

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3945869号

(P3945869)

(45) 発行日 平成19年7月18日(2007.7.18)

(24) 登録日 平成19年4月20日(2007.4.20)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 11/14 (2006.01)
B 2 9 C 70/06 (2006.01)

G O 1 B 11/14 H
 B 2 9 C 67/14 Z

請求項の数 24 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-244949	(73) 特許権者	591009037
(22) 出願日	平成9年9月10日(1997.9.10)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開平10-115511		THE BOEING COMPANY
(43) 公開日	平成10年5月6日(1998.5.6)		アメリカ合衆国、98124-2207
審査請求日	平成16年5月20日(2004.5.20)		ワシントン州、シアトル、メイル・ストッ
(31) 優先権主張番号	08/719694		プ・13-08 ピー・オー・ボックス・
(32) 優先日	平成8年9月26日(1996.9.26)		3707 (番地なし)
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100064746
			弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100091409
			弁理士 伊藤 英彦
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材料の繊維間のラップおよびギャップの存在を判定するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合材料の繊維間のラップおよびギャップの存在を判定するための方法であって、

(a) 前記複合材料の表面を照射するステップと、

(b) 前記複合材料の前記表面を電子スキャナで走査して前記表面の電子的表現を形成するステップとを含み、前記表面の前記表現は画素に分割され、各画素は前記表面の対応する部分を走査した際に検出された反射光の量に応じた強度値を有し、さらに、

(c) 前記表面の前記表現を、ラップおよびギャップが視覚可能となるように表示するステップを含む、方法。

【請求項 2】

前記表面の前記電子的表現を記憶するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記表示するステップは、

(a) 各画素にその画素の強度値に応じた階調を割り当てるステップと、

(b) 前記階調が割り当てられた画素を表示するステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記表示するステップは、

(a) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す 2 進表現に変換するス

テップと、

(b) 前記2進表現を表示するステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

(a) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(b) 前記変換された画素のうち、ギャップを表わす連続した変換画素の数と、繊維材料を表わす連続した変換画素の数とを交互に合計して、ギャップおよび繊維材料の連続した画素の数を表わす値を形成するステップと、

(c) 前記ギャップを表わす連続した変換画素の合計および前記繊維材料を表わす連続した変換画素の合計を含む配列を作成するステップとによって、ギャップおよびラップの存在を調べるために前記表面の前記表現を分析するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

10

【請求項6】

前記ギャップを表わす連続した変換画素の合計および前記繊維材料を表わす連続した変換画素の合計を含む前記配列を表示するステップをさらに含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記走査された表面上の2点間の距離を、前記走査された表面上の前記2点に対応する表示された2点間の距離を判定することによって判定するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

20

【請求項8】

前記表面のうち、繊維材料によって被覆される率を計算するステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

複合材料の繊維間のラップおよびギャップを検出するための装置であって、

(a) 前記複合材料の前記表面を照射するための光源と、

(b) 前記光源に関連して前記複合材料の前記表面を走査することにより前記走査された表面の電子的表現を形成するためのスキャナとを含み、前記表面の前記表現は画素に分割され、各画素は前記表面の対応する部分を走査した際に検出された光の量に応じた強度値を有し、さらに、

30

(c) 前記スキャナに関連して前記走査された表面の前記表現をラップおよびギャップが視覚可能のように表示するための画面を含む、装置。

【請求項10】

前記走査された表面の前記電子的表現を記憶するための記憶装置をさらに含む、請求項9に記載の装置。

【請求項11】

前記走査された表面の前記表現は、各画素にその画素の前記強度値に応じた階調を割当てかつ前記階調が割当てられた画素を表示することによって表示される、請求項9に記載の装置。

【請求項12】

40

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(ii) 前記2進表現を表示するステップとを含む、請求項9に記載の装置。

【請求項13】

(a) 演算処理装置と、

50

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(ii) 前記変換された画素のうち、ギャップを表わす連続した変換画素の数と繊維材料を表わす連続した変換画素の数を交互に合計して、ギャップおよび繊維材料の連続した画素の数を表わす値を形成するステップと、

(iii) 前記繊維材料を表わす連続した変換画素の合計を平均の繊維幅値と比較するステップとを含む、請求項9に記載の装置。 10

【請求項14】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(ii) 前記変換された画素のうち、ギャップを表わす連続した変換画素の数および繊維材料を表わす連続した変換画素の数を交互に合計して、ギャップおよび繊維材料の連続した画素の数を表わす値を形成するステップと、 20

(iii) 前記ギャップを表わす連続した変換画素の合計をギャップの許容値と比較するステップとを含む、請求項9に記載の装置。

【請求項15】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、前記表面の前記表示された表現上の2点間の距離を判定するステップを含む、請求項9に記載の装置。 30

【請求項16】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、前記表面のうち繊維材料によって被覆される率を計算するステップを含む、請求項9に記載の装置。

【請求項17】

複合材料の繊維間のラップおよびギャップを検出するための装置であって、

(a) 前記複合材料の前記表面を走査して前記走査された表面の電子的表現を形成するための手段を含み、前記表面は画素に分割され、各画素は前記表面の対応する部分を走査した際に受けとられた光の量に応じた強度値を有し、さらに、 40

(b) 前記スキャナに関連して前記走査された表面の前記表現をラップおよびギャップが視覚可能なように表示するための手段を含む、装置。

【請求項18】

前記走査された表面の前記電子的表現を記憶するための手段をさらに含む、請求項17に記載の装置。

【請求項19】

前記走査された表面の前記表現は、各画素にその画素の前記値に応じた階調を割当てかつ前記階調が割当てられた画素を表示することによって表示される、請求項17に記載の装置。

【請求項 20】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(ii) 前記変換された画素を表示するステップとを含む、請求項17に記載の装置。

【請求項 21】

10

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

(ii) 前記変換された画素のうち、ギャップを表わす連続した変換画素の数と繊維材料を表わす連続した変換画素の数とを交互に合計して、ギャップおよび繊維材料の連続した画素の数を表わす値を形成するステップと、

20

(iii) 前記繊維材料を表わす連続した変換画素の合計を平均の繊維幅値と比較するステップとを含む、請求項17に記載の装置。

【請求項 22】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、

(i) 前記走査された表面の少なくとも一部分に対する前記画素を、その画素に対応する位置にギャップまたは繊維材料のいずれかが存在することを示す2進表現に変換するステップと、

30

(ii) 前記変換された画素のうち、ギャップを表わす連続した変換画素の数と繊維材料を表現する連続した変換画素の数とを交互に合計して、ギャップおよび繊維材料の連続した画素の数を表わす値を形成するステップと、

(iii) 前記ギャップを表わす連続した変換画素の合計をギャップの許容値と比較するステップとを含む、請求項17に記載の装置。

【請求項 23】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、前記表面の前記表示された表現上の2点間の距離を判定するステップを含む、請求項17に記載の装置。

40

【請求項 24】

(a) 演算処理装置と、

(b) 前記演算処理装置に結合されたメモリとをさらに含み、前記メモリは前記画素の強度値を少なくとも一時的に記憶しかつ、前記演算処理装置を制御するプログラム命令を記憶し、前記演算処理装置上の前記プログラム命令の実行は、前記表面のうち繊維材料によって被覆される率を計算するステップを含む、請求項17に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】

50

この発明は一般に、複合材料の層の積み重ね（レイアップ）の表面におけるギャップおよびラップを検出かつ測定するための方法および装置に関する。

【0002】

【発明の背景】

高い比強度を要する広範な製品の製造工程において、複合材料がますます使用されている。複合材料とは、強度またはレジリエンスの異なる複数の構成材料からなる材料である。たとえば、高い引張強度を有する炭素繊維が、エポキシ樹脂内に埋込まれる。この組合せにより、広範な形状に形成されかつ、同重量で鋼鉄よりも何倍も強い、材料が生成される。

【0003】

典型的な複合材料の製造工程においては、炭素または他の繊維の長いストランドがスプールから多数引き出されて、平行になるように位置合せされる。その後、この繊維の平行の帯は加熱表面にかけられ押圧されて、エポキシ樹脂で固定される。結果として得られる複合材料は、繊維が走る方向に最も高い強度を有するため、複合材料の製造工程においては、複数の繊維の層が重ねられる。この層の成層または積層工程において、加工途中の複合繊維は、次の層の繊維が先行する層の繊維を横切るように重ねられて、どの方向にも強い材料が生成される。この複合材料は構築された後に、キルンまたはオートクレーブ内で加熱硬化されて、硬質の構造を生成する。

【0004】

複合材料の積層工程は、強くかつ軽量の材料を生成するのに極めて有効ではあるが、結果として得られる材料の強度に影響を及ぼす問題が、この製造工程中に発生し得る。まず、表面に重ねられる炭素繊維の繊維間にギャップが生じ得る。このようなギャップは、多くの曲げ、折りまたは曲線を有する装置を複合材料で製造する際に特に発生しやすい。サイズの大きいギャップがあると、結果として得られる複合材料はそのギャップを有する部分で強度が低下するおそれがある。同じような場所に多数のギャップがある場合には、強度の低下は一層大きくなる。同様に、隣接しかつ平行であるべき繊維が、互いに重なり合う場合がある。この重なり合った繊維、すなわち「ラップ」もまた、強度の低下した部分を作り出す。ラップの存在は、ギャップの存在よりも重大な問題であり得る。加熱硬化の工程において繊維は膨張するため、あるサイズ以下のギャップは、繊維が膨張しかつ互いに対して移動することで埋められる。しかし、ラップは硬化工程中に悪化しやすい。硬化工程

【0005】

完成した材料内にこのように強度の低下した部分ができないようにするために、繊維の各層は、ラップおよびギャップがないかどうか検査されなくてはならない。典型的には、検査者は視覚的に複合材料の表面を観察して、ラップまたはギャップを探す。これは非常に単調で退屈な工程であって、誤りに結びつきやすい。繊維およびギャップが小さいために、ラップおよびギャップを探すためには拡大鏡が使用されねばならず、加えて、炭素繊維が黒いため、繊維の最上層内のラップまたはギャップを視覚的に探すのは、その下の繊維の層もまた黒い場合には極めて困難である。さらに、繊維間のギャップのサイズを正確に測定することは困難であり、その認められたギャップが問題を引き起こすのに十分な大きさを有するかどうかを判定することもまた困難である。これらの問題は、製造される複合材料が大型の場合により一層大きな問題となる。大型の複合材料の表面を観察する検査者は、疲れおよび眼精疲労を覚え、重大なラップおよびギャップを見落とすおそれがある。

【0006】

【発明の概要】

この発明は、複合材料の表面を観察して、繊維内のラップおよびギャップ等の欠陥を発見するための、簡単かつ有効な方法および装置を提供する。好ましい実施例においては、一般に文書をデジタル化するのに使用される種類の電子スキャナが、観察されるべき表面に

10

20

30

40

50

わたってかけられる。このスキャナは、複合材料の表面を照射する光源と、反射を検出する感光部または検出器とを有する。表面を繊維の方向に走査することによって、表面層におけるギャップおよびラップの存在が検出される。この方法は、ラップまたはギャップのサイズおよび近接するラップまたはギャップ間の距離を測定することが可能であるため、製造者は、そのラップまたはギャップの存在が複合材料の強度の顕著な低下につながるかどうかを判定することができる。

【0007】

この発明の他の局面に従えば、光学的に走査された表面の画像が、そのラップおよびギャップを目で見ることができるような形で表示される。好ましい実施例においては、走査された画像は、コンピュータ端末の画面上にグラフィックとして表示される。

10

【0008】

この発明のさらなる局面に従えば、ラップまたはギャップのサイズが判定されかつ画面上に表現される。同様に、ラップまたはギャップと別のラップ、ギャップ、または表面の他の点との間の距離が、判定されかつ表示される。

【0009】

この発明のさらに別の局面に従えば、走査解像度は、繊維のサイズおよびギャップの有し得る幅の範囲に合せて調整が可能である。

【0010】

この発明のまた別の局面に従えば、走査された画像ならびにラップおよびギャップのデータは、後に表示または分析できるよう、メモリ内に記憶される。同様に、画像または画像のデータ表現は、ラップまたはギャップに関して画像を分析するために、メモリから検索される。

20

【0011】

この発明のさらなる局面に従えば、走査された画像は、表面積のうち最上層の繊維によって被覆される率を判定するために分析される。

【0012】

この発明の以上の局面および付随する利点の多くは、以下の詳細な説明を添付の図面と関連して参照することにより、より深く理解するにつれ、より容易に認識されるであろう。

【0013】

【好ましい実施例の詳細な説明】

30

図1を参照して、この発明に従って構成されたラップ／ギャップ検出器が、参照番号10を付されて包括的に示される。光源および感光部を有するヘッド13を含む電子文書スキャナ12は、ケーブル14を介して、従来からあるものと同様のデスクトップまたはノートブックコンピュータ16に接続される。図2には、コンピュータ16の主要な構成要素のいくつかが図示される。コンピュータ16が図2に示される構成要素よりも多くの構成要素を含むことは当業者には明らかであろうが、この発明を実施するための好ましい実施例の開示においては、示されるこれら概ね従来からある構成要素のすべてを必要とするわけではない。

【0014】

CPU20は、バス32を介して、ROM22およびRAM24に結合される。CPU20は、ROM内に記憶されたプログラム命令およびRAM内に一時的に記憶されたプログラム命令に応答する。コンピュータ16はまた、ハードディスクドライブ、フロッピーディスクドライブ、または他の記憶媒体等の、記憶装置26を含む。キーボード28およびポインタ29は、バス32を介してCPU20に結合される。ポインタ29はマウス、トラックボール、または他の、ユーザが画面30と対話することによってCPUに命令を出すことを可能にする装置である。この発明に従えば、CPUは、バス32を介してCPUにやはり結合されているスキャナ12によって提供されるデータを処理するようプログラムされる。CPUによって処理されたデータは、画面30上にも表示され、また、後の使用のために記憶装置26内に記憶できる。

40

【0015】

50

図3 (A) には、この発明に従って走査されかつラップおよびギャップがないか分析できる複合積層材料が示される。複合材料の下層40は、エポキシ樹脂内に埋込まれた多数の繊維41からなる。航空機の飛行操縦翼面またはフェアリングに使用される場合、繊維41は典型的に、太さが約1/8インチである。各層には繊維41が、平行の帯として一度にいく本かの繊維が塗布される。一度にいくつもの繊維41を塗布してもよいが、繊維は多くの場合、12本、24本、または32本の繊維の帯として塗布される。同様に、複合材料のレイアップは、平行な繊維の帯からではなく、テープの帯からも構築できる。複合材料の表面層42は、表面層42の繊維41が下層の繊維41を横切って延びるように下層40の上に配置される。図3 (A) には2つの層のみが示されているが、この発明と矛盾することなくいくつもの層も使用できることが当業者には理解できるであろう。

10

【0016】

理想的には各層にギャップは存在しないが、表面層42が2つのギャップ44、46を含むものとして示されている。ギャップ44、46は裸眼でも視認可能ではあるが、発見は困難である。なぜなら、それらのギャップは小さく、かつ複合材料の各層が黒いためである。したがって、この発明に従って、スキャナ12のヘッド13が表面層42にわたって、表面層42の繊維41に実質的に平行な方向にかけられて、複合材料の表面の電子的表現が形成される。スキャナは電気信号を生成する。その電気信号は走査された表面の電子的表現を形成する格子に表面を分割するのである。各個別の格子要素、すなわち画素は、ヘッド13が検出する反射光の量に応じた値によって表現される。

【0017】

20

スキャナのヘッド13からの光が表面層の繊維41を照射する際には、光のほとんどはスキャナ12と別方向に反射するか、または、表面層42の繊維41によって吸収されて、表面層42は黒く見える（反射光はほとんどまたは全く、検出されない）。ギャップ44、46を介して、下層40からのより多くの反射光が検出されることがわかった。したがって、繊維41と実質的に平行な方向に走査することで、スキャナの出力は、スキャナがギャップに当たった際の方が、表面の繊維に当たった際よりも高い光の強度値を有する（すなわち、その表面は、より高い値を有する画素によって表わされる）。

【0018】

図3 (A) の複合材料の層を、スキャナ12によって「見られ」かつスキャナの出力によって表わされるものとして示したものが図3 (B) の層である。光は、表面層42に当たると概ね吸収されるかまたはスキャナのヘッド13以外に向けて反射されるが、下層40によっては反射されてスキャナ12によって受け取られるために、ギャップ44、46は、表面層42の繊維41とは区別される。

30

【0019】

一実施例においては、スキャナ12はカリフォルニア州オリンダ (Orinda, California) のサンダーウェア社 (Thunderware, Inc.) によって製造された、LightningScan (登録商標) Pro 256 ハンドヘルドスキャナである。スキャナ12は、ケーブル14を介してコンピュータ16のSCSIポートに接続されるが、これは、好ましい実施例においては、システム7.0で動作するマッキントッシュ・パワーブック (Macintosh PowerBook) である。従来からのソフトウェアドライバが、スキャナの出力を解釈して、電子的ビットマップ画像を生成する。

40

【0020】

スキャナ12は、スキャナのヘッド13の両側に（図1に概略的に示される）車輪17を含み、これらが走査されるべき表面に接触する。スキャナのヘッド13が表面上を横切る際、スキャナは車輪17の回転速度を解釈して、それに応じてサンプリング速度を調節する。このようにして、スキャナは走査されている表面とほぼ同じ寸法を表わす画素を有するビットマップ画像を生成する。

【0021】

スキャナ12は、4インチの走査幅および、400ドット/インチ (dpi) の走査解像度を有することが可能であり、これにより、走査幅は1600画素に分割される。繊維4

50

1が典型的に1／8インチ幅であるため、繊維41はおよそ50画素の幅を有することになる。当業者には理解されるように、スキャナ12はこの発明と矛盾することなく、種々の走査幅および解像度を有し得る。

【0022】

スキャナ12は、広範囲にわたる可能な走査解像度を有するばかりでなく、走査された画像の強度を、広範囲にわたる可能な範囲に量子化が可能である。好ましい実施例においては、スキャナ12は256階調の走査が可能である。結果として、各画素は0から255までの、関連する強度値を有し、ここで、0に近い値はスキャナのヘッド13によって検出された光がほとんどないことを示し、255に近い値は、より多くの量の光が検出されたことを示す。

10

【0023】

スキャナ12が表面層42の繊維に平行な方向で確実に走査できるように、スキャナ12は直線の縁部または定規に沿って導かれる。表面層42が走査される間、各画素のための値がソフトウェアドライバから受けとられて、コンピュータ16内の生データ配列50内に記憶されるが、これが図4に示される。この生データ配列50は、画素を単位として測定された、スキャナの幅に等しい幅を有する二次元の配列である。したがって、好ましい実施例においては、その幅は4インチ×400ドット／インチ、すなわち1600画素である。図4で参照符号1によって表わされる生データ配列50の長さは可変であり、これは、走査される複合材料の長さによって決定される。たとえば、複合材料の8インチ長さの部分走査することによって、幅1600画素、長さ3200画素の生データ配列50

20

【0024】

走査された複合材料表面の、生データ配列50に記憶された表現は、コンピュータ16の画面30上にも表示される。各画素値には、その画素の強度値、したがって、複合材料の表面上の対応する位置においてスキャナのヘッド13によって検出された反射光の量に応じて、階調が割当てられる。この好ましい実施例においてはグレーの階調が使用されているが、当業者には理解され得るように、走査された表面の電子的表現を表示するために、他の色の階調または色の組合せが使用されてもよい。さらに、スキャナによって受取られた光の量を表わす数値が、その値を階調に変換することなく表示されてもよい。

30

【0025】

走査される表面のサイズ、したがって、生データ配列の長さLによっては、生データ配列の全体を画面30上に一度に表示できない場合がある。この場合には、画面30は、ポインタ29またはキーボード28を使用して、当該技術分野において周知の態様によって、生データ配列50の異なる部分を表示するように調節すなわち、「スクロール」できる。加えて、表示される画像は、スクリーン上に表示される画素のサイズを大きくすることによって、拡大できる。これにより、繊維41間に存在するどのようなギャップ44、46も、容易に検出される。なぜなら、画面30を見る方が、複合材料自体を見るよりも、はるかに容易に視認可能なためである。加えて、ギャップの画素の数に、1画素当りのインチ数を乗じることによってギャップのサイズを判定できる。

40

【0026】

複合レイアップ材料を走査しかつ表示するために、この発明によって用いられる全体的な論理は、図5に示されるようにまとめられる。この論理はブロック102で始まり、ここでは複合材料の表面が光源によって照射される。その後論理はブロック104に進み、ここで、表面によって反射される光を検出することによって表面が走査される。ブロック106においては、スキャナ12によって生成されたビットマップ画像が画面30上に表示される。ブロック108において、走査されたビットマップ画像は後の検索および分析のために記憶される。

【0027】

50

データの走査が完了しかつ画面 30 上に表示された後に、ラップおよびギャップの存在を確かめるためにより詳細にデータを分析できる。まず、より詳細な分析のためにある行が選択される。この行の選択は、画面の、ラップまたはギャップを有する特定の行に注目することによってなされる。分析は、初めにその選ばれた行に関する画素の強度値を、ギャップまたは繊維材料のいずれかを表わす 2 進値に変換する。選択された行を 2 進表現に変換するためにこの発明によって用いられる論理を図 6 に示す。この論理はブロック 112 から始まり、ここで生データ配列 50 の単一の行が、キーボード 28 またはポインタ 29 のいずれかを使用して選択される。ここでは 1 行のみが選択されているが、この発明に矛盾することなく、いかなる数の行も選択できる。選択された行内の各画素に対する生データの強度値は、その後、各画素におけるギャップまたは繊維材料のいずれかの存在を表わす 2 進値に変換される。より具体的にはこの変換は、ブロック 114 で、各画素値を、繊維 41 とギャップ 44、46 とを区別するのに使用される調節可能な階調しきい値と比較することによって、行なわれる。好ましい実施例においては、階調しきい値は 65 である。生データ配列 50 の選ばれた行よりの生の走査値のうち、このしきい値以上の値がギャップであると判定される。一方、このしきい値未満の生の走査値は繊維材料であると判定される。生の画素値の各々をしきい値と比較する際、各画素には、繊維またはギャップのいずれかを表わす 2 進値が割当てられる。しきい値を上回る値は「T」（繊維＝「真」）で示されるが、この値については論理はブロック 116 に進み、しきい値よりも低い「F」（繊維＝「偽」）で示される値については、論理はブロック 118 に進む。いずれの場合にも、論理はその後ブロック 120 に進み、ここで 2 進値 T または F が、図 7 を参照して以下に記載される繊維／ギャップデータ配列内に記憶される。ブロック 122 に進むと、この 2 進変換プロセスは、繊維／ギャップデータ配列が埋められるまで続けられる。この繊維／ギャップデータ配列は、生データ配列 50 と同じ幅および、1 画素の長さを有するものである。したがって、好ましい実施例においては、繊維／ギャップデータ配列 60 は、1 画素×1600 画素の寸法を有し、各画素について、変換された 2 進値、T または F を含む。ここに記載されたすべての配列と同様に、繊維／ギャップデータ配列 60 も画面 30 上に表示されかつ記憶装置 26 内に記憶できる。図 7 に、繊維／ギャップデータ配列 60 の例を示す。

【0028】

繊維／ギャップデータ配列 60 が生成された後に、論理はブロック 124 に進んで、選ばれた行を 2 進の形で表わすように画面 30 が更新される。好ましい実施例においては、ギャップ（または「F」値）は赤い画素で表示され、繊維（または「T」値）は黒い画素で表示される。当業者には理解され得るように、繊維およびギャップ（T または F）は、それら繊維およびギャップを視覚的に見分けることを可能とする、いかなる色または階調を使用して表現されてもよい。画面上の 2 進表現は、ギャップの存在を容易に視覚できるようにする。

【0029】

その後、繊維／ギャップデータ配列 60 は、図 8（A）に示される幅配列 70 を生成するのに使用される。この幅配列 70 を生成する目的は、検出された繊維幅と隣接するギャップの幅との対の配列を形成することである。したがって、幅配列 70 は 2 つの欄を含み、一方はギャップの幅を他方是对応する繊維幅を表わす。図 9 に、幅配列 70 を生成するのに用いられる論理が示される。この論理はブロック 130 において、繊維／ギャップデータ配列よりの初期画素指定を分析して、それが T であるか F であるかを判定することから始まる。もし初期値が T であれば、論理はブロック 132 に進んで、F が発見されるまでの連続した T が合計される。この時点において、論理はブロック 134 に進んで、この連続した T の数が幅配列 70 の、繊維幅の欄の第 1 行目に入れられる。その後、論理はブロック 136 に進んで、画素ギャップデータ配列がすべて使用されたかどうか判定される。まだ残っていれば、論理はブロック 138 に進む。その後、T が発見されるまでの連続した F が合計される。この時点において、論理はブロック 140 に進んで、この連続した F の数が、幅配列のギャップ幅の欄の第 1 行目に入れられる。その後論理はブロック 14

10

20

30

40

50

2に進んで、繊維／ギャップデータ配列内に分析されるべき画素が残っていないかどうか判定される。まだ残っている値があれば、論理はブロック132に戻って、先に記載したように連続したTが数えられて、その数が繊維幅の欄の次の行に入れられる。このプロセスは、繊維／ギャップデータ配列60の全体が数えられるまで続けられる。結果として得られる幅配列70は、2欄に配列された、ギャップ幅と繊維幅との対を含む。

【0030】

場合によっては、繊維は重なり合うかまたは、互いに非常に近接しているために繊維間にギャップが存在しないことがある。重なり合っているかまたはギャップがない状態は、画面30上では、ギャップが存在せずに繊維材料が連続しているように見える。したがって、複合材料を視覚的に見ている場合にも、走査された画像を画面30上で見ている場合にも、いずれの場合においても、真に重なり合っているのかまたは2つの繊維41が単に互いに隣接しかつ接触し合っているのかを判定することは困難である。この困難さは、幅配列70を図8(B)に示される合成幅配列72に変換することによって対処できる。幅配列70を合成幅配列72に変換する際には、繊維材料を表わす連続した画素の合計が、繊維の平均の幅値と比較されて、繊維が重なり合っているかどうか判定される。図10に、合成幅配列を生成するのに使用される論理が示される。この論理はブロック150から始まるが、ここで幅配列70の繊維幅の欄の第1行目よりの値が、平均の繊維幅によって除かれて、最も近い整数に丸められる。この平均繊維幅とは、繊維の期待される幅を表わす予め設定された値である。好ましい実施例においては、この平均繊維幅は1/8インチ、または50画素である。繊維幅データ配列70よりの値を平均繊維幅によって除することによって得られたNは、隣接するまたは重なり合う繊維の予測される本数である。

【0031】

その後論理はブロック152に進んで、ブロック150における除算の結果が評価される。もし予測される繊維の数Nが1であれば、論理はブロック154に進んで、そこで幅配列70の測定された繊維幅欄よりの値およびそれに対応するギャップ幅値が、合成幅配列72の第1行目の2つの欄に入れられる。予測される繊維の数Nが1よりも大きい場合には、論理はブロック158に進んで、幅配列70の繊維幅欄よりの値がその予測される繊維の数Nによって除かれて、「平均繊維幅」が生成される。次に論理はブロック160に進んで、ここでその平均繊維幅が、合成幅データ配列72の繊維幅の、その予測される繊維の数Nと等しい数の行内に入れられる。ブロック154および160を経て、論理はブロック156に進み、ここで、幅配列内に分析されるべき値が残っていないかどうか判定される。もし値が残っていれば、論理はブロック150に戻る。

【0032】

このプロセスは、図8(A)および図8(B)を参照して、より深く理解されるであろう。図8(A)に示されるように、例示の幅データ配列70は繊維幅欄に90という値を含み得る。繊維幅データ配列70よりのこの繊維幅値90が平均の繊維幅50で除された場合、予測される繊維の数Nは2となる。結果として、繊維幅データ配列70よりの値90によって表わされる90画素の連続内には、2本の繊維が含まれるものと考えられる。合成幅配列72は繊維と対応するギャップとの配列であるため、値90は2(予想される繊維の数)によって除かれて、値45が導き出されるが、この値は、この90画素の連続内に存在するものと予想される2本の繊維の平均の繊維幅を表わすものである。その後この値45は、図8(B)に示されるように、合成幅配列72の繊維幅に、2つの連続した行内に入れられ、1エントリが予想される繊維の各々を表わす。この測定された繊維幅値90に関連するギャップ幅値は、合成データ配列72のギャップ幅欄の第1行目に記憶される。90個の繊維画素の連なり内に存在するものと思われる2本の繊維間にはギャップが測定されないため、第2の合成繊維幅欄に対応する行内のギャップ欄には、記号「*」が入れられる。

【0033】

合成幅配列72より、ギャップおよびラップは容易に発見されかつ測定され得る。個々の繊維幅およびギャップ幅は異常を発見すべく、素早く分析が可能である。したがって、ギ

10

20

30

40

50

ギャップ欄は、ギャップ許容値と比較されて、どのギャップについても大きすぎないかが判定され得る。同様に、合成幅データ配列72を分析することによって、ラップの存在が確かめられ得る。重なり合っている可能性を示す目安には以下の2つのものがある。まず、異常に大きいギャップが存在することは通常、そのギャップのいずれかの側にある繊維が重なり合っていることを示す。第2に、繊維材料が長く連なっていること（多くの連続したT）は、繊維が重なり合っているかまたは接触していることを示す。合成幅データ配列72では、繊維の長い連続は、アスタリスク（「*」）および平均の繊維幅に分割されている。これらの長く連続した繊維から推定される平均繊維幅が期待される平均の繊維幅よりも小さい場合には、それはおそらく重なり合っているためであると考えられる。

【0034】

この発明のラップ／ギャップ検出器は、ラップおよびギャップを検出するほかにも、画面上の点、したがって、複合材料上の点間の距離を判定するのに使用できる。この特徴は特に、繊維材料が複合材料内に設けられる穴または切込みを示す線等の基準線に十分に近く配置されたかどうかを評価する際に有益である。同様に、この特徴は、ラップまたはギャップ間の距離を測定するのに使用できる。図11は、3本の繊維の連なりを示す画面を拡大したものである。キーボード28またはポインタ29を使用して、画面上の2点、80、81が選択される。この2つの点80、81を結ぶ、繊維材料のための望まれる停止点を表わす線が画面に表示される。繊維がこの2点、80、81間の線に十分に近いかどうかを判定するのに、繊維のうち1本の繊維の端部における点83が選択される。ここでこの繊維の端部における点83と線との間の垂直距離が計測されて、その繊維が線に十分に近いかどうか判定される。

この発明に従ったラップ／ギャップ検出器は、走査された画像の密度をも計算する。換言すれば、ラップ／ギャップ検出器は、走査された画像の表面積のうち繊維材料によって被覆される表面積の率を判定する。被覆率を判定するのに使用される論理は、図12に示される。この画像密度の判定は、ブロック172において評価区域を確立することから始まる。評価区域は、キーボード28またはポインタ29を使用することによって選択されるが、これは、小さいものでは1画素の区域、大きいものでは生データ配列50全体であってもよい。評価区域が確立されると、生データ配列50の対応する部分が画像密度を判定するのに使用される。論理はブロック173に進んで、ここで評価区域における第1の画素に対する強度値が検索される。ブロック174において、この強度値が階調しきい値と比較されて、それが繊維を表わすものであるかギャップを表わすものであるかが判定される。もしこの値がしきい値に等しいかまたはより大きければ、論理はブロック176に進んで、ギャップ値の合計がインクリメントされる。逆に、もしこの値が階調しきい値よりも小さければ、論理はブロック178に進んで、繊維値の合計がインクリメントされる。論理はブロック176および178から、ブロック180に進んで、ここで、評価区域内に画素が残っていないかが判定される。もし評価区域内に画素が残っているようであれば、論理はブロック181に進んで、次の値が検索されて評価のプロセスが繰返される。画素の残りがなくなると、論理はブロック182に進み、画像密度、または評価区域のうち繊維によって被覆される率が、評価区域内の全繊維画素数をその区域内の全画素数で除することによって判定される。

【0035】

この発明は、ラップおよびギャップの存在を確かめるために複合レイアップ材料を視覚的に走査する先行技術による方法に比して極めて多大な利点を提供する。この発明を使用することによって、複合材料の表面は走査され、かつ、ラップおよびギャップが容易に発見できるように表示される。複合材料の表面の電子的表現はまた、ギャップ幅を測定するために、重なり合う繊維の存在を判定するために、走査された表面上の点間の距離を測定するために、および表面のうち繊維によって被覆される率を計算するために、分析される。複合材料の表面の電子的表現はまた、後の分析のために記憶できる。

【0036】

この発明の好ましい実施例が以上により図示されかつ説明されたが、この発明の精神およ

10

20

30

40

50

び範囲から離れることなく、種々の変更がなされ得ることは明らかであろう。

【0037】

この発明の、排他的性質または特権を主張する実施例は、前掲の請求の範囲によって規定されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に従ったラップおよびギャップ検出装置の、平面斜視図である。

【図2】図1のラップおよびギャップ検出装置の構成要素を示したブロック図である。

【図3】複合材料の層の平面図であって、(A)は複合繊維材料の2層のうち表面層内にギャップが存在する様子を表わした平面図であって、(B)は(A)における複合材料の層を光学的スキャナによって観察されるものとして表わした平面図である。

10

【図4】この発明に従った、光学的スキャナによって判定された、走査された画素値を記憶するための生データ配列を表わした図である。

【図5】複合積み重ね材料を走査かつ表示するために使用される、全体的な論理を表わすフロー図である。

【図6】走査された行のうち選択された1行を2進表現に変換するのに使用される論理を示したフロー図である。

【図7】画素ギャップデータ配列の一例を示した図である。

【図8】幅データ配列の例であって、(A)は幅データ配列の一例を、(B)は合成幅データ配列の一例を示した図である。

【図9】幅データ配列を生成するのに使用される論理を示したフロー図である。

20

【図10】合成データ配列を生成するのに使用される論理を示したフロー図である。

【図11】3本の繊維を示す、走査された画面を拡大して表わした図である。

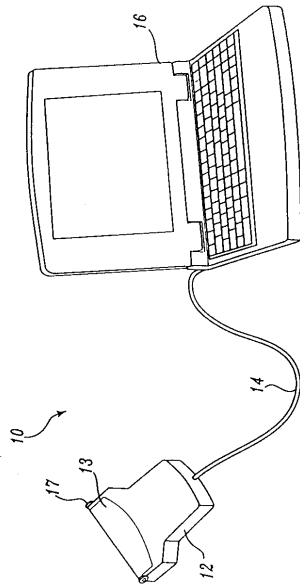
【図12】繊維の被覆する率を判定するのに使用される論理を表わしたフロー図である。

【符号の説明】

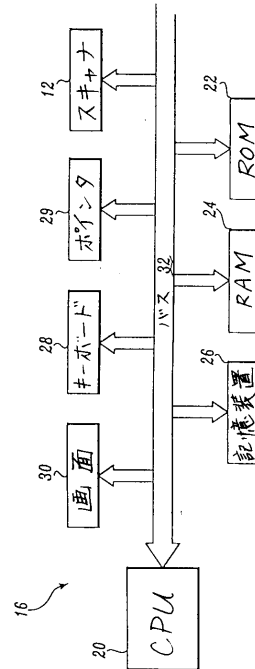
- 10 ラップ／ギャップ検出器
- 12 スキャナ
- 13 ヘッド
- 26 記憶装置
- 30 画面
- 40 下層
- 41 繊維
- 42 表面層
- 44 ギャップ
- 46 ギャップ

30

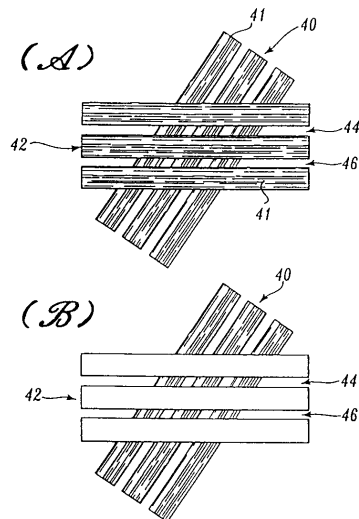
【図 1】



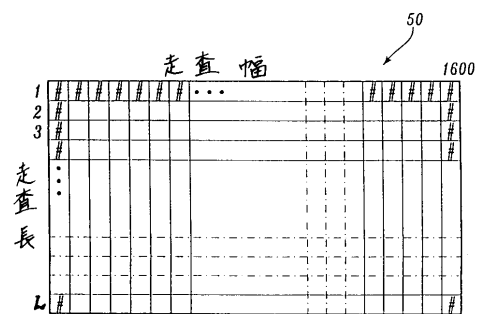
【図 2】



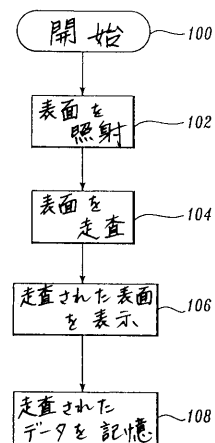
【図 3】



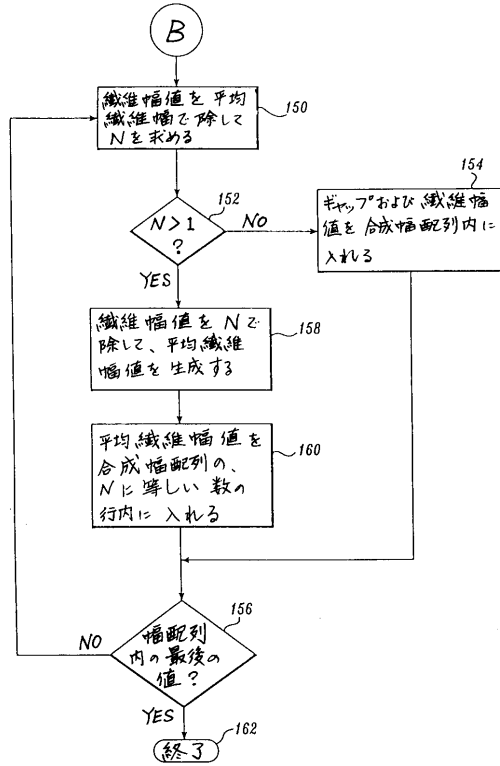
【図 4】



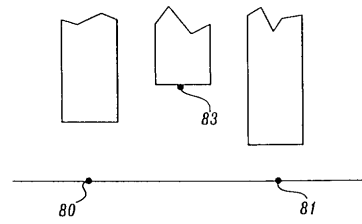
【図 5】



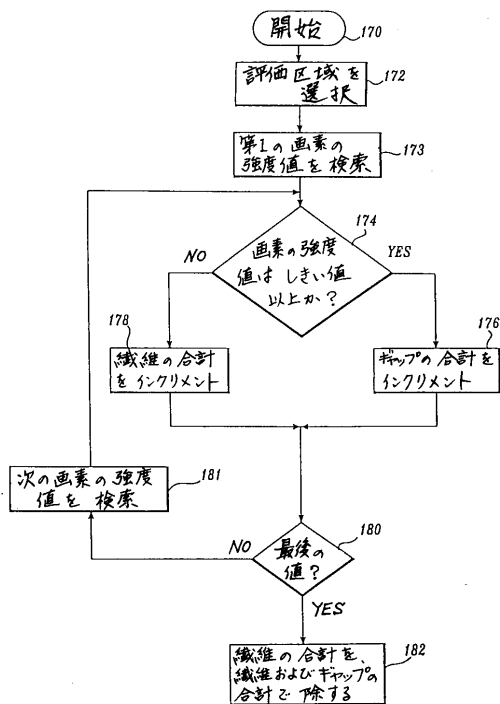
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジャン・エス・クーンツ
アメリカ合衆国、98022 ワシントン州、エナंकロウ、エス・イー・フォーハンドレッドウ
ス・ブレイス、27819
- (72)発明者 ロバート・イー・クランフィル
アメリカ合衆国、98105-6501 ワシントン州、シアトル、ファースト・アベニュー・エヌ
・イー、4011

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 特開平5-45130 (JP, A)
特開平4-297857 (JP, A)
特開平4-265848 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B11/00-11/30
B29C70/06