

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4993868号
(P4993868)

(45) 発行日 平成24年8月8日 (2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日 (2012.5.18)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 9 C 73/24 (2006.01)

B 2 9 C 73/24

B 3 2 B 43/00 (2006.01)

B 3 2 B 35/00

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2005-67641 (P2005-67641)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成17年3月10日 (2005.3.10)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2005-262881 (P2005-262881A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成17年9月29日 (2005.9.29)		アメリカ合衆国、60606-1596
審査請求日	平成20年3月7日 (2008.3.7)		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	10/799306	(74) 代理人	100109726
(32) 優先日	平成16年3月12日 (2004.3.12)		弁理士 園田 吉隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100101199
前置審査			弁理士 小林 義敦
		(72) 発明者	キャスリン・エイ・ソーシー
			アメリカ合衆国、98103-5946
			ワシントン州、シアトル、エヌ・フィフティエイス・ストリート、2360
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 材料配置機械による欠陥の自動修復を可能にする方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の複合材料のリボンを基板上に配置することによって複合構造を形成する材料配置機械によって前記複合構造の欠陥の自動修復を可能にする方法であって、検査システムが、複数の複合材料のリボンが基板上に配置されるのと同時に、複合構造に欠陥がないかどうか検査し、欠陥が検出された場合に、前記欠陥が予め規定された許容差または判断基準内である受入れ可能な欠陥か、あるいは、前記欠陥が予め規定された許容差または判断基準内ではない受入れ不可能な欠陥かを判別し、前記欠陥が受入れ不可能な欠陥と判別した場合には、さらに、前記欠陥が、落下したリボンまたはリボンと同じ幅を有する複合構造のギャップの自動修復により、ユーザの介入なしに材料配置機械によって修復可能であるか、あるいは、前記欠陥がユーザの介入なしには修復不可能かを判別し、前記欠陥がユーザの介入なしに修復可能であると判別した場合には、前記欠陥の場所を規定する位置データを記録するステップと、前記材料配置機械が自動的に、前記ユーザの介入なしに修復可能であると判別された各欠陥の前記位置データが示す位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切断および/または複合材料のリボンの追加をすることによってその欠陥を修復するのに十分な材料を配置するステップとを含む方法。

【請求項 2】

前記材料配置機械が自動的に、前記ユーザの介入なしには修復不可能であると判別された各欠陥に戻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】

前記材料配置機械が自動的に、前記ユーザの介入なしに修復可能であると判別された各欠陥の位置に戻ることは、欠陥の場所を規定する前記位置データに電子的にアクセスすることによる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記材料配置機械が自動的に、前記ユーザの介入なしに修復可能であると判別された各欠陥の位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切断および / または複合材料のリボンの追加をすることによって、その欠陥を修復するのに十分な材料を配置するようにさせるための命令を、前記検査システムが自動的に生成するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記検査システムによる複合構造に欠陥がないかどうかの検査は、光源が、複合構造の少なくとも一部分を照射し、カメラが、複合構造の照射された部分の画像を獲得し、前記検査システムが、複合構造の照射された部分における欠陥を特定するよう画像を分析することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記検出された欠陥の場所を特定するために、光検出器が前記材料配置機械の材料付与位置を外部から監視することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 7】

複数の複合材料のリボンを基板上に配置することによって複合構造を形成する材料配置機械による前記複合構造の欠陥の自動修復を可能にするために、前記材料配置機械と連通するプロセッサを、
複数の複合材料のリボンが配置されるのと同時に、落下した複合材料のリボンまたは複合材料のリボンと同じ幅を有する複合構造のギャップの自動修復により修復可能な複合構造上の欠陥を、検査システムに検出させる手段と、
前記複合構造上の欠陥の場所を規定する位置データにアクセスする手段と、
前記材料配置機械に、欠陥の場所を規定する位置データが示す位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切断および / または複合材料のリボンの追加をすることによって、前記位置に欠陥を修復するのに十分な材料を配置させるための命令を生成する手段と、
として機能させるためのプログラム。

30

【請求項 8】

前記プロセッサを、
前記材料配置機械が複合構造を最初から最後まで作製するためのデータおよび情報を含んだ第 1 のファイルに含まれた、前記欠陥の場所を規定する位置データを読み込むための手段と、
前記材料配置機械が欠陥を自動修復するための命令を含んだ第 2 のファイルに、前記位置データを書き込むための手段と、
としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

40

【請求項 9】

前記プロセッサを、前記複合材料のリボンを基板上に配置するオペレーションの後に、前記材料配置機械に、各欠陥の場所を規定する位置データが示す位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切断および / または複合材料のリボンの追加をすることによって、その欠陥を修復するのに十分な材料を配置させるための命令を生成する手段としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

【請求項 10】

前記プロセッサを、前記材料配置機械に、予め規定された許容差または判断基準内でないと検査システムによって判別された各欠陥の位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切

50

断および／または複合材料のリボンの追加をすることによって、その欠陥を修復するのに十分な材料を配置させるための命令を生成する手段としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

【請求項 1 1】

前記プロセッサを、位置データが規定する場所の欠陥がユーザの介入なしに修復可能であると検査システムによって判別された場合にのみ、前記材料配置機械に、各欠陥の場所を規定する位置データが示す位置に戻り、新しい複合材料のリボンの切断および／または複合材料のリボンの追加をすることによって、その欠陥を修復するのに十分な材料を配置させるための命令を生成する手段としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

10

【請求項 1 2】

前記プロセッサを、光源に、複合構造の少なくとも一部分を照射させ、カメラに、複合構造の照射された部分の画像を獲得させ、複合構造の照射された部分における欠陥を特定するよう画像を分析することによって複合構造に欠陥がないかどうかを検査することのできる検査システムと通信する手段としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

【請求項 1 3】

前記プロセッサを、光検出器が前記材料配置機械の材料付与位置を外部から監視することによって欠陥の場所を判定することのできる検査システムと通信する手段としてさらに機能させるための請求項 7 に記載のプログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

著作権に関する注意

この書類の開示の一部分は、著作権の保護対象となる事項を含む。著作権者は、米国特許商標庁の特許のファイルまたは記録にある特許開示については、何人による複製に対しても異議を唱えないが、それ以外の著作権についてはすべて留保する。

【0002】

分野

30

この発明は、一般に、材料配置機械で複合構造を作製することに関し、より特定的には（ただし限定的ではないが）、材料配置機械が自動的に欠陥部分に戻って手動でその欠陥を修復することを可能にし、および／または、当該機械が自動的に欠陥部分に戻りオペレータの介入なしにその欠陥を修復することを可能にする、システムおよび方法に関する。

【背景技術】

【0003】

背景

複合構造は多年にわたり、当該技術分野でよく知られている。複合構造は多種多様な態様で形成することが可能であるが、複合構造を形成するための有利な技術の 1 つに、ファイバ配置または自動照合 (collation) プロセスがある。自動照合技術に従えば、1 または複数の複合材料のリボン（複合ストランドまたはトウとしても知られている）が、材料配置機械によって基板上に置かれる。基板は、工具またはマンドレルであってもよいが、先に置かれて締固められた、複合材料の 1 または複数の基底層で形成されていてもよい。

40

【0004】

ファイバ配置プロセスは通常、局所的なニップポイントにおいて、複合材料のプライの締固めを助けるのに、熱源を利用する。特に、複合材料のリボンまたはトウおよび下層の基板は、圧縮力が加えられている間にニップポイントで加熱され、プライの樹脂の粘性を高めることで、確実に基板に密着するようにされる。この部分を完成するために、複合材料の追加のストリップを並べて複数層を形成し、圧密プロセス中にそれらに局所的に熱および圧力を加えることが可能である。

50

【 0 0 0 5 】

残念なことに、複合ストリップを下層の複合構造の上に配置する際に欠陥が生じ得る。このような欠陥は、トウのギャップ、重なり、落下したトウ、しわ（すなわち、トウ内で隆起した領域）、およびねじれを含み得る。加えて、樹脂のボールや繊維のボール等の異物（FOD：foreign objects and debris）が、複合構造の表面上に堆積し得る。これらは検出され、特定されそして最終的にプライの表面から除去されねばならない。

【 0 0 0 6 】

自動式材料配置方法によって作製される複合構造は通常、各々のきずについて、具体的な最大許容サイズ要件を有し、これらの要件は生産プログラムによって構築される。また、生産プログラムは通常、単位面積当りの欠陥の最大許容数（すなわち密度）および単位面積当りの最大許容累積欠陥幅について、明確な合否判定基準を設定する。

10

【 0 0 0 7 】

ファイバ配置プロセスによって作製された複合ラミネートが欠陥の大きさに関する要件を確実に満たすように、それらの構造は通常、100%のプライ毎の視覚検査にかけられる。これらの検査は従来、手動で行なわれ、その間、ファイバ配置機械は停止され、検査およびその後必要であれば修復が完了するまで、材料を置くプロセスは中断される。この間、作製プロセスは、手動の検査プロセスおよびそれに伴う機械のダウンタイムによって遅くなってしまう。

【 0 0 0 8 】

近年、複合構造における個々の欠陥を検出し、測定し、それに印を付けることの可能なシステムおよび方法が開発されている。複合構造における欠陥を正確にかつ確実に検出し、測定し、および／または印を付けることのできる例示的なシステムおよび方法が、2001年3月28日に出願された、「複合構造における欠陥を特定するためのシステムおよび方法（"System and Method for Identifying Defects in a Composite Structure"）」と題された、米国特許出願番号第09/819,922号；2002年8月13日に出願された、「複合構造における欠陥を特定するためのシステム（"System for Identifying Defects in a Composite Structure"）」と題された、米国特許出願番号第10/217,805号；および、2003年7月28日に出願された、「複合構造の作製中に異物（FOD）および欠陥を特定するためのシステムおよび方法（"Systems and Methods for Identifying Foreign Objects and Debris (FOD) and Defects During Fabrication of a Composite Structure"）」と題された、米国特許出願番号第10/628,691号に開示されている。米国特許出願番号第09/819,922号、第10/217,805号、および第10/628,691号の開示の全体が各々全て、ここに引用により援用される。

20

30

【 0 0 0 9 】

複合構造を表わす欠陥特性である単位面積当りの欠陥密度および／または単位面積当りの累積欠陥幅を判定することの可能なシステムおよび方法もまた開発されている。欠陥特性を判定することのできる例示的なシステムおよび方法は、2003年12月2日に出願された、「複合構造の欠陥特性を判定するためのシステムおよび方法（"Systems and Methods for Determining Defect Characteristics of a Composite Structure"）」と題された、米国特許出願番号第10/726,099号に開示されており、その内容が全て、ここに引用により援用される。

40

【特許文献1】米国特許出願番号第09/819,922号明細書

【特許文献2】米国特許出願番号第10/217,805号明細書

【特許文献3】米国特許出願番号第10/628,691号明細書

【特許文献4】米国特許出願番号第10/726,099号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

上記検査システムおよび方法は、所期の目的のためによく機能を果たし、ラミネートブ

50

ライの検査に関連する非生産的なダウンタイムを減じることができるが、発明者は、検出されたきずの修復が、未だ手動で労力を要するプロセスであることを認識した。

【課題を解決するための手段】

【0011】

概要

この発明は、材料配置機械が欠陥部分に自動的に戻ることを可能にしその後欠陥が手動で修復され得るシステムおよび方法、ならびに／または、材料配置機械が自動的に欠陥部分に戻りオペレータの介入なしに欠陥を修復することを可能にするシステムおよび方法に関連する。

【0012】

10

好ましい実現例において、方法は概ね、複合構造上の欠陥の場所を規定する位置データに電子的にアクセスするステップと、材料配置機械が位置データによって規定された欠陥の場所に自動的に戻るようにするステップとを含む。この方法は、材料配置機械が欠陥の場所における欠陥を修復するのに十分な材料を自動的に配置するかまたは置くようにするステップもまた含み得る。代替的に、材料配置機械が欠陥の場所に自動的に戻り、その後オペレータが欠陥の場所における欠陥を手動で修復してもよい。

【0013】

別の好ましい実現例において、プログラムは概ね、プログラムが欠陥の場所を規定する位置データにアクセスすることを可能にするための複数の入力を含む。このプログラムは、それら入力に関連して自動的に命令を生成するためのモジュールもまた含む。命令は、材料配置機械が位置データによって規定された欠陥の場所に自動的に戻るようにする。このプログラムは、材料配置機械が欠陥の場所における欠陥を修復するのに十分な材料を自動的に配置するようにさせるためのモジュールもまた含み得る。代替的に、材料配置機械が欠陥の場所に自動的に戻り、その後オペレータが欠陥の場所における欠陥を手動で修復してもよい。

20

【0014】

これら特徴、機能および利点は、この発明の種々の実施例において独立して達成することが可能であるが、さらに別の実施例に組込まれてもよい。

【0015】

この発明は、詳細な説明および添付の図面からより完全に理解されるであろう。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

好ましい実施例の詳細な説明

以下の好ましい実施例の説明は単に例示のためのものであり、この発明およびその応用や用途を限定するものととらえられてはならない。

【0017】

一局面に従えば、この発明は、材料配置機械が、自動的に欠陥部分に戻って手作業の欠陥修復を可能にする、および／または、自動的に欠陥部分に戻ってオペレータの介入なしに欠陥を修復することを可能にする、システムおよび方法を提供する。好ましい実現例においては、方法は概ね、複合構造上の欠陥の場所を規定する位置データに電子的にアクセスするステップと、材料配置機械がその位置データによって規定された欠陥の場所に自動的に戻るようにするステップとを含む。種々の実現例において、この方法は、材料配置機械が欠陥の場所における欠陥を修復するのに十分な材料を自動的に配置するかまたは置くステップもまた含み得る。代替的に、材料配置機械が自動的に欠陥の場所に戻り、その後オペレータが手作業で欠陥の場所における欠陥を修復してもよい。手動による修復の完了後、材料配置機械の動きがオペレータによって手動で再開されるかまたは制御されて、たとえば、材料配置機械が別の欠陥の場所に移動するようにしてもよい。

40

【0018】

この発明の別の局面に従えば、プログラムは概ね、そのプログラムが欠陥の場所を規定する位置データにアクセスすることを可能にするための複数の入力を含む。このプログラ

50

ムはまた、それら入力に関連して自動的に命令を生成するためのモジュールを含む。命令は、材料配置機械が位置データによって規定された欠陥の場所に自動的に戻るようにする。種々の実現例において、このプログラムは、材料配置機械が自動的に欠陥の場所における欠陥を修復するのに十分な材料を配置するようにするためのモジュールを含み得る。代替的に、材料配置機械が自動的に欠陥の場所に戻り、その後オペレータが手作業で欠陥の場所における欠陥を修復してもよい。手作業による修復が完了した後、材料配置機械の動きがオペレータにより手動で再開されるかまたは制御されて、たとえば、材料配置機械が別の欠陥の場所に移動するようにしてもよい。

【 0 0 1 9 】

この発明の複数の局面は、材料配置機械に対して直接影響を及ぼしかつ直接それを制御するプログラムとともに説明することが可能であるが、材料配置機械に直接影響を及ぼしかつそれを直接制御するのは、たとえば材料配置機械と連通するプロセッサでプログラムを実行することによって生成される命令、および、その後に続く、プロセッサによるそれら命令の実現である、ということを理解されたい。

【 0 0 2 0 】

例示の目的のみで、図 1 は、複数の層またはプライを含み得る例示的な複合構造 2 2 を示す。各プライは通常、複合テープの複数の隣接するトウまたはストリップ 2 4 からなる。ストリップ 2 4 は一般に、熱を加えると粘着性または流動性となる樹脂その他の材料に埋込まれた、複数のファイバを含む。ストリップ 2 4 は、テーブル、マンドレル、または他の工具 2 6 (図 6) 等の作業面上に配置することができ、それらは締固めローラ 2 0 (図 7) で締固められて、自動照合技術に従って複合構造 2 2 が形成される。自動照合技術としては、たとえば、2002 年 2 月 6 日に出願された、「複合材料照合機械および関連の、複合材料の高率照合のための方法 ("Composite Material Collation Machine and Associated Method for High Rate Collation of Composite Materials") 」と題された、米国特許出願番号第 1 0 / 0 6 8 , 7 3 5 号に記載のものがある。米国特許出願番号第 1 0 / 0 6 8 , 7 3 5 号の内容はその全体が全て、ここに引用により援用される。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、18 本のコースまたはストリップ 2 4 が、材料配置機械によって完成されている。すなわち、材料配置機械は、基板にかけて 18 回通過し、各通過中に、基板上にストリップ 2 4 を置いた。複合構造 2 2 の 6 番目のコース 2 3 は欠陥 3 6 を含み、そこではトウの一部が欠けている。点線 1 9 は、第 6 コース 2 3 に沿った欠陥 3 6 までの直線距離を表わす。点線 2 1 は、複合構造 2 2 の第 1 の端部 1 1 から欠陥 3 6 までの横方向距離を表わす。

【 0 0 2 2 】

図 2 A および図 2 B は、好ましい実現例に従った、材料配置機械で複合構造を作製する間に工程内での欠陥修復を可能にする方法 1 0 0 のオペレーションを示すプロセスフロー図である。図 2 A に示されるように、この方法は、オペレーション 1 0 4 において、部品作製 (P F) ファイル 1 0 2 の知能前置 (I F E) 処理を含み得る。部品作製ファイル 1 0 2 は、材料配置機械が複合構造を最初から最後まで作製するためのデータおよび情報を含み得る。ファイル 1 0 2 内の例示的な情報としては、材料配置機械の種々の接近および後退動作を規定する数値制御 (N C) データ、および、周囲長さ、サイズ、輪郭等の部品仕様を規定する情報、を含み得る。

【 0 0 2 3 】

図 3 は、特定の種類の材料配置機械のための部品作製ファイル 1 0 2 内に含まれ得る、数値制御 (N C) データ 1 0 3 の例示的なブロックを示す。図 3 は、特定の地点および時間における材料配置機械の場所およびそのオペレーションを反映する、さまざまなデータのラインを示す。図 3 はまた、欠陥の場所に関連するラインのブロック 1 0 5 を示す。図 3 は例示のためのみのものであり、材料配置機械のためのプログラムコードの種類および内容は、特定の用途および使用される特定の材料配置機械に応じて変化し得る。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

図 2 A において、オペレーション 1 0 6 は、たとえば材料配置機械と連通するプロセッサによる、プログラムの実行を含む。このプログラムの実行により、材料配置機械がオペレーション 1 0 8 において材料の配置を開始するようにさせるための命令またはコマンドが生成される。図 4 は、コース間での材料配置機械の対応する後退および接近動作を生成するためのコード 1 0 9 の例示的なブロックを示す。図 4 は図示のためのみのものであって、材料配置機械のためのプログラムコードの種類および内容は、特定の用途および使用される特定の材料配置機械に応じて変化し得る。

【 0 0 2 5 】

図 2 A に示すように、オペレーション 1 1 2 において、材料配置機械がボックス 1 1 0 に示されるようにプライまたは層を完成するかまたはその終わりに来たときに、プライ検査レポートが作成される。プライ、コースおよび関連する NC ブロック番号は、オペレーション 1 1 4 で、ログまたは記録することができる。

【 0 0 2 6 】

図 2 A および図 3 を参照して、現時点のコース番号および現時点のブロック番号 1 1 6 が検査システムに送信され得る。オペレーション 1 1 8 (図 2 A) は、検査システムが複合構造を欠陥がないかどうか検査することを含む。好ましくは、この検査は、材料が材料配置機械によって配置されるオペレーション 1 0 8 とほぼ同時に行なわれる。複合構造における欠陥を検出することの可能な例示的なシステムおよび方法は、その概略が以下に述べられるが、より詳細には、2 0 0 1 年 3 月 2 8 日に出願された、「複合構造における欠陥を特定するためのシステムおよび方法 ("System and Method for Identifying Defects in a Composite Structure") 」と題された、米国特許出願番号第 0 9 / 8 1 9 , 9 2 2 号 ; 2 0 0 2 年 8 月 1 3 日に出願された、「複合構造における欠陥を特定するためのシステム ("System for Identifying Defects in a Composite Structure") 」と題された、米国特許出願番号第 1 0 / 2 1 7 , 8 0 5 号 ; および、2 0 0 3 年 7 月 2 8 日に出願された、「複合構造の作製中に異物 (F O D) および欠陥を特定するためのシステムおよび方法 ("Systems and Methods for Identifying Foreign Objects and Debris (FOD) and Defects During Fabrication of a Composite Structure") 」と題された、米国特許出願番号第 1 0 / 6 2 8 , 6 9 1 号に記載されている。米国特許出願番号第 0 9 / 8 1 9 , 9 2 2 号、第 1 0 / 2 1 7 , 8 0 5 号および第 1 0 / 6 2 8 , 6 9 1 号の開示の全体が、各々全て、ここに引用により援用される。

【 0 0 2 7 】

オペレーション 1 2 0 は、検出された欠陥が、生産プログラムによって構築される最大許容寸法パラメータおよび公差等の、予め規定された何らかの許容差または判断基準内で受入れ可能であるかどうかを判断することを含む。例示の目的のみで、この判断は、欠陥を表わすデジタル画像から画素数を数え、その画素数を使用して、画素数と距離または寸法限界との予め定められた関係を含む関連データに基づいて、その欠陥の間接的な定量測定値を計算することによって行なわれ得る。

【 0 0 2 8 】

オペレーション 1 2 2 は、受入れられない欠陥 (すなわち、オペレーション 1 2 0 で受入れられないと判断された欠陥) が、手動の修復またはユーザの介入を必要とすることなく材料配置機械によって自動的に修復することが可能であるかどうかを判断することを含む。自動で修復することが可能な欠陥の例示的な種類としては、落下したトウおよび、トウと同じ幅を有するトウのギャップ等がある。自動で修復することができない欠陥に関する情報は、オペレーション 1 1 2 において、プライ検査レポート内にログまたは記録される。材料配置機械によって自動で修復することができないと判断され得る欠陥の例示的な種類としては、異物 (F O D) および、トウの幅よりも狭い受入れられない / 不合格とされたギャップ等がある。

【 0 0 2 9 】

自動で修復することができないと判断された欠陥には、そのような欠陥を容易に目視できるように (下に説明するように) 印を付けることが可能だが、これは必須ではない。加

10

20

30

40

50

えて、またはこれに代えて、種々の実現例は、材料配置機械が、自動で修復不可能であると判断された欠陥に戻ることを含み得る。その後、オペレータが手動で、欠陥の場所における欠陥を修復してもよい。手動による修復の完了後、材料配置機械の動きは、オペレータによって手動で再開されるかまたは制御されて、たとえば、材料配置機械が別の欠陥の場所に移動するようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

オペレーション 1 2 4 は、受入れられない欠陥であって材料配置機械によって自動で修復することが可能な各欠陥についてその場所を判定することを含む。これに加えて、または代替的に、オペレーション 1 2 4 は、自動で修復不可能であると判断された各欠陥についてその場所を判定することを含む得る。

10

【 0 0 3 1 】

好ましい実現例においては、欠陥の場所は、材料配置機械の材料付与 / 配置位置を外部から監視することによって判定され得る。欠陥の場所を判定することの可能な例示的なシステムおよび方法は、下に概略的に述べるが、より詳細には、2003 年 1 2 月 2 日に出願された、「複合構造の欠陥特性を判定するためのシステムおよび方法 ("Systems and Methods for Determining Defect Characteristics of a Composite Structure") 」と題された、米国特許出願番号第 1 0 / 7 2 6 , 0 9 9 号に、より詳細に説明されており、その内容が全て、ここに引用により援用される。

【 0 0 3 2 】

欠陥の場所または座標を規定する位置データは、オペレーション 1 1 4 で、ログ、記録および追跡することが可能である。

20

【 0 0 3 3 】

次に図 2 B および図 3 を参照して、オペレーション 1 2 6 は、欠陥に関連するコースおよび NC ブロックデータ 1 0 5 (図 3) を求めて、部品作製ファイル 1 0 2 (図 2 B) を検索することを含む。一例として、検査システムは、欠陥を検出したとき、その欠陥の場所の座標を規定する数値制御ブロックデータにフラグを立てるまたはそれを特定するのに使用される信号を生成することが可能である。

【 0 0 3 4 】

オペレーション 1 2 8 において、欠陥に関連する NC ブロックデータ 1 0 5 が得られるかまたは抽出される。オペレーション 1 3 0 は、新しいトウ切断および / またはトウ追加コマンドを追加することを含む (たとえば、トウを追加し、それをこの長さに切断する) 。一例として、新しいトウ切断 / 追加コマンドの実行は、適切な切断用ナイフを起動して適切な長さのトウを堆積すること、および / または、バンドからの単一のトウ片に複数のトウを組継ぎ (スプライス) することを含む得る。

30

【 0 0 3 5 】

図 5 は、欠陥に関連する NC ブロックデータの残余物 1 2 9 を示す。残余物 1 2 9 は、部品作製ファイル 1 0 2 から抽出されたものである。図 5 はさらに、オペレーション 1 3 0 で追加される、例示的な新しいトウ切断 / 追加コマンド 1 3 1 を示す。図 5 は図示のためのみのものであり、材料配置機械のためのプログラムコードの種類および内容は、特定の用途および使用される特定の材料配置機械に応じて変化し得る。

40

【 0 0 3 6 】

図 2 B および図 5 をさらに参照して、オペレーション 1 3 2 は、材料配置機械の新しい接近動作のための命令またはコマンド 1 3 3 を作成することを含む。オペレーション 1 3 4 は、材料配置機械の新しい後退動作のための命令またはコマンド 1 3 5 を作成することを含む。これら新しいまたはスケジュールされていない接近コマンドおよび後退コマンドを作成することは、部品作製ファイル 1 0 2 にアクセスすることを含む得る。新しい動作コマンド 1 3 3 および 1 3 5 は、材料配置機械が、欠陥が位置するコースに沿って前進し (すなわち、新しい接近動作) 、その後、コースの終わりに到達すると後退する (すなわち、新しい後退動作) ようにする。好ましくは、材料配置機械のための修復コードまたはルーチンが、検査 / 視覚システムからの NC ブロック情報およびデータに基づいて自動的

50

に書込まれる。

【 0 0 3 7 】

オペレーション 1 3 6 において、「新しいコース」データ（たとえば、抽出された NC ブロックデータ 1 2 9、新しいトウ切断 / 追加コマンド 1 3 1、ならびに接近および後退コマンド 1 3 3 および 1 3 5）が、修復部品作製ファイル 1 3 7 に書込まれる。図 5 は、特定の種類の材料配置機械のための修復部品作製ファイル 1 3 7 内に含まれ得る、数値制御（NC）コード 1 3 9 の例示のブロックを示す。

【 0 0 3 8 】

オペレーション 1 2 6 ~ 1 3 6 は、検査システムによって検出された（オペレーション 1 1 8、図 2 A）欠陥であって、受入れられないと判断され（オペレーション 1 2 0）かつ自動で修復することができると判断された（オペレーション 1 2 2）各欠陥について、繰返され得る。種々の実現例において、オペレーション 1 2 6 ~ 1 3 6 はまた、受入れられないと判断され（オペレーション 1 2 0）かつ自動で修復できないと判断された各欠陥についても繰返され得る。そのような実現例では、材料配置機械が戻った欠陥の場所における欠陥を、オペレータが手動で修復してもよい。手動の修復の完了後、材料配置機械の動きが、たとえば、オペレータによって手動で再開されるかまたは制御されて、材料配置機械が別の欠陥の場所に移動するようにされてもよい。オペレーション 1 2 6 ~ 1 3 6 の反復回数は、そのような欠陥の数に依存する。

【 0 0 3 9 】

図 2 B をさらに参照して、オペレーション 1 3 8 は、修復部品作製ファイル 1 3 7 を実行することを含み得る。オペレーション 1 4 0 は、修復部品作製ファイル 1 3 7 の知能前置（IFE）処理を含み得る。

【 0 0 4 0 】

オペレーション 1 4 2 は、材料配置機械が、複合構造のプライを完成するために材料を置いた後に、欠陥が位置するコースに戻り、そのコースに沿ってその欠陥を修復するのに十分な材料を配置するようにする、修復プログラムの実行を含む。たとえば、材料配置機械は、当初の配置中に何らかの理由で落下または欠損したトウまたはトウの一部を配置するために戻ることが可能である。

【 0 0 4 1 】

一般に、新しい部品用の部品作製ファイルは、受入れられない欠陥を修復するためのプログラミングを含まない。というのも、欠陥は通常、確実に予測することはできないからである。そうではなく、部品作製ファイルは、材料配置機械が部品を最初から最後まで形成するために材料を配置するのに必要なものを含む。しかしながら、上記方法を実現することで、材料配置機械が欠陥部分に戻ってそれを修復するようにするためのプログラムコードが、自動的に書込まれる。

【 0 0 4 2 】

したがって、この発明の実現例は、機械のダウンタイムを必要とせずに、工程内での自動化された欠陥修復を可能にする。これはまた、製造コストを下げかつ機械の利用性を高める。この発明の種々の実現例は、欠陥を修復するのが未だに手動で労力のかかるプロセスである従来の材料配置システムに比べてより少ない中断でより効率的に、複合構造を作製することを可能にする。

【 0 0 4 3 】

オペレーション 1 1 6（図 2 A）で複合構造内の欠陥を検出するのに使用することのできる例示的なシステム 1 0 が図 6 に示される。図 6 に示すように、システム 1 0 は、少なくとも 1 つのカメラ 1 2 と少なくとも 1 つの光源 1 4 とを含む。カメラ 1 2 は、カメラ 1 2 が撮った画像を解釈するためのプロセッサ 6 6、もしくは画像を記憶するための記憶装置 6 4 に、またはその両方に接続される。これについては下により詳細に説明する。

【 0 0 4 4 】

光源 1 4 は、複合構造 2 2 を照射する光を発するように位置付けられる。照射光は、複合構造内の欠陥部分によって、欠陥のない部分とは異なって反射される。たとえば、複合

10

20

30

40

50

構造 22 の欠陥のない部分から反射した照射光と、複合構造 22 内の欠陥から反射し損なった光、またはその逆が、カメラ 12 で撮ることのできる可視画像を作る。複合構造内の欠陥をその作製中に特定するためのシステムおよび方法に関する詳細は、先に挙げた米国特許出願番号第 09 / 819 , 922 号、第 10 / 217 , 805 号、第 10 / 628 , 691 号、および第 10 / 726 , 099 号に含まれている。

【0045】

図 6 に示すように、カメラ 12 は、複合構造 22 の近くに位置付けられて、複合構造の照射された部分の画像を撮る。照射されるのは通常、複合トウが下層構造と接合されるニップポイントのすぐ下流である。代替的に、図 8 に示すように、反射面 16 が複合構造の近くに位置付けられてもよく（図 8 には複合構造は示されていない）、反射面 16 は、複合構造の照射部分の画像を反射するように角度付けられてもよい。カメラ 12 は、反射面 16 からの複合構造の照射部分の近距離画像を撮る目的で、反射面 16 の方を向くように位置付けられ得る。この発明のさらなる実施例においては、2 つ以上の反射面 16 が利用されてもよく、その場合、複数の反射面 16 は協働して、複合構造の照射部分の画像をカメラ 12 に向けるようにする。

【0046】

幅広い種類のカメラを使用することができるが、それらは、白黒の画像を撮ることができる市販のカメラを含む。一実施例において、カメラ 12 は、カメラ 12 が動作中に光がそれを通してレンズ 13（図 6）および画像センサ（図示せず）を有する、テレビまたは他の種類のビデオカメラである。他の種類のカメラまたは画像センサ、たとえば、赤外線感光カメラ、赤外線通過フィルタ付きの可視光線カメラ、光ファイバカメラ、同軸カメラ、電荷結合素子（CCD）、または相補型金属酸化物センサ（CMOS）もまた使用することができる。カメラ 12 は、スタンド（図示せず）上で複合構造 22 に近接して位置付けられてもよく、または、フレーム 28 や同様の装置に装着されてもよい。

【0047】

反射面 16 を含まない実施例においては、カメラ 12 は、図 6 に示すように、ブラケット 30 および関連するコネクタ 32 によって、フレーム 28 に装着され得る。コネクタ 32 は、カメラ 12 をフレーム 28 に対して固定位置に装着する、リベット、ネジ等であり得る。代替的に、コネクタ 32 は、カメラ 12、光源 14 および関連するアセンブリが複合構造 22 から離れるように回転することを可能にする、ヒンジタイプのコネクタであってもよい。この実施例は、材料配置装置の他の部品、特に、カメラ 12 および関連のアセンブリの背後に位置付けられる部品に、整備、清掃等のためにアクセスせねばならないような場合に、有利である。

【0048】

図 8 は、カメラ 12、反射面 16、光源 14 および関連のアセンブリ（たとえばカメラアセンブリ）をフレーム 28 に、ブラケット 30 によって装着する、ヒンジタイプのコネクタ 32 の代替的な実施例を示す。好適な留め具、たとえばサムスクリュースその他の比較的容易に外したり緩めたりすることのできる留め具、が穴 34 に挿入され、その後きつく締付けられて、カメラアセンブリを動作のために適所に固定することができる。留め具は、たとえば、カメラアセンブリを締固めローラ 20 およびファイバ配置装置の他の部品から離れるように回転させるために、緩めたり外したりすることができる。

【0049】

図 6 をさらに参照して、光を特定の態様でフィルタリングするためにフィルタ 15 がレンズ 13 上に配置されてもよい。一実施例において、フィルタ 15 は、赤外線成分または光の特定の赤外線波長もしくは波長範囲のみがカメラ 12 へと通過することができるように光をフィルタリングするように設計される。このように、フィルタ 15 は、周囲の可視光線がカメラ 12 に入って撮影画像の外観を変化させるのを防ぐ。

【0050】

同じまたは少なくとも類似の結果を得るのに、光をフィルタリングする方法もまた使用することができる。たとえば、カメラは、等価の光学特性を有する内蔵型フィルタを

10

20

30

40

50

含むように設計され得る。加えて、フィルタは、カメラレンズ 13 と画像センサとの間に配置することが可能である。代替的に、カメラは、赤外線スペクトルでのみ感光性の、画像センサを含んでもよく（たとえば赤外線感光カメラ）、この場合、フィルタを装着する必要はない。

【0051】

次に、システム 10 の光源 14 についてより詳細に説明する。光源 14 は、複合構造 22 の少なくとも一部を照射するために光を発するように位置付けられる。

【0052】

図 6 において、光源 14 は、複合構造 22 に対して斜めの角度 37 で位置付けられるように示されている。斜めの角度 37 は約 45 度であり得るが、用途によっては他の角度も可能である。加えて、光源 14 は、下に述べるように、欠陥 36 を際立たせる目的で、ストリップ 24 の配置方向に対して実質的に垂直方向に光を発するように位置付けられるように示される。

10

【0053】

また、システム 10 は、2 つ以上の光源を含んでもよい。たとえば、図 8 の実施例は、反射面 16 およびカメラ 12 の両側に、複合構造および締固めローラ 20 に対して位置付けられた、2 つの光源 14 を含む。2 つの光源 14 を含む別の例示的な実施例が図 10 に示されるが、そこでは、2 つの線形の光ファイバアレイが、カメラ 12 の対向する両側に位置付けられている。

【0054】

20

図 6 において、光源 14 は、取付け装置 27 に装着または取付けることによって、複合構造 22 に対して調節可能に位置付けられる。取付け装置 27 は、光源 14 の位置を即座にかつ正確に調節するために、主軸 29、補助軸 31 および固定クランプ 33 を含む。取付け装置 27 は、光源 14 とカメラ 12 とが互いに対して一定の空間的關係を維持することができるように、フレーム 28 に、カメラ 12 に、ブラケット 30 に、または他の何らかの、光源 14 およびカメラ 12 の両方に対して共通の位置を規定する物体に、取付けることができる。

【0055】

複合構造の表面照射の質および強さは、周辺光により、また、材料の反射性により、影響され得る。したがって、この発明の実施例は、暗い背景上で暗いきずをより効果的に照射するように、赤外線光源を有利に使用する。この点に関して、光源 14 は、赤外線または、赤外線成分を含む別の種類の光から選択することができ、これはたとえば、ハロゲン光源（図 9）または他の白熱光源（図示せず）であり得る。他の実施例においては、光源 14 はまた、蛍光性光源（たとえば、白色 LED、低圧 / 水銀充填式蛍光ガラス管等）、ストロボまたはストロボスコープ光源、希ガスアーク灯（たとえば、キセノンアーク等）、金属アーク灯（たとえば、メタルハライド等）、および、レーザ（たとえば、パルスレーザ、固体レーザダイオードアレイ、赤外線ダイオードレーザアレイ等）を含み得る。また、光源 14 からの光は、図 10 に示されるように、光ファイバを通じて放出点へと供給されてもよい。

30

【0056】

40

いくつかの実施例においては、光源 14 は、炭素等の暗いトウの材料を検査するのに良く機能する、光の赤外線（IR）成分を最大にするかまたは少なくとも大いに増す、電力レベルで動作される。この点に関して、約 700 ナノメートルから 1100 ナノメートル（700 nm ~ 1100 nm）の波長範囲において、約 150 ワット（150 W）までの範囲の例示的な電力レベルが十分である。しかし、光源の特定の電力レベルおよび波長は、中でも、カメラの速度および感度、材料が配置される速度、放出損失、および検査される材料の反射率等のファクタに、少なくとも部分的に依存する傾向にある。たとえば、他の実施例においては、反射率の高い材料を検出するのに好適な波長および電力レベルを用いることもできる。

【0057】

50

図 6 に示す実施例においては、光源 1 4 は、アレイまたは集団として配置された複数の LED を含み得る。ある特定の実施例においては、光源 1 4 は、3 インチ角のプリント基板上にアレイ状に装着された 2 4 個の LED を含む。

【 0 0 5 8 】

図 8 および図 9 に示す別の実施例においては、光源 1 4 は 4 つのハロゲン電球 3 8 を含むが、他の数もまた使用可能であり実際に使用されている。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 に示す実施例においては、光源 1 4 は、カメラ 1 2 の両側に位置付けられた 2 つの線形の光ファイバアレイを含む。アレイは、光ファイバの束 2 5 を通じて遠隔の光源 (図示せず) から供給された光を発する。照射された線形アレイ 1 4 を図 1 1 に示す。

10

【 0 0 6 0 】

図 8 に戻って、システム 1 0 はさらに、光源 1 4 の近傍に位置付けられた光反射素子 1 8 を含み得る。反射素子 1 8 は、一連の光反射面 4 0 (図 9) を含み、これらは、光を、照射すべき所望の領域へと向け直す。これは、表面にわたる照射を均等にし、また、光源 1 4 の最も明るい部分によって作られる強い光のエリア (すなわち、ホットスポット) を排除するかまたは少なくとも大幅に減じる。ホットスポットは望ましくない。なぜなら、それらは複合構造の均等照射を妨げ、カメラ 1 2 の撮影画像の処理中に誤差を生じさせるおそれがあるからである。

【 0 0 6 1 】

光反射素子 4 0 は、複合構造の湾曲した / 起伏のある表面を照射するのに特に有利である。なぜなら、光が再方向付けされることで、複合構造のより大きな部分が均等に照射されるようになるためである。

20

【 0 0 6 2 】

図 9 に示すように、反射素子 1 8 は光源 1 4 のまわりで湾曲しており、たとえば放物線状である。反射素子 1 8 は、光源 1 4 に面する表面上に、光源 1 4 に実質的に平行な複数の湾曲したステップ 4 0 を含む。ステップ 4 0 間の距離およびステップ 4 0 の曲率は、対象となる領域の各側に 1 つずつ配された 2 つの光源の合計から均一な照射を提供するのに十分であるように選択することができる。これにより、反射素子 1 8 は、複合構造 2 2 をより一定に照射することが可能となり、これは、複合構造 2 2 を不均等に照射することに起因する画像処理誤差を阻止するかまたは少なくとも減じることが可能である。代替的に、反射素子 1 8 の形状および / または表面構成は、光源 1 4 によって生成された光が複合構造 2 2 の所望の部分にわたって均一に照射され散乱されるようにすることのできる他の方法で変更することも可能である。

30

【 0 0 6 3 】

例示的な実施例において、反射素子 1 8 は、全体として放物線形状であり、1 7 個の放物線状に湾曲されたステップ 4 0 は、反射素子 1 8 の外縁部における約 0 . 1 2 5 インチから、反射素子 1 8 の中央部における約 0 . 2 5 0 インチまでの幅の範囲を有する。反射素子 1 8 はまた、約 0 . 1 1 6 インチの均一なステップ高さを有する。しかし、他の実施例においては、反射素子は、上記とは異なる均一かまたはばらつく幅および上記とは異なる均一かまたはばらつくステップ高さを有する、上記とは異なる数のステップを備えてもよい。

40

【 0 0 6 4 】

さらに、反射素子 1 8 は、光源 1 4 によって生成され反射素子 1 8 によって散乱された光が複合構造の所望の部分に向けられるように、調整され得る。たとえば、図 9 に示すように、反射素子 1 8 は、留め具 4 2 で取付け装置 2 7 に調節可能に装着される。緩めた留め具 4 2 はスロット 4 4 内で動くことが可能であり、複合構造に対して反射素子 1 8 の角度を対応して調節することができる。反射素子 1 8 が適切に位置付けられると、留め具 4 2 が締付けられて反射素子 1 8 が所望の位置に固定される。反射素子 1 8 の調節は、反射素子 1 8 の遠隔調節を可能にする電子手段等の他の方法によっても可能化することができる。

50

【 0 0 6 5 】

複合構造 2 2 は、ストリップ 2 4 の配置方向を横切って照射されたときに高いグレアを生じ得るが、ストリップ 2 4 の配置方向に沿って照射されたときには十分に少ないグレアを生じることがわかった。少なくともいくつかの実施例におけるシステムおよび方法は、ストリップ 2 4 の配置方向に実質的に垂直の方向に、複合ストリップ 2 4 の最上層にわたって光を投じることにより、この高グレア / 低グレア現象を利用する。これにより、複合構造 2 2 の最上層上に比較的大量のグレアが生成される。配向が理由で最上層よりもはるかに少ないグレアを生じる下層は、最上層内のギャップその他の欠陥を通じて見えるので、容易にその場所を突き止めることが可能である。加えて、最上層におけるねじれその他の表面欠陥は、最上層におけるストリップの配向を変化させるので、応じて、欠陥の場所における最上層のグレアを変更、すなわち低減することになる。

10

【 0 0 6 6 】

高グレア / 低グレア現象は、可視光線または赤外線のいずれで照射されても生じ得るが、システム 1 0 の一実施例において使用されるフィルタ 1 5 は、赤外線光源によって生じたグレアのみが欠陥の場所を突き止めるのに使用されるように、周辺光によって生じるグレアを実質的に取除く。したがって、フィルタ 1 5 は、複合構造 2 2 が欠陥を捜して検査される間、周辺光の干渉を除去する。

【 0 0 6 7 】

ここに記載されるシステムの実施例のいずれにおいても、1または複数のカメラ 1 2 および / または、反射素子 1 8 を含むか含まない 1 または複数の光源 1 4 (以下、集合的に光源と称される) が備えられる。加えて、1または複数のカメラ 1 2 および / または 1 または複数の光源 1 4 は、複合構造に対して移動可能であり得る。複数のカメラ 1 2 および / または複数の光源 1 4 ならびに、カメラ 1 2 および / または光源の移動可能性により、システム 1 0 に対して、複合構造の最も正確な画像を得るための柔軟性が与えられる。複数のおよび / または移動可能な光源 1 4 は、複合構造の形状によらず、複合構造の所望の場所を一定にかつ十分に照射することを可能にする。同様に、複数のおよび / または移動可能なカメラ 1 2 は、複合構造の形によらず、複合構造のどの領域においても正確な画像を得ることを可能にする。このように、複数のおよび / または移動可能な光源および / またはカメラは、複合構造の湾曲した / 起伏のある部分を照射して撮像するときに、特に有利である。また、複数のおよび / または移動可能な光源および / またはカメラは、ある幅を有するのでストリップ全体を照射しおよび / または撮像することが困難な、複合ストリップを照射しかつ撮像するのにも有利であり、これにより、光源および / またはカメラの位置をストリップ全体にわたって動かせるようになり、および / または、複数の固定の光源および / またはカメラをストリップ全体をカバーするように位置付けられるようになる。移動可能なカメラおよび光源を含むシステムは、先に挙げた米国特許出願番号第 1 0 / 2 1 7 , 8 0 5 号に詳細に説明されている。

20

30

【 0 0 6 8 】

図 6 に示すように、システム 1 0 また、複合構造 2 2 の欠陥の場所に印を付けるためのマーキング装置 6 2 を含むことも可能である。マーキング装置 6 2 はフレーム 2 8 に取付けられ得、欠陥が検出されたときにプロセッサ 6 6 または同様の装置によってトリガされ得る。マーキング装置 6 2 は、欠陥が検出された領域において、複合構造 2 2 上に、ある量のインク、ペイントその他を、スプレーまたは他の方法で堆積させることができる。複合構造 2 2 に印を付けることで、欠陥の場所は以後、自動または手動で容易に特定することが可能となる。

40

【 0 0 6 9 】

図示された特定の実施例において、マーキング装置 6 2 は、欠陥の場所において複合構造 2 2 の表面上に非常に目立つ色の相容性インクの小さなスポットをスプレーすることで修復および配置のための素早いアクセスを可能にする、インクジェットマーキングシステムである。代替的に、他のマーキング方法もまた使用可能であり、たとえば、ポンプ供給式 (pump-fed) フェルトマーカ、ばね付きマーキングペン、音声または視覚警告、表示画

50

面上に表示されるソフトウェアインターフェイス（たとえば、ユーザインターフェイス 7 6 等）上の合否識別子、それらの組合せ等、が使用可能である。

【0070】

カメラ 1 2 および / または反射面 1 6 は、光源 1 4 および反射素子 1 8 と併せて、ヘッドユニットに取付けることができ、これは、ヘッドユニットが複合構造 2 2 にわたって移動した複合ストリップ 2 4 が配置される間、カメラ 1 2 が複合構造 2 2 およびストリップ 2 4 のリアルタイムの画像を連続的に撮ることを可能にする。複合構造 2 2 が平面でない場合、検査ポイントは、上述のように、できるだけニップポイントに近いことが好ましい。複合構造 2 2 が平面の場合には、検査ポイントは、配置ヘッドユニットから遠くに位置付けることも可能である。いずれの場合にも、画像は、プロセッサ 6 6 によって即座に処理されおよび / または将来分析されるように、メモリ装置 6 4 内に格納され得る。

10

【0071】

プロセッサ 6 6 は、画像を、カメラ 1 2 から、または画像が記憶されているメモリ装置 6 4 から、受けることができる。プロセッサ 6 6 はその後、画像を処理しかつ分析して、欠陥の場所を正確に検出することを容易にし得る。少なくとも一つの実施例においては、プロセッサ 6 6 およびメモリ装置 6 4 は、従来のコンピュータの構成要素である。

【0072】

オペレーション 1 2 4（図 2 A）において欠陥の場所（たとえば、欠陥 3 6 への直線距離 1 9 および横方向距離 2 1、図 1）を判定するのに、種々の方法が使用され得る。欠陥の場所を判定するためのシステムおよび方法に関する詳細は、先に挙げた米国特許出願番号第 1 0 / 7 2 6 , 0 9 9 号に含まれている。

20

【0073】

例示的な実現例において、コースに沿った欠陥までの直線距離は、コースに沿った材料配置ヘッドユニットの速度を、コースが始まったときから欠陥が検出されたときまでに経過した時間量で乗算することによって、判定され得る。

【0074】

コースの開始および停止は、マシンロードセルからの、締固めローラ 2 0（図 7、8 および 1 0）に圧力がかけられているかどうかを示す信号を使用して、判定され得る。マシンロードセルから「圧力オン」信号が受信されると、それは、締固めローラ 2 0 が複合構造 2 2 と接触しており、したがってコースが開始したことを示す。「圧力オフ」信号が受信されるということは、締固めローラ 2 0 がもはや複合構造 2 2 と接触しておらず、したがってコースが完了したことを示す。そこで、コースの開始と欠陥の検出との間の時間は、マシンロードセルから「圧力オン」信号を受信したときから欠陥の検出を示す信号を受信したときまでに経過する時間の量を追跡することによって、判定することができる。

30

【0075】

代替的に、コースの開始および停止は、締固めローラ 2 0 が複合構造 2 2 と接触しているかどうかを判定するために位置付けられた近接センサ、レーザまたは音検出器を用いる装置から信号を受信することによって、判定することも可能である。

【0076】

一実現例において、ヘッドユニットの速度は、締固めローラ 2 0 の角速度を判定し、その角速度を締固めローラ 2 0 の円周で乗算することによって判定される。代替的に、ヘッドユニットの速度を判定するのに他の方法もまた使用可能であり、たとえば、道路沿いで車両速度を監視する目的で法の施行のために一般的に使用されるレーダガンを使用することも可能である。

40

【0077】

図 7、図 8 および図 1 2 を参照して、締固めローラ 2 0 の角速度は、締固めローラ 2 0 と共に回転するように結合されたコードリング 1 によって判定することができる。図示されるように、コードリング 1 は、交互に対照をなす部分 2 および 3、たとえば交互に配された黒および白のセグメント、を含む。図 1 2 において、コードリング 1 は、約 1 . 0 1 0 インチの外径 4 および約 0 . 8 4 4 インチの内径 5 を含むが、他のリングサイズもまた

50

使用可能である。他の実施例においては、対照をなす部分は、締固めローラ 20 上に直接設けることができ（たとえば、印を付ける、ペイントする等）、その場合、別個のコードリング 1 を設ける必要がなくなる。

【0078】

図 7 および図 8 をさらに参照して、光検出器 7（たとえば、市販のフォトダイオード等）が、コードリング 1 が締固めローラ 20 とともに回転するときに、コードリング 1 の明部分から暗部分への遷移を監視してリアルタイムの画像を撮るために位置付けられる。リング 1 の明部分から暗部分への遷移を検出して数えることにより、締固めローラの回転を数えかつ監視することができる。明部分から暗部分への遷移が起きる頻度を使用して、締固めローラ 20 の角速度を構築することができる。好ましくは、締固めローラ 20 の軸方向の動きは、光検出器 7 からコードリング 1 までの距離を一定に保つために最小に抑えられ、それにより、機械ヘッドユニットの速度のより正確な判定が可能になる。

10

【0079】

別の例示的な実施例においては、コースに沿った欠陥までの直線距離は、締固めローラ 20 がコースの開始から欠陥までに行なう回転の数（整数および分数）を数え、その回転数を締固めローラ 20 の円周で乗算することによって、判定することができる。一例として、光検出器 7 およびコードリング 1 を使用して、マシンロードセルから「圧力オン」信号を受取ったときから欠陥が検出されたことを示す信号を受取ったときまでの締固めローラ 20 の回転数を数えることが可能である。

【0080】

20

複合構造 22 の第 1 の端部 11 から欠陥までの横方向距離を判定するのに、種々の方法が使用され得る。図 1 を参照。例示的な一実施例においては、欠陥までの横方向距離は、欠陥が存在するコースを含まない、完成されたコースの合計数を数え、その後、コースの平均幅をその完成されたコースの数で乗算することによって、計算することができる。この方法は、各コースが同じ幅、すなわちテープの幅である、テープ配置の場合に、特に有効である。

【0081】

完成されたコースの合計数は、マシンロードセルからの圧力オン / オフ信号の受信を追跡するかまたはその数を数えることによって、判定することが可能である。マシンロードセルから「圧力オン」信号を受信するということは、締固めローラ 20 が複合構造 22 と接触しておりしたがってコースが始まったことを示す。「圧力オフ」信号を受信したということは、締固めローラ 20 がもはや複合構造 22 とは接触しておらずしたがってコースが完了したことを示す。

30

【0082】

各コースの幅が等しくない場合があるファイバ配置コースについては、「ソフトウェア定規」を用いることによって、欠陥までの横方向距離を正確に判定することが可能である。より特定的には、横方向距離は、複合構造の、その横方向距離を少なくとも含む部分のデジタル画像を獲得し、そのデジタル画像から横方向距離を表わす画素の組を選択し、その画素の組を構成する画素の数を数え、その画素数を相関データ（たとえば、画素数と距離との予め定められた関係）と相関付けることにより、その横方向距離についての間接的な定量的測定値を計算することによって、判定することが可能である。

40

【0083】

種々の好ましい実施例を説明してきたが、当業者には、発明の概念から離れることなくなすことができるであろう変形または修正が認識されるであろう。それらの例は、この発明を図示するものであって限定を意図するものではない。したがって、明細書および請求の範囲は、関連する先行技術に鑑みて必要な限定を除いては、偏見なく解釈されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図 1】複合構造内の欠陥までの直線距離および横方向距離を示す、例示の複合構造の概

50

略図である。

【図 2 A】好ましい実現例に従った、材料配置機械による欠陥の自動修復を可能にする方法のオペレーションを示すプロセスフロー図である。

【図 2 B】好ましい実現例に従った、材料配置機械による欠陥の自動修復を可能にする方法のオペレーションを示すプロセスフロー図である。

【図 3】材料配置機械のための部品作製ファイル内の数値制御（NC）データの例示的なブロックを示す図である。

【図 4】コース間で材料配置機械の対応する後退および接近動作を生成するための NC コードの例示的なブロックを示す図である。

【図 5】材料配置機械が欠陥の場所に戻り、その欠陥の場所における欠陥を修復するための、修復部品作製ファイルの NC コードの例示的なブロックを示す図である。

【図 6】複合構造に欠陥がないかどうか検査するための例示的なシステムの概略図である。

【図 7】コードリングが結合され共に回転するようにされた例示的な締固めローラおよび、コードリングを監視するように位置付けられた光検出器の斜視図である。

【図 8】複合構造に欠陥がないかどうか検査するための別の例示的なシステムの斜視図である。

【図 9】図 8 に示すシステムの実施例に従った光源の斜視図である。

【図 10】複合構造に欠陥がないかどうか検査するための別の例示的なシステムの斜視図である。

【図 11】図 10 に示すシステムの実施例に従った光源の斜視図である。

【図 12】図 7 に示したコードリングの概略図である。

【符号の説明】

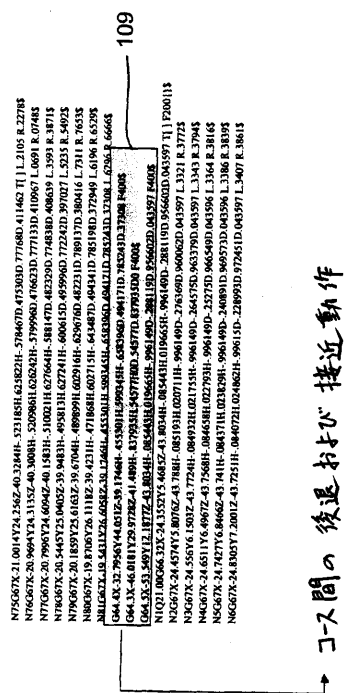
【0085】

10 システム、12 カメラ、14 光源、16 反射面、18 光反射素子、20 締固めローラ、22 複合構造、24 ストリップ、36 欠陥、100 方法、104 部品作製ファイルの処理、118 検査システム、120 欠陥が許容差内か判断、122 受入れられない欠陥が自動修復可能か判断、124 欠陥の場所を判断、142 修復プログラムの実行。

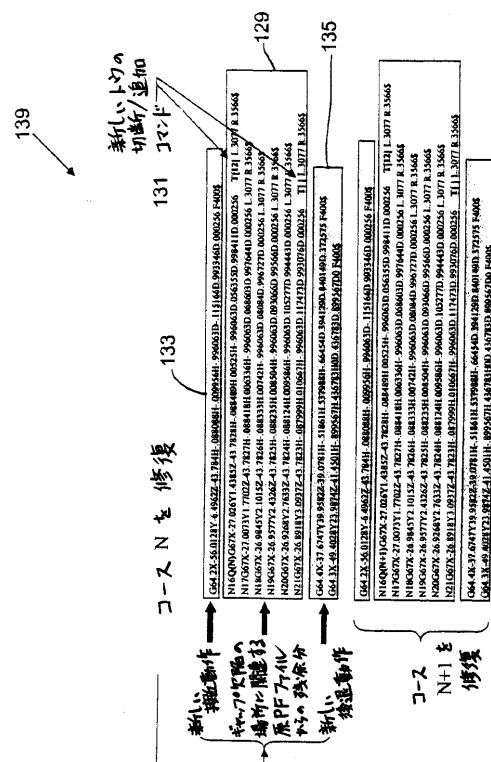
10

20

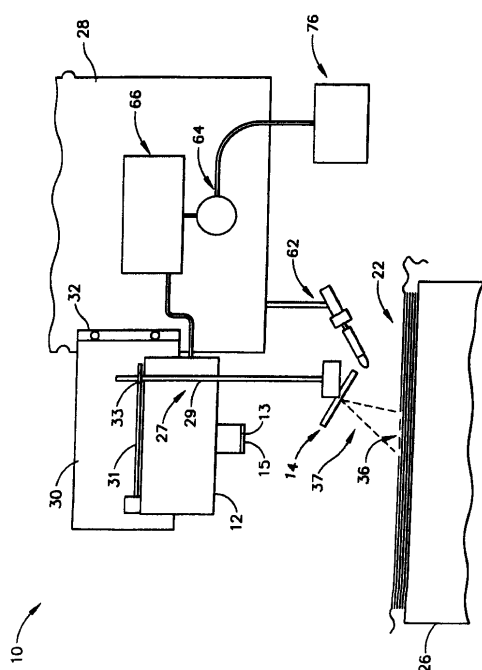
【 図 4 】



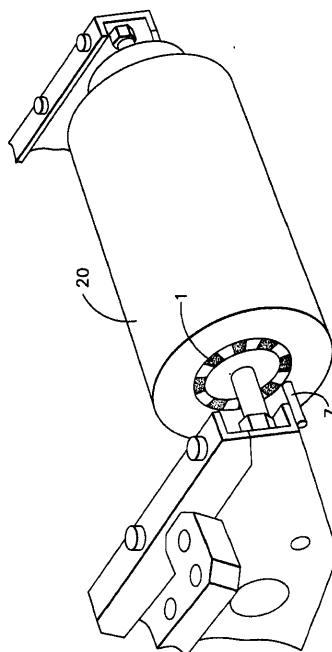
【 図 5 】



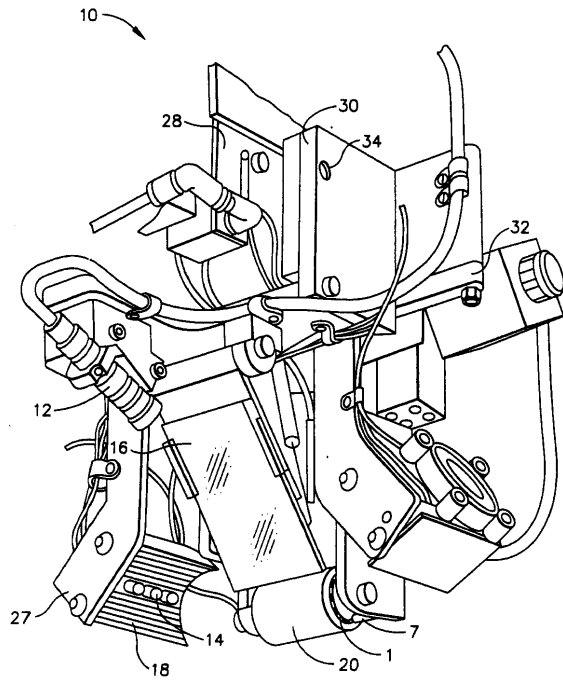
【 図 6 】



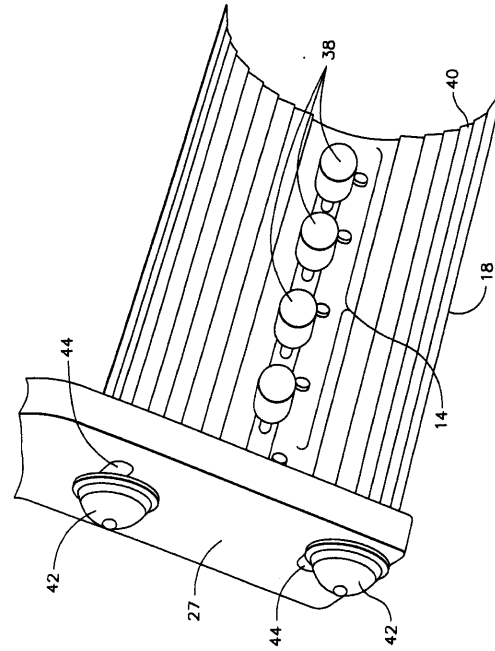
【圖 7】



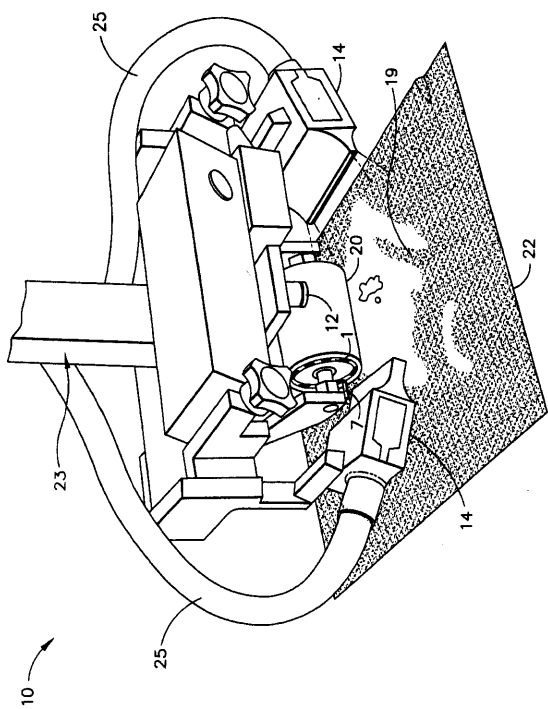
【図 8】



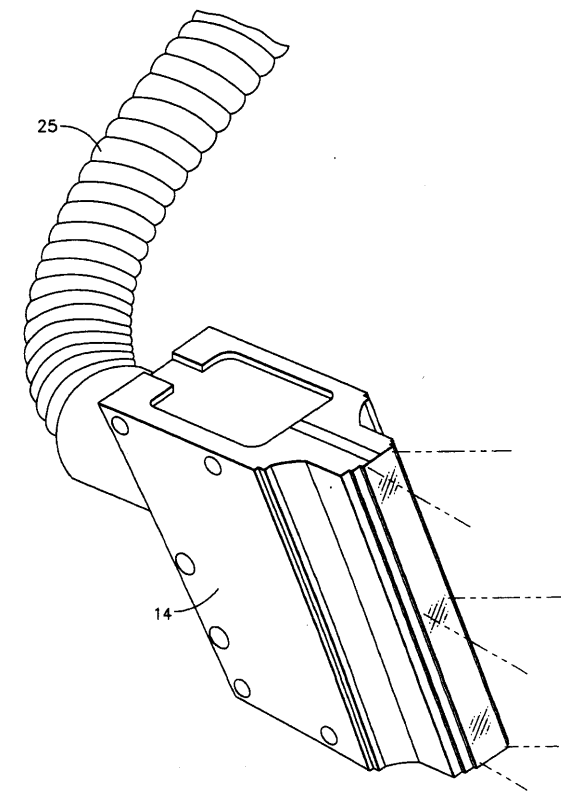
【図 9】



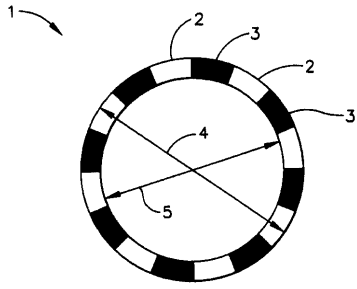
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブライス・エイ・ジョンソン
アメリカ合衆国、 9 8 0 2 3 - 7 7 3 4 ワシントン州、フェデラル・ウェイ、エス・ダブリュ・スリーハンドレッドアンドフォーティース・プレイス、 2 8 1 2
- (72)発明者 ロジャー・ダブリュ・エンゲルバート
アメリカ合衆国、 6 3 1 1 9 - 3 3 4 3 ミズーリ州、セント・ルイス、ノッティンガム、 7 5 0 4
- (72)発明者 マイケル・アール・チャップマン
アメリカ合衆国、 9 8 0 0 3 ワシントン州、フェデラル・ウェイ、エイス・アベニュー・エス、 2 9 6 1 5
- (72)発明者 リード・ハンネバーム
アメリカ合衆国、 6 2 8 6 4 イリノイ州、マウント・バーノン、パーカー・ドライブ、 3
- (72)発明者 スティーブ・シュレイダー
アメリカ合衆国、 6 3 0 4 4 ミズーリ州、ブリッジトン、アーマン・ドライブ、 3 4 7 9

審査官 谷口 耕之助

- (56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 1 6 7 6 6 6 (J P , A)
欧州特許出願公開第 0 1 3 3 4 8 1 9 (E P , A 1)
特開 2 0 0 4 - 0 7 4 6 9 0 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 9 C 7 3 / 2 4
B 3 2 B 4 3 / 0 0