在する状態で積み重ねられる。

【0066】

スタックは追加のファイバベッドを含んでよい。追加のファイバベッドが、マトリックス樹脂で予め含浸されてよく、またはマトリックス樹脂が、積み重ねた後に、樹脂で含浸されてよい。

【0067】

ブロック 750 において、スタックは硬化される。硬化の間、第 1 および第 2 のファイバベッドの接触している粒子は互いに融着される。

【0068】

熱可塑性材料のフィラメントを含む中間層の例を説明する図 8 が参照される。ブロック 810 において、熱可塑性フィラメントの1つ以上の層が、第 1 および第 2 のドライファイバベッドの各々に置かれる。フィラメントは、ベルの形態であってよく、または個々のフィラメントとして置かれてよい。第 1 のファイバベッド上のフィラメントは、第 2 のファイバベッド上のフィラメントと異なる角度方向を有してよい。

【0069】

ブロック 820 において、フィラメントはそれらの各々のファイバベッドに融着される。ブロック 830 において、第 1 および第 2 のファイバベッドはマトリックス樹脂で含浸される。マトリックス樹脂は、中間層内のフィラメントの間の空間もまた充填してよい。

【0070】

ブロック 840 において、スタックが形成される。第 1 および第 2 のファイバベッドが、第 2 のファイバベッド上のフィラメントと接触する第 1 のファイバベッド上のフィラメントが存在する状態で積み重ねられる。スタックは、追加のファイバベッドおよび中間層を含んでよい。

【0071】

ブロック 850 において、スタックは硬化される。第 1 および第 2 のファイバベッドに對向するフィラメントは、それらが接触する点で互いに融着される。

10

20

30

40

50

【0072】

図9Aは、第1のファイバベッド120A上のフィラメント910が0度で方向付けられ、第2のファイバベッド120B上のフィラメント920が異なる角度（例えば45度）で方向付けられる例を示す。図9Bは、フィラメント910および920が、それらの接触する点930において互いに融着されることを示す。ファイバベッド120Aおよび120Bは、それらのフィラメント910および920と同じ配向を有してよい。したがって、図9Aの例において、第1のファイバベッド120Aは0度で方向付けられてよく、第2のファイバベッド120Bは異なる角度で方向付けられてよい。

【0073】

他の例において、単一のプライの熱可塑性ペールが、ファイバベッドの間に融着されてよい。

【0074】

上述の例の各々において、中間層の特性は調整されてよい。中間層の特性は、寸法および組成に従って調整されてよい。フィルムによって形成された高靱化領域は、不溶解性フィルムの厚みおよび組成および部分的に溶解性のフィルムの溶解性に従って調整されてよい。

【0075】

中間層の特性は、高靱化領域の空間密度（空間密度は単位面積あたりの粒子またはフィラメントの数を示す）および/または高靱化領域の様々な組成に従って調整されてもよい。

【0076】

中間層は、様々なレベルの靱性を提供するようにパターン化されてよい。図10の例を考察されたい。図10は、チェッカーボードパターンである、中間層130として可能な多くのパターンのうちの1つを説明する。図10の中間層130に関して、暗い部分1010は、高密度の高靱化領域を表し、明るい部分1020は、低密度の高靱化領域を表す。暗い部分1010は最大の靱性を提供し、明るい部分1020はより低い靱性を提供する。

【0077】

図10は、長方形の形状を有する部分1010および1020を示す。他の形状として正方形、ダイヤモンド型、円、および矩形が挙げられるが、これらに限定されない。

【0078】

図10は大凡50%の暗い（高密度）部分1010および50%の明るい（低密度）部分1020を示す。しかしながら、パターンは等しい比率を有する2つの異なる密度に制限されない。他のパターンが、密度の異なる相対的パーセンテージを有してよい。他のパターンは、3つ以上の異なる密度を有してよい。他のパターンは、累進的な密度の度合いを提供してよい。

【0079】

溶解性のコーティングに関して様々な材料を使用することによって、様々な高靱化領域が様々な組成で作られてよい。様々なコーティングは、様々な固有の靱性の値を有してよい。より靱性を有するコーティングを有する高密度のフィラメントまたは粒子を用いることによって、高い靱性を有する中間層部分が形成されてよい。

【0080】

あるパターンは、弾性率および/または強度により調整された部分を有してよい。例えば、中間層は高強度部分、低強度、および高靱性部分のパターンを含んでよい。

【0081】

あるパターンにおいて、部分は他の部分の内部に埋め込まれてよい。例えば、高靱性部分は、高強度部分によって囲まれてよく、高強度部分は低強度部分と隣接してよい。

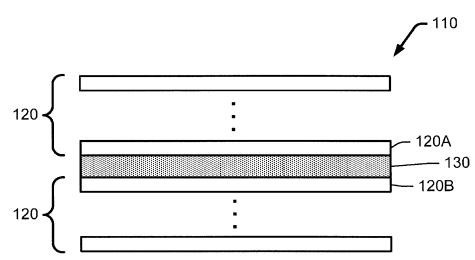
【符号の説明】

【0082】

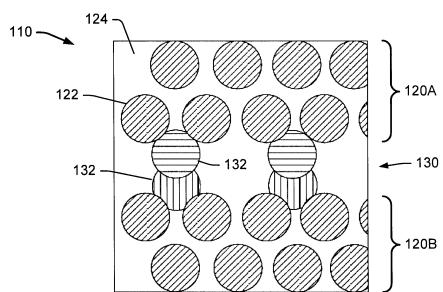
120 ファイバベッド
 120A 第1のファイバベッド
 120B 第2のファイバベッド
 122 補強ファイバ
 124 マトリックス
 130 中間層
 132 高剛化領域
 600 中間層部分
 612 不溶解性フィルム
 614 部分的に溶解性の熱可塑性フィルム
 616 貫通孔
 632 マトリックス樹脂
 642 未硬化のスタック
 1010 部分
 1020 部分

10

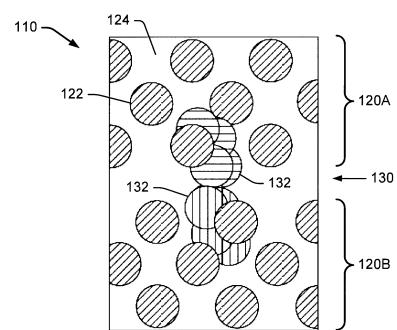
【図1】



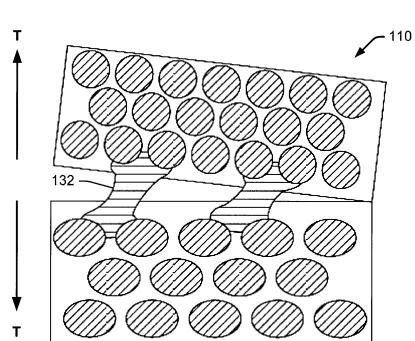
【図2B】



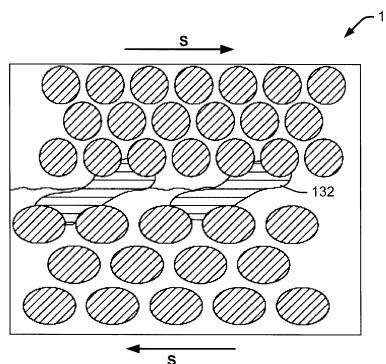
【図2A】



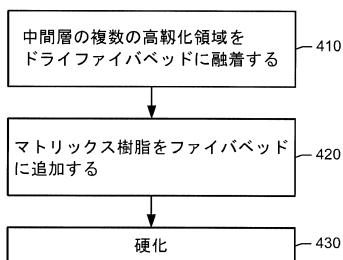
【図3A】



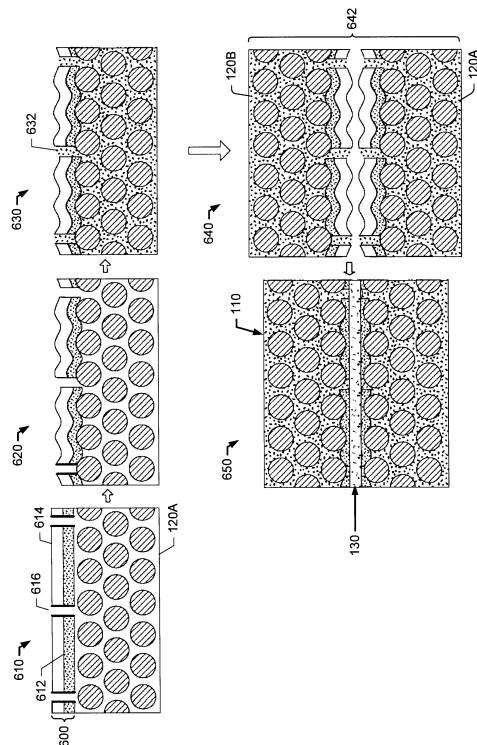
【図3B】



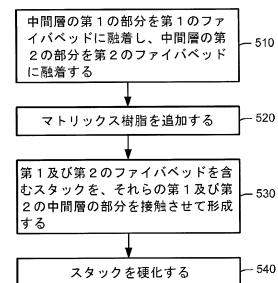
【図4】



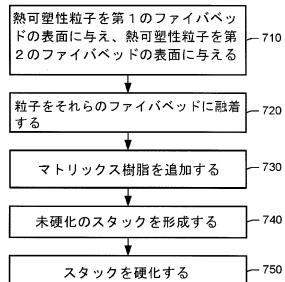
【図6】



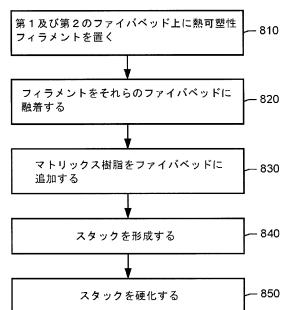
【図5】



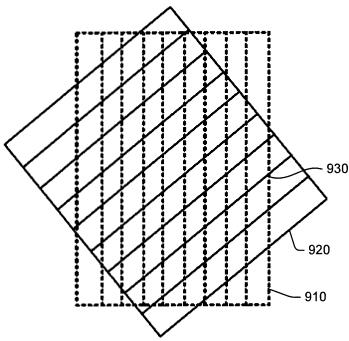
【図7】



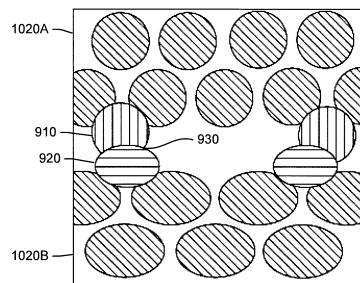
【図8】



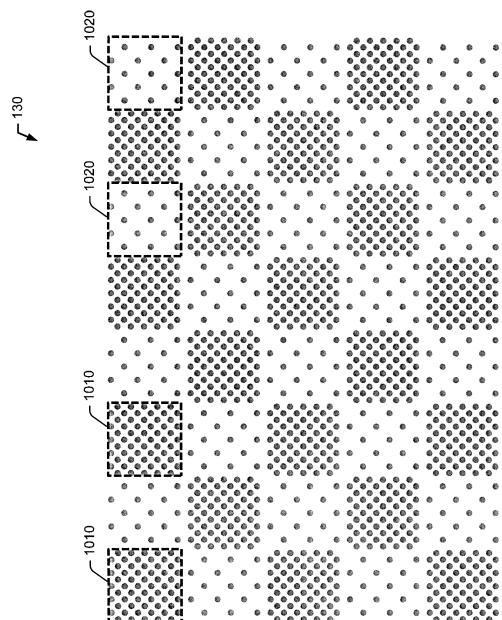
【図9A】



【図9B】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 マーク・スチュワート・ウィレンスキ

アメリカ合衆国・イリノイ・60606・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・100

(72)発明者 ケルシー・マリー・ハーレイ

アメリカ合衆国・イリノイ・60606・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・100

審査官 深谷 陽子

(56)参考文献 特開2007-276453(JP, A)

特開2004-291304(JP, A)

特開2006-264240(JP, A)

特開平10-158524(JP, A)

国際公開第2014/078499(WO, A1)

米国特許出願公開第2010/0086764(US, A1)

米国特許出願公開第2004/0086699(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0156422(US, A1)

米国特許出願公開第2014/0163139(US, A1)

米国特許出願公開第2004/0028884(US, A1)

米国特許第04537610(US, A)

米国特許出願公開第2014/0178636(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

B32B 1/00 - 43/00