

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5419424号
(P5419424)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年11月29日(2013.11.29)

(51) Int.Cl. F I
 GO 1 N 29/04 (2006.01) GO 1 N 29/04 5 0 1
 GO 1 N 29/44 (2006.01) GO 1 N 29/22 5 0 4

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-292743 (P2008-292743)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成20年11月14日(2008.11.14)		三菱重工株式会社
(65) 公開番号	特開2010-117329 (P2010-117329A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成22年5月27日(2010.5.27)	(73) 特許権者	000235532
審査請求日	平成23年11月8日(2011.11.8)		非破壊検査株式会社
	(出願人による申告) 財団法人日本航空機開発協会 H S T P平成19年度超音速輸送機実用化開発調査「複合材適用による内翼構造軽量化検討 設計及び構造試験」産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(74) 代理人	100102864
			弁理士 工藤 実
		(74) 代理人	100117617
			弁理士 中尾 圭策
		(72) 発明者	服部 英敬
			愛知県名古屋市港区大江町10番地 三菱重工株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非破壊検査装置および非破壊検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検査対象流体の一方に配置され、前記検査対象流体に向けて第1超音波を発振する送信側探触子と、

前記検査対象流体の他方に配置され、前記検査対象流体を透過した第1超音波に基づいてラム波を生成して別の部位に伝播すると共に、前記ラム波に基づいて前記第2超音波を発振して前記検査対象流体に伝播する板部分と、

前記検査対象流体の一方に配置され、前記検査対象流体を透過した第2超音波を受信して、その強度を測定する受信側探触子と

を備え、前記検査対象流体における欠陥部位を検出する非破壊検査装置。

10

【請求項2】

請求項1において、

前記板部分は、前記検査対象流体が流し込まれるモールドの一部に形成される非破壊検査装置。

【請求項3】

請求項2において、

前記送信側探触子に対して前記受信側探触子を固定する固定部材をさらに具備する非破壊検査装置。

【請求項4】

請求項3において、

20

前記送信側探触子と前記受信側探触子とを駆動する駆動装置
をさらに具備する非破壊検査装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、
前記送信側探触子に対する前記受信側探触子の方向を変更する他の駆動装置
をさらに具備する非破壊検査装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、
制御装置をさらに具備し、
前記制御装置は、

前記他の駆動装置を用いて第 1 方向に前記送信側探触子と前記受信側探触子とを並べて
前記駆動装置を用いて前記送信側探触子と前記受信側探触子とを走査し、前記他の駆動装置
を用いて前記第 1 方向と異なる第 2 方向に前記送信側探触子と前記受信側探触子とを並
べて前記駆動装置を用いて前記送信側探触子と前記受信側探触子とを走査する走査部と、
前記送信側探触子と前記受信側探触子とが走査されている最中に、前記第 2 超音波の強度
を前記受信側探触子から収集する収集部と、

前記強度に基づいて前記検査対象流体が不適切である位置を検出する欠陥検出部とを備
える

非破壊検査装置。

【請求項 7】

請求項 2 において、
前記第 2 超音波の強度に基づいて前記検査対象流体が所定状態になるタイミングを検出
する制御装置
をさらに具備する非破壊検査装置。

【請求項 8】

ラム波を生成して伝播する板部分と、第 1 超音波を発振する送信側探触子と、第 2 超音波
を受信する受信側探触子とを用いた非破壊検査方法であって、

前記板部分の一方に検査対象流体を配置するステップと、

前記送信側探触子が、前記検査対象流体の一方から、前記検査対象流体に向けて第 1 超
音波を発振するステップと、

前記板部分が、前記検査対象流体を透過した第 1 超音波に基づいてラム波を生成して別
の部位に伝播するステップと、

前記板部分が、前記伝播したラム波に基づいて前記第 2 超音波を発振して前記検査対象
流体に伝播するステップと、

前記受信側探触子が、前記検査対象流体を透過した前記第 2 超音波の強度を測定するス
テップと

を具備する前記検査対象流体における欠陥部位の非破壊検査方法。

【請求項 9】

請求項 8 において、
前記送信側探触子と前記受信側探触子とを走査するステップ
をさらに具備する非破壊検査方法。

【請求項 10】

請求項 9 において、
前記走査するステップは、

第 1 方向に前記送信側探触子と前記受信側探触子とが並んだ状態で、前記送信側探触子
と前記受信側探触子とを走査するステップと、

前記第 1 方向と異なる第 2 方向に前記送信側探触子と前記受信側探触子とが並んだ状態
で、前記送信側探触子と前記受信側探触子とを走査するステップとを備える

非破壊検査方法。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

請求項 8 ~ 請求項 10 のいずれかに記載される非破壊検査方法を実行するステップと、前記検査対象流体が適切であるときに次工程を実行するステップとを具備する複合材料製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非破壊検査装置および非破壊検査方法に関し、特に、超音波により流体を検査する非破壊検査装置および非破壊検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

繊維を樹脂に複合することにより強化した繊維強化複合材料が知られている。その繊維強化複合材料としては、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) が例示される。このような繊維強化複合材料は、軽量化メリットが大きいことから、たとえば、航空機構造部材などに例示される多くの製品に適用されている。その繊維強化複合材料は、積層された強化繊維に樹脂を含浸させ、その樹脂を硬化させる VARTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding: 真空含浸工法)、RFI (Resin Film Infusion) により製造される。その繊維強化複合材料は、ポイド、樹脂の未含浸に例示される欠陥が生じることがある。その欠陥は、その樹脂が硬化する前に、検出されることが望まれている。

【0003】

特許第 3864180 号公報には、非接触反射法でより明確に欠陥部を検出することの可能な超音波試験方法が開示されている。その超音波試験方法は、試験体の一側に設けた探触子から超音波を送信すると共に反射波を探触子で受信する超音波試験方法であって、前記探触子が送信子と受信子とを備え、送信子及び受信子と試験体との間の気層を介して超音波を送受信し、前記反射波の伝播時間よりも前記送信子及び受信子間の気中伝播時間が長くなるように送信子、受信子及び試験体の相対位置を設定したことを特徴としている。

【0004】

米国特許出願公開第 2002/0088281 号明細書には、ラム波を用いて検査する検査方法が開示されている。

【0005】

【特許文献 1】特許第 3864180 号公報

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2002/0088281 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、流体を検査する環境の汚染を低減する非破壊検査装置および非破壊検査方法を提供することにある。

本発明の他の課題は、所定の状態である流体の部分の位置を検出する非破壊検査装置および非破壊検査方法を提供することにある。

本発明のさらに他の課題は、所定の状態である流体の部分の位置をより高精度に検出する非破壊検査装置および非破壊検査方法を提供することにある。

本発明のさらに他の課題は、流体の内部に異物を混入しないでその流体が所定の状態になるタイミングを検出する非破壊検査装置および非破壊検査方法を提供することにある。

本発明のさらに他の課題は、流体を硬化させて材料を製造するときに、その流体が硬化する前に、その材料に生じる欠陥を検出する非破壊検査装置および非破壊検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下に、発明を実施するための最良の形態・実施例で使用される符号を括弧付きで用い

10

20

30

40

50

て、課題を解決するための手段を記載する。この符号は、特許請求の範囲の記載と発明を実施するための最良の形態・実施例の記載との対応を明らかにするために付加されたものであり、特許請求の範囲に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0008】

本発明による非破壊検査装置(14)は、検査対象流体(19)に向けて第1超音波(21)を発振する送信側探触子(15)と、第1超音波(21)が伝播され、第1超音波(21)により生成されるラム波(23)が伝播する板(7)と、板(7)から発振され、検査対象流体(19)を透過する第2超音波(25)の強度を測定する受信側探触子(16)とを備えている。このとき、非破壊検査装置(14)は、第1超音波(21)を発振する送信側探触子(15)と第2超音波(25)を測定する受信側探触子(16)とを
10 検査対象流体(19)に接触させないで、検査対象流体(19)を検査することができる。

【0009】

板(7)は、検査対象流体(19)が流し込まれるモールド(2)の一部に形成されることが好ましい。

【0010】

本発明による非破壊検査装置(14)は、送信側探触子(15)に対して受信側探触子(16)を固定する固定部材(35)をさらに備えていることが好ましい。

【0011】

本発明による非破壊検査装置(14)は、送信側探触子(15)と受信側探触子(16)
20)とを駆動する駆動装置(36、37)をさらに備えている。このとき、非破壊検査装置(14)は、検査対象流体(19)が所定の状態である位置を検出することができる。

【0012】

本発明による非破壊検査装置(14)は、送信側探触子(15)に対する受信側探触子(16)の方向を変更する他の駆動装置(38)をさらに備えていることが好ましい。

【0013】

本発明による非破壊検査装置(14)は、制御装置(17)をさらに備えている。制御装置(17)は、他の駆動装置(38)を用いて第1方向に送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを並べて駆動装置(36、37)を用いて送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを走査し、他の駆動装置(38)を用いてその第1方向と異なる第
30 2方向に送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを並べて駆動装置(36、37)を用いて送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを走査する走査部(41)と、送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とが走査されている最中に、第2超音波(25)の強度を受信側探触子(16)から収集する収集部(42)と、その強度に基づいて検査対象流体(19)が不適切である位置を検出する欠陥検出部(43)とを備えている。このとき、非破壊検査装置(14)は、検査対象流体(19)が所定の状態である位置をより高精度に検出することができる。

【0014】

本発明による非破壊検査装置(14)は、第2超音波(25)の強度に基づいて検査対象流体(19)が所定状態になるタイミングを検出する制御装置(17)をさらに備えて
40 いることが好ましい。

【0015】

本発明による非破壊検査方法は、検査対象流体(19)に向けて第1超音波(21)を発振するステップと、第1超音波(21)が検査対象流体(19)を透過して伝播される板(7)から発振され、検査対象流体(19)を透過する第2超音波(25)の強度を測定するステップと、その強度に基づいて検査対象流体(19)を検査するステップ(S13)とを備えている。このような非破壊検査方法は、第1超音波(21)を発振する送信側探触子(15)と第2超音波(25)を測定する受信側探触子(16)とを検査対象流体(19)に接触させないで、検査対象流体(19)を検査することができる。

【0016】

10

20

30

40

50

本発明による非破壊検査方法は、第1超音波(21)を発振する送信側探触子(15)とその強度を測定する受信側探触子(16)とを走査するステップ(S11、12)をさらに備えている。このような非破壊検査方法は、第2超音波(25)に基づいて検査対象流体(19)が不適切である位置を検出することができる。

【0017】

その走査するステップ(S11、12)は、第1方向に送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とが並んだ状態で、送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを走査するステップ(S11)と、その第1方向と異なる第2方向に送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とが並んだ状態で、送信側探触子(15)と受信側探触子(16)とを走査するステップ(S12)とを備えている。このような非破壊検査方法は、第2超音波(25)に基づいて検査対象流体(19)が不適切である位置をより高精度に検出することができる。

10

【0018】

本発明による複合材料製造方法は、本発明による非破壊検査方法を実行するステップ(S4)と、検査対象流体(19)が適切であるときに次工程(S6)を実行するステップとを備えていることが好ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明による非破壊検査装置および非破壊検査方法は、超音波を発振する送信側探触子と超音波を測定する受信側探触子とを検査対象流体に接触させないで、その検査対象流体を検査することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図面を参照して、本発明による非破壊検査装置の実施の形態を記載する。その非破壊検査装置は、複合材料形成ツールに適用される。その複合材料形成ツール1は、図1に示されているように、モールド2とバッグフィルム3と注入側パスメディア5と排出側パスメディア6とを備えている。モールド2は、例えば金属あるいはCFRPから形成され、板部分7と側壁部分8とから形成されている。板部分7は、厚さが一様である板状に形成され、所望の形状に形成される。側壁部分8は、板部分7の一方の面に突出するように形成されている。すなわち、モールド2は、板部分7を底とし、側壁部分8を側壁とする容器に形成されている。モールド2は、その容器の中に繊維強化樹脂中間材10が配置される。繊維強化樹脂中間材10は、繊維部分18と樹脂部分19とから形成される。繊維部分18は、炭素繊維により形成された織物が積層されて形成されている。なお、繊維部分18は、炭素繊維と異なる他の繊維から形成されることもできる。その繊維としては、ガラス繊維が例示される。樹脂部分19は、流体であるエポキシ樹脂から形成され、繊維部分18に含浸されている。繊維強化樹脂中間材10は、加熱されて樹脂部分19が硬化することにより、繊維強化樹脂に形成される。なお、樹脂部分19は、加熱により硬化する他の熱硬化性合成樹脂から形成されることもできる。

30

【0021】

バッグフィルム3は、モールド2の板部分7の側壁部分8が形成されている面を被覆し、モールド2の内部を外部から密封している。バッグフィルム3は、さらに、注入口11と吸引口12とを形成している。注入口11は、図示されていない樹脂注入装置とモールド2の内部とを接続している。その樹脂注入装置は、注入口11を介して樹脂部分19を形成する樹脂をモールド2の内部に注入する。吸引口12は、図示されていない樹脂吸引装置とモールド2の内部とを接続している。その樹脂吸引装置は、吸引口12を介してモールド2の内部を排気し、樹脂部分19を形成する樹脂をモールド2の外部に吸引する。

40

【0022】

注入側パスメディア5は、網状に形成され、注入口11とモールド2の内部とを接続するように、配置されている。注入側パスメディア5は、その樹脂注入装置からモールド2の内部にその樹脂が注入されることを補助する。排出側パスメディア6は、網状に形成さ

50

れ、吸引口 1 2 とモールド 2 の内部とを接続するように、配置されている。排出側パステディア 6 は、モールド 2 の内部からその樹脂吸引装置にその樹脂が吸引されることを補助する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は、さらに、非破壊検査装置を示している。その非破壊検査装置 1 4 は、送信側探触子 1 5 と受信側探触子 1 6 と制御装置 1 7 とを備えている。制御装置 1 7 は、コンピュータであり、図示されていない CPU と記憶装置と入力装置と出力装置とインターフェースとを備えている。その CPU は、制御装置 1 7 にインストールされるコンピュータプログラムを実行して、その記憶装置と入力装置と出力装置とインターフェースとを制御する。その記憶装置は、そのコンピュータプログラムを記録し、その CPU により生成される情報を一時的に記録する。その入力装置は、ユーザに操作されることにより情報を生成し、その情報をその CPU に出力する。その入力装置としては、キーボードが例示される。その出力装置は、その CPU により生成される情報をユーザに認識可能に出力する。その出力装置としては、ディスプレイが例示される。そのインターフェースは、制御装置 1 7 に接続される外部機器により生成される情報をその CPU に出力し、その CPU により生成された情報をその外部機器に出力する。その外部機器は、送信側探触子 1 5 と受信側探触子 1 6 とを含んでいる。

10

【 0 0 2 4 】

送信側探触子 1 5 は、複合材料形成ツール 1 のバッグフィルム 3 に対向するように、配置されている。送信側探触子 1 5 は、図示されていない電線を介して、制御装置 1 7 に情報伝達可能に接続されている。送信側探触子 1 5 は、制御装置 1 7 により制御され、モールド 2 の板部分 7 に向けて超音波 2 1 を発振する。超音波 2 1 は、モールド 2 の内部の繊維強化樹脂中間材 1 0 を介して、モールド 2 の板部分 7 に伝播する。板部分 7 は、超音波 2 1 が伝播された点 2 2 でラム波 2 3 が生成され、ラム波 2 3 を伝播させる。受信側探触子 1 6 は、複合材料形成ツール 1 のバッグフィルム 3 に対向するように、かつ、板部分 7 のうちの点 2 4 に向けて、配置されている。点 2 4 は、点 2 2 から所定の距離だけ離れた位置に配置されている。受信側探触子 1 6 は、図示されていない電線を介して、制御装置 1 7 に情報伝達可能に接続されている。受信側探触子 1 6 は、点 2 4 から発振され、モールド 2 の内部の繊維強化樹脂中間材 1 0 を伝播する超音波 2 5 を受信する。超音波 2 5 の強度は、繊維強化樹脂中間材 1 0 のうちの超音波 2 1 が伝播する部分での樹脂部分 1 9 の厚さと繊維強化樹脂中間材 1 0 のうちの超音波 2 5 が伝播する部分での樹脂部分 1 9 の厚さとを反映している。受信側探触子 1 6 は、超音波 2 5 の強度を測定し、その強度を制御装置 1 7 に出力する。

20

30

【 0 0 2 5 】

非破壊検査装置 1 4 は、図 2 に示されているように、さらに、走査装置 3 1 を備えている。走査装置 3 1 は、ガイドレール 3 2 と第 1 支持部材 3 3 と第 2 支持部材 3 4 と固定部材 3 5 と備えている。ガイドレール 3 2 は、棒状に形成され、x 軸方向に平行に配置されるように、複合材料形成ツール 1 のモールド 2 が固定される土台に固定されている。第 1 支持部材 3 3 は、棒状に形成され、x 軸方向と垂直である y 軸方向に平行になるように、配置されている。第 1 支持部材 3 3 は、x 軸方向に平行移動可能にガイドレール 3 2 に支持されている。第 2 支持部材 3 4 は、棒状に形成され、y 軸方向と垂直である x 軸方向に平行になるように、配置されている。第 2 支持部材 3 4 は、y 軸方向に平行移動可能に第 1 支持部材 3 3 に支持されている。固定部材 3 5 は、棒状に形成され、x 軸方向と y 軸方向とに垂直である鉛直方向に平行な軸を中心に回転可能に第 2 支持部材 3 4 に支持されている。

40

【 0 0 2 6 】

走査装置 3 1 は、さらに、第 1 駆動装置 3 6 と第 2 駆動装置 3 7 と第 3 駆動装置 3 8 とを備えている。第 1 駆動装置 3 6 と第 2 駆動装置 3 7 と第 3 駆動装置 3 8 とは、図示されていない電線を介して、制御装置 1 7 に情報伝達可能に接続されている。第 1 駆動装置 3 6 は、制御装置 1 7 により制御されて、第 1 支持部材 3 3 がガイドレール 3 2 に対して x

50

軸方向に平行移動するように、第1支持部材33を駆動する。第2駆動装置37は、制御装置17により制御されて、第2支持部材34が第1支持部材33に対してy軸方向に平行移動するように、第2支持部材34を駆動する。第3駆動装置38は、制御装置17により制御されて、固定部材35が第2支持部材34に対して鉛直方向に平行である軸を中心に回転移動するように、固定部材35を駆動する。

【0027】

このような走査装置31によれば、送信側探触子15が板部分7の点22に向けられているときに、受信側探触子16は、常時に、点22から所定の距離だけ離れた点24に向けられ、点24から発振された超音波25の強度を測定することができる。

【0028】

制御装置17は、図3に示されているように、複数のコンピュータプログラムがインストールされている。そのコンピュータプログラムは、走査部41と収集部42と欠陥検出部43とを含んでいる。

【0029】

走査部41は、送信側探触子15と受信側探触子16とがx軸方向またはy軸方向のいずれかに並ぶように、第3駆動装置38を駆動する。走査部41は、送信側探触子15と受信側探触子16とがx軸方向またはy軸方向のいずれかに並んだ状態で、第1駆動装置36と第2駆動装置37とを制御して送信側探触子15と受信側探触子16とを走査させる。すなわち、板部分7は、側壁部分8に囲まれた部分がマトリクス状に複数の領域に分割されている。走査部41は、送信側探触子15がその複数の領域の各々に順番に向けられるように、第1駆動装置36と第2駆動装置37とを制御する。

【0030】

収集部42は、走査部41により、送信側探触子15がその複数の領域の各々に向けられるごとに、送信側探触子15を用いて超音波21を発振する。収集部42は、送信側探触子15から超音波21が発振されるごとに、受信側探触子16を用いて板部分7から発振された超音波25の強度を測定し、超音波25の強度を受信側探触子16から収集する。

【0031】

欠陥検出部43は、制御装置17は、収集部42により収集された超音波25の強度に基づいて、繊維強化樹脂中間材10に欠陥が発生しているかどうかを判別する。欠陥検出部43は、繊維強化樹脂中間材10に欠陥が発生していると判別されたときに、その収集された超音波25の強度に基づいて、その欠陥の位置と種類と大きさを算出する。欠陥検出部43は、さらに、その算出された欠陥の位置と種類と大きさをユーザ認識可能にディスプレイに表示する。

【0032】

本発明による非破壊検査方法の実施の形態は、複合材料製造方法に適用されている。図4は、その複合材料製造方法を示している。ユーザは、まず、炭素繊維により形成された複数のシートを積層し、その積層された複数のシートをモールド2の内部に配置する(ステップS1)。ユーザは、次いで、注入側パスメディア5と排出側パスメディア6とをモールド2の内部に配置し、バグフィルム3を用いてモールド2の内部を外部から密封する(ステップS2)。ユーザは、さらに、注入口11と吸引口12とを形成し、注入口11を樹脂注入装置に接続し、吸引口12を樹脂吸引装置に接続して、複合材料形成ツール1を完成させる。

【0033】

ユーザは、さらに、複合材料形成ツール1を炉の内部に配置し、複合材料形成ツール1に非破壊検査装置14を設置する。ユーザは、その炉を用いて、複合材料形成ツール1を70 ~ 80 に加熱しながら、その樹脂注入装置を用いてモールド2の内部に樹脂を注入し、その樹脂吸引装置を用いて、モールド2の内部から排気する。ユーザは、その樹脂が吸引口12に到達した後に、その樹脂吸引装置を用いて、その樹脂をモールド2の外部に排出する(ステップS3)。その積層された複数のシートは、このような樹脂の注入に

10

20

30

40

50

より、繊維強化樹脂中間材 10 に形成される。

【0034】

ユーザは、その樹脂をモールド 2 の内部に注入しながら、非破壊検査方法を実行し、繊維強化樹脂中間材 10 に欠陥があるかどうかを判別する（ステップ S 4）。ユーザは、繊維強化樹脂中間材 10 に欠陥があると判別されたときに（ステップ S 4、欠陥あり）、繊維強化樹脂中間材 10 を修理する（ステップ S 5）。

【0035】

ユーザは、繊維強化樹脂中間材 10 に欠陥がないと判別されたときに（ステップ S 4、欠陥なし）、または、ステップ S 5 が実行された後に、さらに高温に加熱することにより樹脂を硬化させることにより、繊維強化樹脂中間材 10 を繊維強化樹脂に形成する（ステップ S 6）。ユーザは、その繊維強化樹脂に欠陥がないか検査し（ステップ S 7）、その繊維強化樹脂に欠陥が発見されないときに、繊維強化樹脂を完成させる。

【0036】

図 5 は、ステップ S 4 で実行される非破壊検査方法を示している。その非破壊検査方法は、非破壊検査装置 14 により実行される。非破壊検査装置 14 の制御装置 17 は、まず、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とが x 軸方向に並ぶように、第 3 駆動装置 38 を駆動する。制御装置 17 は、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とが x 軸方向に並んだ状態で、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とを走査させる。すなわち、板部分 7 は、側壁部分 8 に囲まれた部分がマトリクス状に複数の領域に分割されている。制御装置 17 は、送信側探触子 15 がその複数の領域の各々に順番に向けられるように、第 1 駆動装置 36 と第 2 駆動装置 37 とを制御する。制御装置 17 は、送信側探触子 15 がその複数の領域の各々に向けられるごとに、送信側探触子 15 を用いて超音波 21 を発振する。このとき、超音波 21 は、モールド 2 の内部の繊維強化樹脂中間材 10 を介して、モールド 2 の板部分 7 に伝播する。板部分 7 は、超音波 21 が伝播された点 22 でラム波 23 を生成し、ラム波 23 を板部分 7 の任意の点に伝播させ、その任意の点から超音波を発振する。受信側探触子 16 は、点 22 から x 軸方向に所定の距離だけ離れた点 24 から発振された超音波 25 の強度を測定する。制御装置 17 は、超音波 25 の強度を受信側探触子 16 から収集する（ステップ S 11）。

【0037】

制御装置 17 は、次いで、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とが y 軸方向に並ぶように、第 3 駆動装置 38 を駆動する。制御装置 17 は、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とが y 軸方向に並んだ状態で、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とを走査させる。制御装置 17 は、送信側探触子 15 が板部分 7 の複数の領域の各々に向けられるごとに、送信側探触子 15 を用いて超音波 21 を発振する。受信側探触子 16 は、点 22 から y 軸方向に所定の距離だけ離れた点 24 から発振された超音波 25 の強度を測定する。制御装置 17 は、超音波 25 の強度を受信側探触子 16 から収集する（ステップ S 12）。

【0038】

制御装置 17 は、ステップ S 11 で収集された超音波 25 の強度とステップ S 12 で収集された超音波 25 の強度とに基づいて、繊維強化樹脂中間材 10 に欠陥が発生しているかどうかを判別する。その欠陥としては、ポイド、未含浸が例示される。そのポイドは、バッグフィルム 3 に形成された孔などの原因で、繊維強化樹脂中間材 10 の樹脂部分 19 に気泡が形成されることである。その未含浸は、樹脂の含浸が不十分で、炭素繊維が剥き出しの状態に成ることである。制御装置 17 は、繊維強化樹脂中間材 10 に欠陥が発生していると判別されたときに、その収集された超音波 25 の強度に基づいて、その欠陥の位置と種類と大きさを算出する（ステップ S 13）。制御装置 17 は、さらに、その算出された欠陥の位置と種類と大きさをユーザ認識可能にディスプレイに表示する。

【0039】

このような非破壊検査方法によれば、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とは、バッグフィルム 3 に接触させる必要がなく、送信側探触子 15 とバッグフィルム 3 との間に液体の接触媒質を配置する必要がなく、受信側探触子 16 とバッグフィルム 3 との間に液体

10

20

30

40

50

の接触媒質を配置する必要がない。このため、非破壊検査装置 14 は、複合材料形成ツール 1 が配置される炉をその接触媒質で汚染することがなくなり、その炉の内部の汚染を防止することができる。

【0040】

このような非破壊検査方法は、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とを走査するために、繊維強化樹脂中間材 10 に発生している欠陥の位置と大きさを算出することができる。超音波 25 の強度は、繊維強化樹脂中間材 10 のうちの超音波 21 が伝播する部分での樹脂部分 19 の厚さ、または、繊維強化樹脂中間材 10 のうちの超音波 25 が伝播する部分での樹脂部分 19 の厚さが反映され、一般的に、その 2 つの厚さのどちらが反映されているかが判別されることができないことがある。このような非破壊検査方法によれば、送信側探触子 15 と受信側探触子 16 とが並ぶ方向を変えて複数回検査しているために、繊維強化樹脂中間材 10 に発生している欠陥の位置と大きさをより詳細に算出することができる。

10

【0041】

繊維強化樹脂は、一般的に、樹脂部分が硬化した後に修理すると、その修理した部分の強度が低下する。このような複合材料製造方法によれば、このような非破壊検査方法により繊維強化樹脂中間材 10 の欠陥を樹脂部分 19 が硬化する前に欠陥を発見することができるために、完成品の強度を低下することなく、その欠陥を修理することができる。なお、ステップ S5 は、繊維強化樹脂中間材 10 を廃棄する動作に置換することができる。このとき、ステップ S3 のマトリックス注入の次工程である硬化を無駄に実行することを防止することができる。

20

【0042】

このような非破壊検査方法は、さらに、流体を取り扱う他の方法に適用することもできる。その方法としては、コンクリートの製造が例示される。このような非破壊検査方法が適用されたコンクリートの製造方法によれば、そのコンクリートが硬化する前に、そのコンクリートに発生する欠陥（ポイド）を発見することができ、好ましい。

【0043】

なお、モールド 2 の板部分 7 は、平坦でない他の板に置換されることもできる。このようなモールドを用いた複合材料製造方法によれば、平坦でない曲面を有する繊維強化樹脂を成型することができる。

30

なお、モールド 2 は、板部分 7 のうちの側壁部分 8 が形成されている面の反対側の面にラム波伝播用板をさらに備えている他のモールドに置換されることもできる。このようなモールドは、既述の実施の形態におけるモールド 2 と同様に利用される。すなわち、そのラム波伝播用板は、送信側探触子 15 から繊維強化樹脂中間材とそのモールドの板部分とを介して伝播された超音波を受け、その超音波が伝播された点でラム波を生成し、そのラム波をそのラム波伝播用板の任意の点に伝播させ、その任意の点から超音波を発振する。このとき、受信側探触子 16 は、そのラム波伝播用板から発振され、そのモールドの板部分と繊維強化樹脂中間材とを介して伝播された超音波の強度を測定する。このようなモールドを用いた非破壊検査方法は、既述の実施の形態における非破壊検査方法と同様な効果を奏することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図 1】図 1 は、非破壊検査装置を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、非破壊検査装置を示す平面図である。

【図 3】図 3 は、制御装置を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、複合材料製造方法を示すフローチャートである。

【図 5】図 5 は、非破壊検査方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

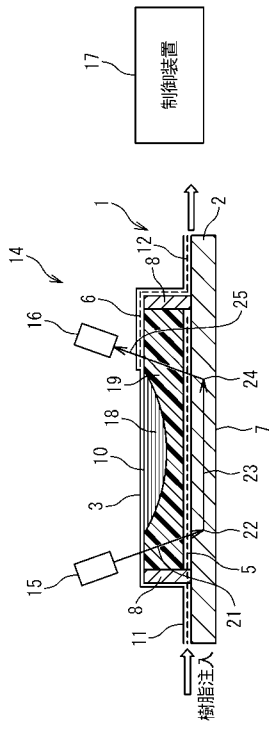
【0045】

1 : 複合材料形成ツール

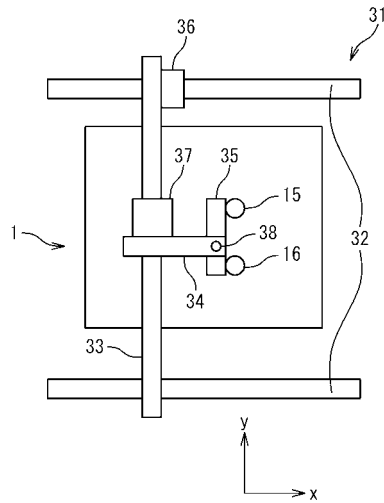
50

2	: モールド	
3	: バッグフィルム	
5	: 注入側パスメディア	
6	: 排出側パスメディア	
7	: 板部分	
8	: 側壁部分	
10	: 繊維強化樹脂中間材	
11	: 注入口	
12	: 吸引口	
15	: 送信側探触子	10
16	: 受信側探触子	
17	: 制御装置	
18	: 繊維部分	
19	: 樹脂部分	
21	: 超音波	
22	: 点	
23	: ラム波	
24	: 点	
25	: 超音波	
31	: 走査装置	20
32	: ガイドレール	
33	: 第1支持部材	
34	: 第2支持部材	
35	: 固定部材	
36	: 第1駆動装置	
37	: 第2駆動装置	
38	: 第3駆動装置	
41	: 走査部	
42	: 収集部	
43	: 欠陥検出部	30

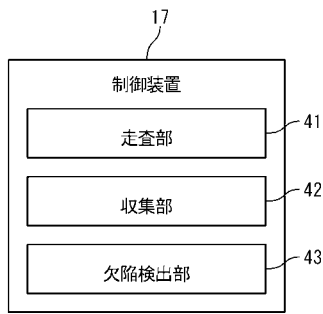
【図1】



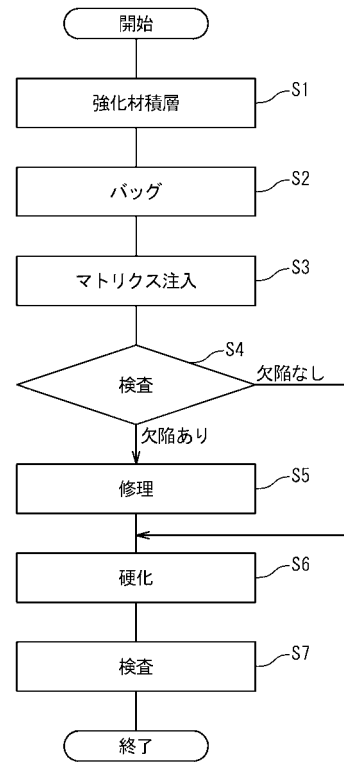
【図2】



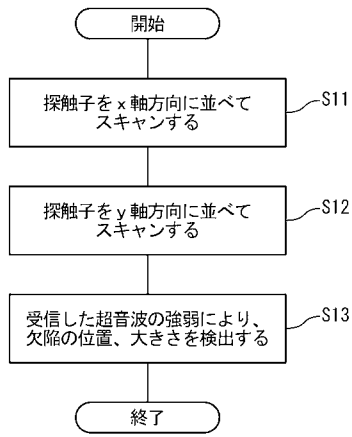
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 堀苑 英毅
愛知県名古屋市港区大江町10番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内
- (72)発明者 金升 将征
愛知県名古屋市港区大江町10番地 三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所内
- (72)発明者 松原 重行
大阪府大阪市西区北堀江1丁目18番14号 非破壊検査株式会社内
- (72)発明者 篠田 邦彦
大阪府大阪市西区北堀江1丁目18番14号 非破壊検査株式会社内
- (72)発明者 藤垣 博敏
大阪府大阪市西区北堀江1丁目18番14号 非破壊検査株式会社内
- (72)発明者 龍王 晋
大阪府大阪市西区北堀江1丁目18番14号 非破壊検査株式会社内

審査官 比嘉 翔一

- (56)参考文献 特開平07-311183(JP,A)
特開2006-103190(JP,A)
特開2008-044358(JP,A)
特開平08-199988(JP,A)
特開昭61-270656(JP,A)
特開昭58-077655(JP,A)
特開2006-138818(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00 - 29/52
G01B 17/00 - 17/08
G01N 5/00 - 9/36
B29C 39/00 - 39/24
B29C 39/38 - 39/44
G01N 27/12
JSTPlus(JDreamIII)